



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**DIAGNÓSTICO DEL EFECTO REMEDIADOR DE *Moringa oleífera*,
IMPLEMENTADO UN DISEÑO PILOTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA
CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA TABETE DEL CANTÓN ESMERALDAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

Ingeniero en Biotecnología

AUTORES:

Lorenzo Adrián Bedoya Ordóñez

Willian Alfredo Mantilla Ordóñez

TUTORES:

Ing. Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar, MsC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2023

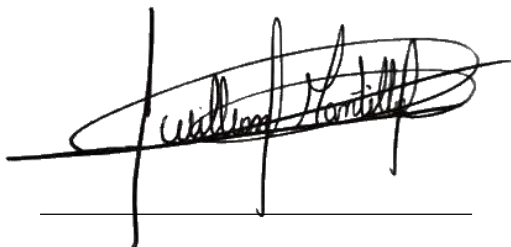
II. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Willian Alfredo Mantilla Ordoñez, con documento de identificación N° 0850235003 y Lorenzo Adrián Bedoya Ordoñez, con documento de identificación N° 0804131894; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

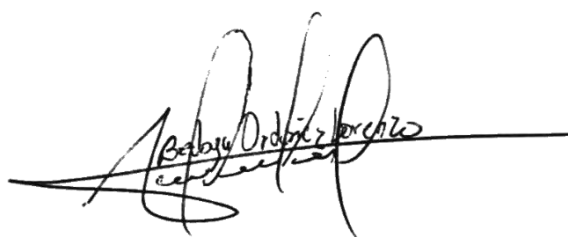
Guayaquil, 05 de septiembre del 2023

Atentamente,



Willian Alfredo Mantilla Ordoñez

0850235003



Lorenzo Adrián Bedoya Ordoñez

0804131894

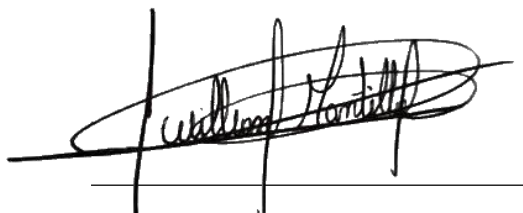
III. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Willian Alfredo Mantilla Ordoñez, con documento de identificación N° 0850235003 y Lorenzo Adrián Bedoya Ordoñez, con documento de identificación N° 0804131894, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto de investigación: **DIAGNÓSTICO DEL EFECTO REMEDIADOR DE *Moringa oleifera* IMPLEMENTANDO UN DISEÑO PILOTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA TABETE DEL CANTÓN ESMERALDAS**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera en Biotecnología*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

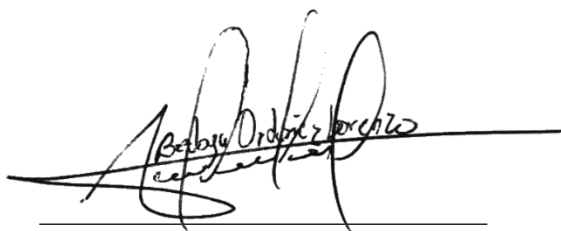
Guayaquil, 05 de septiembre del 2023

Atentamente,



Willian Alfredo Mantilla Ordoñez

0850235003



Lorenzo Adrián Bedoya Ordoñez

0804131894

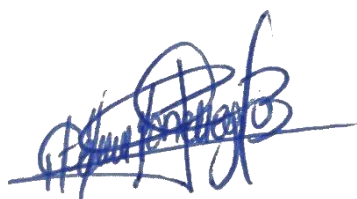
IV. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar, con documento de identificación N° 0604114546, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DIAGNÓSTICO DEL EFECTO REMEDIADOR DE *Moringa oleifera* IMPLEMENTANDO UN DISEÑO PILOTO PARA LA EVALUACIÓN DE LACALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA TABETE DEL CANTÓN ESMERALDAS,**

realizado por Willian Alfredo Mantilla Ordoñez, con documento de identificación N° 0850235003 y Lorenzo Adrián Bedoya Ordoñez, con documento de identificación N° 0804131894, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción *Proyecto de Investigación* que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 05 de septiembre del 2023

Atentamente,



Ing. Verónica Montenegro Benalcázar, MSc.

0604114546

DEDICATORIA

Nunca me cansaré de agradecer y dedicar a Dios y a la casa de Padre como lo es mi tía Marianela Colombia Ordóñez Zúñiga, de todo lo que obtenga en mi vida, puesto que ella es el canal por donde llega toda esa información y palabras llenas de sabiduría desde todo lo alto.

No es importante lo inteligente que seas, más bien lo que realmente cuenta es como es tu inteligencia, puesto que cada ser humano posee una combinación única (Howard Gardner) por ello Dios indica en sus santas escrituras que el obedecerle vale más que el sacrificio, y el prestar atención, más que la grasa de carneros (1 Samuel 15:22).

Mi madre Denny Celia Ordóñez Zúñiga, mi padre Alfredo Mantilla Ávila y mi hermana Josselyn Catalina Mantilla Ordoñez son piezas fundamentales también de este logro, son quienes han forjado mi carácter y me han ayudado a ser cada vez mejor persona, como también a toda mi familia y a mis abuelos Catalina Esther Zúñiga Caicedo y Alfonso Eustaquio Ordóñez García, quienes ya no están junto a mí pero compartieron conmigo gran parte de mis estudios y logros académicos, pero no alcanzaron a estar, en el que me convertiría en profesional.

Dios sabe cómo hace sus cosas, a él no hay que entenderlo sólo obedecer y tener resiliencia con cada una de sus decisiones.

Willian Mantilla O.

AGRADECIMIENTOS

Como dice el Todo Poderoso en sus santas escrituras «Yo te instruiré, yo te mostraré el camino que debes seguir; yo te daré consejos y velaré por ti.», por eso agradezco a Dios y a todos mis celestiales, que hayan encontrado en ustedes mis queridos docentes a esos seres en donde ellos puedan posar, para que luego se conviertan en los artífices de lo que soy y de lo que seré en un futuro en la vida profesional, les digo un hasta pronto más no un adiós, porque siempre un alumno necesita seguir aprendiendo de sus maestros, seguir un consejo de quienes tienen esa experiencia de la viveza laboral.

Mi objetivo es labrar mi camino para llegar a mi destino y con la mano de Dios sé que lo lograré.

Estas son mis más amenos agradecimientos, ante una institución educativa como lo es la Universidad Politécnica Salesiana en especial a todos los que constituyen la carrera de Biotecnología, principalmente al director de carrera José Luis Ballesteros Lara y a la ingeniera Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar.

Nos estaremos viendo y nunca se olviden de este ser que a muchos les sacó una sonrisa, los quiero y Dios me los bendiga

También agradezco a toda mi familia y especial a la persona que hizo todo esto posible, a la verdadera autora de este tema de tesis, Ericka Sabrina Bedoya Ordóñez que desde lo alto siempre nos ha estado apoyando tanto a mi como a mi primo Lorenzo Bedoya Ordóñez, ese ángel brillante que nunca nos dejará de lado, te quiero prima de vida y este triunfo y todos los están por venir son tuyos.

Willian Mantilla

AGRADECIMIENTOS

El tiempo ha llegado, el recuerdo se aviva, los momentos me enternecen, pero como dice (Eclesiastés: 3) todo tiene un tiempo y mis minutos y segundos en el paseo universitario ha terminado, con pensamientos y sentimientos encontrados; queriendo volver a mirar hacia atrás y recorres nuevamente mis pasillos, mis aulas de clases, pero el tiempo mismo me dice ya no puedes voltearte, sino mirar hacia adelante

Mi agradecimiento profundo a Dios, a mis padres, mi hermana Ericka Sabrina Bedoya Ordoñez, mis familiares y los recuerdos más grandes en mi vida Universitaria, la institución y mis maestros, por haberme permitido ingresar a esta entidad y formar parte del equipo ganador académico como alumno y en especial al Dr. José Luis Balletero Lara por haber sido mi guía y consejero en mi proceso académico para poder llegar hasta el final de mi carrera universitaria.

Gracias mil gracias.

Hasta pronto.

Adrián Bedoya O.

Índice de contenido

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
Capítulo 1	12
1.1 Introducción.....	12
1.2 El problema de investigación.....	13
1.3 Justificación	14
1.4 Delimitación.....	15
1.5 Preguntas de investigación.....	15
1.6 Objetivos.....	15
1.6.1 Objetivo general	15
1.6.2 Objetivos específicos.....	15
1.7 Formulación de la hipótesis	15
Capítulo 2.....	16
2.1 Fundamentación teórica	16
2.3 Agua Potable	16
2.5 Contaminación de agua.....	18
2.6 Caracterización del agua.....	18
2.7 Parámetros fisicoquímicos y microbiológico	18
2.7.1 Parámetros físicos.....	18
2.7.2 Parámetros químicos	19
2.7.3 Parámetros microbiológicos	20
2.8 Procesos de potabilización de agua	20
2.8.1 Coagulación y floculación.....	20
2.8.2 Desinfección ultravioleta.....	21
2.8.3 Filtro percolador	21
2.8.4 Filtración lenta en arena	21
2.9 Fundamentación Legal.....	21
2.9.1 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua	21
2.9.2 Ley de agua	22
2.10.3 Criterios de Calidad del TULSMA.....	23
Capítulo 3.....	24
3.1 Marco Metodológico	24
3.1.1 Diseño	25
3.1.2 Población y muestra	25
3.1.3 Variables	25

3.1.4 Recolección de datos.....	25
3.1.5 Protocolos	26
3.1.5.1 Toma de muestra.....	28
3.1.5.2 Modelo experimental del proceso biológico	28
3.1.5.3 Diseño piloto del biofiltro a base de <i>Moringa oleifera</i>	29
Capítulo 4.....	30
4.1 Resultados y discusión.....	30
4.1.1 Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de consumo de la zona Tabete antes del tratamiento con el biofiltro a base de <i>Moringa oleifera</i>	
30	
4.1.3 Representación gráfica de la efectividad del biofiltro a base de <i>Moringa oleifera</i> en cada parámetro analizado	
31	
4.1.4 Resultados de las encuestas realizadas a los pobladores de la zona Tabete del cantón Esmeraldas	
36	
4.1.5. Eficiencia de la <i>Moringa oleifera</i> a través del biofiltro.....	37
4.2 Discusión	38
Capítulo 5.....	40
5.1 Conclusiones	40
Fotos.....	42
Bibliografía	47

Índice de tablas

Tabla 1 Materiales y equipos	4
Tabla 2 Métodos de análisis en laboratorio DIMALAB	7
Tabla 3 Análisis in situ de la muestra de agua para temperatura, pH	10
Tabla 4 Comparativa de parámetros analizados de la muestra de agua, antes y después del tratamiento.....	11
Tabla 5 Identificación de microorganismos presentes en la muestra.....	15
Tabla 6 Representación porcentual del sondeo muestral realizado a la población Tabete	16

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Comparativa del parámetro de temperatura antes y después del tratamiento	11
Ilustración 2 Comparativa del parámetro de pH antes y después del tratamiento	12
Ilustración 3 Comparativa del parámetro de DQO antes y después del tratamiento.....	12
Ilustración 4 Comparativa del parámetro de TDS antes y después del tratamiento.....	13
Ilustración 5 Comparativa del parámetro de turbidez antes y después del tratamiento	13
Ilustración 6 Comparativa del parámetro de coliformes fecales antes y después del tratamiento	14
Ilustración 7 Comparativa del parámetro de coliformes totales antes y después del tratamiento	15

RESUMEN

EL objetivo de esta investigación fue diseñar un biofiltro a escala piloto para la medición de la eficiencia de la *Moringa oleifera* en la evaluación de la calidad de agua en la zona Tabete del cantón Esmeraldas. La metodología tuvo un enfoque experimental de campo y a nivel de laboratorio. Se inició con un muestreo y análisis fisicoquímicos y microbiológicos preliminares del cuerpo de agua, basados en el método estándar que maneja el laboratorio “DIMALAB”; los resultados indicaron que los parámetros fuera de norma son los siguientes; pH con 9.1; turbidez con 25NTU; coliformes fecales con 18 UFC/100 y coliformes totales con 30 UFC/100.

Se realizó una prueba de tratabilidad a base de *Moringa oleifera*, para eliminar los contaminantes microbiológicos en la muestra, dando como resultado la reducción de los parámetros descritos con anterioridad; pH con 7,42; turbidez con 4,7 NTU; coliformes fecales y totales un valor de <1.0 UFC/100. Las pruebas de validación del postratamiento evidenciaron que se logró una disminución significativa, afirmando que el tratamiento es altamente eficiente y permite el cumplimiento de la normativa ambiental vigente ecuatoriana.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, postratamiento, eficiencia, biofiltro, parámetros, reducción.

ABSTRACT

The objective of this research was to design a pilot scale biofilter to measure the efficiency of *Moringa oleifera* in the evaluation of water quality in the Tabete area of the Esmeraldas canton. The methodology had a field and laboratory experimental approach. It began with a sampling and preliminary physicochemical and microbiological analysis of the water body, based on the standard method used by the "DIMALAB" laboratory; the results indicated that the parameters outside the norm were as follows: pH 9.1; turbidity 25 NTU; fecal coliforms 18 CFU/100 and total coliforms 30 CFU/100.

A treatability test based on *Moringa oleifera* was performed to eliminate the microbiological contaminants in the sample, resulting in the reduction of the parameters described above; pH with 7.42; turbidity with 4.7 NTU; fecal and total coliforms with a value of <1.0 CFU/100. The post-treatment validation tests showed that a significant decrease was achieved, affirming that the treatment is highly efficient and allows compliance with current Ecuadorian environmental regulations.

Key words: *Moringa oleifera*, post-treatment, efficiency, biofilter, parameters, reduction.

Capítulo 1

1.1 Introducción

La falta de agua potable en esta zona es cada vez mayor, debido a que la población va en aumento y la demanda por consumir este líquido vital es mayor, provocando dificultades en la población, dado que se ha visto la afectación frecuente a la salud, siendo causante de enfermedades intestinales, dermatitis, desnutrición, parasitosis, enteropatía ambiental entre otras (OMS, 2019). Podemos enfocarnos en que, el no contar con el recurso vital potable desemboca consecuencias de relevancia a esta población (ENEMDU, 2016).

En Ecuador se han elaborado numerosos informes y trabajos de investigación sobre este tema. El Ministerio de Salud (2020) ha emitido un manual de Agua Segura, que recoge datos esenciales destinados a sensibilizar a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GAD), comunidades y comités de gestión del agua, enfatizando la importancia de la calidad de esta para la salud pública.

Según (Bertolotti Ochavano, 2020) la planta de Moringa presenta propiedades coagulantes y antimicrobianas, que pueden ser aprovechadas para desinfectar aguas residuales en áreas donde los métodos convencionales pueden ser limitados.

Por otro lado (Garzón Zúñiga, Buelna, & Moeller, 2012) resaltan la importancia de la realización de pruebas, pues las condiciones específicas, la concentración de contaminantes y el diseño del sistema de filtración, son elementos esenciales por considerar, para garantizar la eficiencia del procedimiento.

Lo primordial de esta investigación es determinar la calidad del agua de la zona de abastecimiento de la comunidad Tabete, a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos respectivamente, y con ello diseñar un modelo piloto a partir de la *Moringa oleifera* permitiendo comprobar el saneamiento del recurso, además de mejorar las situaciones de vida de la población, demostrando que existen técnicas no convencionales y económicas para los tratamientos de agua.

1.2 El problema de investigación

En la provincia de Esmeraldas, parroquia Chinca, se encuentra Tabete, una comunidad rural que dentro de sus límites cuenta con una fuente de abastecimiento de agua, sin embargo, no es potable, la captación del recurso lo hacen de un brazo del río Esmeraldas, el cual no es beneficioso para el consumo humano, debido a que en sus alrededores se encuentran presentes actividades que repercuten en la calidad del agua.

En el documento emitido por el Departamento de Planificación del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Esmeraldas, se afirmó que la red de distribución de agua potable del cantón es vulnerable, pues bien, no satisface la demanda existente en términos de calidad y cantidad (GAD, 2015).

Los organismos internacionales, como la Organización de Naciones Unidas advierten que se necesita redoblar los esfuerzos para cumplir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6): garantizar el agua y saneamiento (ONU, 2019), enfocándonos en los habitantes de la comunidad Tabete.

Esta zona es frágil y ha sido abandonada por parte de las autoridades gubernamentales, lo que dificulta una distribución continua de agua potable, sus condiciones precarias impiden la construcción de infraestructura específica, o a la vez la compra de productos químicos que faciliten los tratamientos convencionales que se le puede dar a un cuerpo de agua.

De esta forma, los habitantes de la zona no se encuentran seguros al consumir este líquido de vital importancia sin la debida potabilización, lo que lleva a gran parte de la población consumir el recurso de forma directa y otra parte realizar procesos convencionales, con el fin de reducir el nivel de impurezas presentes, como hervirla hasta su punto de ebullición o adicionar hipoclorito de sodio al 5% (conocido como cloro común).

Por tal razón, el presente trabajo tiene la proyección de profundizar la situación descrita y emplear técnicas de mejora, dándoles a conocer que existen procesos que pueden estar a su alcance, cuyo beneficio es significativo, por ello se diseñará un modelo piloto de un filtro a base de *Moringa oleifera* para evidenciar los cambios en este recurso.

1.3 Justificación

El acceso al agua salubre y de calidad, está enmarcado como un derecho fundamental en diversas normativas tanto internacionales como nacionales, es una obligación y responsabilidad del estado a través de sus órganos rectores velar y garantizar el cabal cumplimiento estas ordenanzas, en particular en aquellas localidades más vulnerables (agua, 2018).

Como se ha mencionado la comunidad, carece del suministro de agua potable, debido a la falta de políticas públicas, asignación de los recursos económicos y financieros necesarios para implementar estructuras técnicas que permitan solucionar tan grave problemática. Y como suele suceder con las comunidades rurales remotas, el abandono y la desidia por parte de la autoridad competente, ha impedido la debida gestión en la formulación de estrategias de intervención integral desde un enfoque de prestación de este servicio y de salud pública, esto ha ocasionado que el agua consumida por los habitantes del referido sector no cuente con el correcto tratamiento, y en consecuencia las personas sean expuestas a riesgos sanitarios.

En el aspecto social, se busca mejorar las condiciones de la población, garantizando el consumo de un recurso seguro y que pueda satisfacer las necesidades de esta, mediante técnicas que utilicen la biotecnología como enfoque principal en el proceso de purificación del agua.

En el aspecto práctico, se realizará el diseño de un filtro a base de *Moringa oleifera*, con la finalidad de mostrar el funcionamiento de esta especie, según (Mera, Gutiérrez, Montes, & Paz, 2016) tiene un efecto positivo en los tratamientos de aguas contaminadas, pues permite la depuración del recurso, logrando la mejora de los parámetros fisicoquímicos (coagulación y floculación) y microbiológicos con un nivel alto de efectividad, lo que permitiría su utilización sin una gran inversión.

Además, es importante mencionar que se ha enfocado en la utilización de la Moringa, dado que, los sectores de la comunidad cuentan con el crecimiento de la planta dentro de sus plantaciones, sin embargo, el desconocimiento del beneficio de esta no permite la utilización del recurso.

Desde el punto de vista académico, los resultados obtenidos permitirán demostrar el efecto positivo de la especie, para fomentar la ejecución de proyectos comunitarios en localidades ecuatorianas ubicadas en áreas rurales con problemática en el acceso al agua y su debido saneamiento.

1.4 Delimitación

La comunidad rural Tabete, está ubicada en la parroquia Chinca al noreste de la provincia de Esmeraldas y está delimitada por el paso del río Esmeraldas, siendo sus coordenadas latitud $0,8982936^\circ$ y longitud $-79,6294644^\circ$, Esmeraldas, tal y como se demuestra en la imagen 1.

Imagen 1. Ubicación de la comunidad rural Tabete



Fuente: Google Earth, agosto 2023.

1.5 Preguntas de investigación

¿Qué tan eficiente es la *Moringa oleifera* para el tratamiento de aguas contaminadas?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diagnosticar el efecto remediador de la *Moringa oleifera*, implementado un diseño piloto para la evaluación de la calidad del agua en la zona Tabete del cantón Esmeraldas.

1.6.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar la situación actual del cuerpo de agua de la zona Tabete a través de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la zona de estudio.
- ✓ Caracterizar grupos microbianos de fácil aislamiento presente en la muestra de agua.
- ✓ Diseñar un biofiltro a escala piloto para la medición de la eficiencia de la *Moringa oleifera* en la evaluación de la calidad de agua de la zona de estudio.

1.7 Formulación de la hipótesis

Ho: La utilización de la *Moringa oleifera* no permite el saneamiento de agua contaminada.

Ha: La utilización de la *Moringa oleifera* permite el saneamiento de agua contaminada.

Capítulo 2

2.1 Fundamentación teórica

2.3 Agua potable

La provisión de agua apta para el consumo humano y la higiene, así como el adecuado saneamiento, son esenciales para la supervivencia y están respaldados como un derecho fundamental reconocido a nivel de los seres humanos. Además, el agua desempeña un papel crucial en el avance sostenible y en el crecimiento económico en las esferas locales, regionales y nacionales (Infante, 2021).

Las características de calidad requeridas para el agua destinada al uso y consumo humano son vitales para prevenir enfermedades. Los gobiernos de cada país son responsables de garantizar la pureza del agua, lo cual se logra mediante una serie de procesos diseñados para eliminar patógenos, componentes químicos, elementos físicos y radiación indeseables (Carvajal, Rísquez, Echezuría, Fernández, Castro, & Aurentis, 2019).

El agua destinada al consumo humano debe ser cristalina, carecer de olor, color y sabor. Además, debe contener minerales esenciales como yodo, flúor y cloro en proporciones permitidas para evitar la propagación de enfermedades (Pejenaute, 2023). Conforme a la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua potable no debe contener patógenos, elementos químicos, factores físicos ni materiales radioactivos que puedan comprometer la salud de las personas (OMS, 2019)

Entre los métodos recomendados para asegurar la potabilidad del agua para el consumo humano (Carvajal, Rísquez, Echezuría, Fernández, Castro, & Aurentis, 2019), se destacan: a) la ebullición del agua durante al menos 1 a 3 minutos después de que comience a hervir, seguida de agitación para oxigenarla y eliminar sabores metálicos; b) el tratamiento con cloro comercial incoloro, siguiendo las indicaciones de la Organización Panamericana de la Salud, o usando tabletas de cloro; c) un método práctico y económico implica exponer el agua a la radiación solar directa durante 6 horas después de filtrarla o dejarla reposar para aclararla. Esta exposición al calor y a los rayos ultravioleta contribuye a eliminar la mayoría de los agentes infecciosos.

Además, se ha venido utilizando en ámbitos locales la utilización de recursos naturales para tratar el agua destinada al consumo humano, con el propósito de asegurar la seguridad, la calidad y la salubridad definidas en contextos nacionales e internacionales. La *Moringaoleifera*, conocida como el "Árbol Milagroso", ha llamado la atención por sus múltiples

aplicaciones, incluida la purificación del agua (Mera, Gutiérrez, Montes, & Paz, 2016). Diferentes partes de este árbol, como las semillas, las hojas y la corteza, cuentan con propiedades coagulantes y antimicrobianas que son valiosas en los procesos de tratamiento de agua (Pérez, Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010).

Para la desinfección de aguas residuales, la *Moringa oleifera* presenta diversas ventajas. Las semillas del árbol contienen proteínas catiónicas con propiedades coagulantes que facilitan la sedimentación de partículas, bacterias y virus presentes en las aguas residuales. Esto ayuda a eliminar contaminantes, disminuir la turbidez y reducir los niveles de materia orgánica en el agua (Sánchez, Martínez, Sinagawa, & Vázquez, 2013). Un uso destacable de la *Moringa oleifera* es en la creación de biofiltros caseros para la purificación de aguas residuales. Estos biofiltros aprovechan las propiedades naturales de la *Moringa oleifera* para eliminar eficazmente contaminantes y patógenos del agua, proporcionando una solución asequible y sostenible para el tratamiento de aguas residuales en áreas con recursos limitados o infraestructura insuficiente (Bertolotti Ochavano A., 2020).

De acuerdo con el Programa de Agua y Saneamiento (WSP), los sistemas de biofiltración se utilizan ampliamente a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales de pequeñas comunidades, principalmente debido a su capacidad de eliminar contaminantes (WSP, 2006). La filtración biológica representa una alternativa a los procesos tradicionales fisicoquímicos para la potabilización del agua (Lozano, 2004). Este proceso de biofiltración, uno de los más antiguos en el tratamiento de aguas urbanas, busca separar partículas y microorganismos no deseados que no han sido retenidos por otros métodos (Arboleda, 2000). 2.4 Calidad de agua para consumo.

Aquí se describe las diferentes características químicas, biológicas y físicas del agua en donde se miden parámetros como temperatura, porcentajes de minerales disueltos y cantidad de bacterias. (Aquae Fundacion, 2021)

Una vez obtenido los resultados se compara con los estándares establecidos en las normas pertinentes dependiendo del uso que se le vaya a dar para garantizar el consumo apropiado para el ser humano. Debido al crecimiento poblacional mundial, la calidad del agua para el consumo humano se ha vuelto un tema de mucha importancia. En cuanto a las zonas rurales, estas presentan problemas de pureza debido a las actividades aledañas que se realizan. (Aquae Fundacion, 2021).

2.5 Contaminación de agua

El principal causante de la contaminación del agua es el ser humano, debido al sin número de actividades que se realizan como verter aceites en el lavaplatos o desechar medicamentos en el inodoro, desembocando estos como cuerpos de agua, como ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas. Estas sustancias pueden presentarse en forma de contaminantes, incluidos productos químicos, toxinas, aguas residuales, plásticos y desechos industriales. Las actividades humanas como la agricultura, la manufactura y la eliminación inadecuada de desechos contribuyen a la contaminación del agua. Esta contaminación daña los ecosistemas acuáticos, pone en peligro la vida acuática y compromete la calidad del agua para el consumo humano (Aquaefundación, 2021).

2.6 Caracterización del agua

La caracterización del agua implica comprender sus propiedades físicas, químicas y biológicas para evaluar su calidad e idoneidad para diversos fines. Los parámetros físicos abarcan temperatura, turbidez y caudal. Los aspectos químicos incluyen el pH, el oxígeno disuelto y los niveles de nutrientes. Los indicadores biológicos implican el estudio de organismos acuáticos como bioindicadores. La caracterización ayuda a evaluar la calidad del agua para beber, la agricultura, la industria y la salud de los ecosistemas. Las variaciones con respecto a los parámetros de referencia indican contaminación o cambios ambientales. El seguimiento y la caracterización periódicos constituyen la base para una gestión eficaz de los recursos hídricos, la detección de la contaminación y la garantía del uso sostenible de este recurso vital. (Lopez, 2015)

2.7 Parámetros fisicoquímicos y microbiológico

2.7.1 Parámetros físicos

a) Turbiedad

Indica la cantidad de partículas suspendidas en el agua que pueden afectar su transparencia (Pradillo, 2016).

b) Color

Utiliza para medir la intensidad del color presente en el agua (Pradillo, 2016).

c) Olor y sabor

Los olores y sabores desagradables en el agua pueden ser indicativos de la presencia de contaminantes orgánicos, químicos o biológicos e identificar problemas en los procesos de tratamiento, como la presencia de bacterias anaeróbicas o la acumulación de compuestos indeseables (Pradillo, 2016).

d) Temperatura

La temperatura del agua puede influir en numerosos procesos químicos, biológicos y físicos que ocurren en el medio acuático (Pradillo, 2016).

e) Conductividad

La conductividad está relacionada con la cantidad de sales disueltas en el agua, específicamente iones cargados como el sodio, el cloruro, el calcio y el magnesio (Pradillo, 2016).

f) Sólidos totales

Proporciona información sobre la cantidad y naturaleza de los materiales presentes en el agua, lo que a su vez puede tener implicaciones en la calidad de esta y en los procesos de tratamiento (Pradillo, 2016).

2.7.2 Parámetros químicos

a) Alcalinidad

Ayuda a medir la capacidad del agua para resistir cambios en el pH, es decir, su capacidad para neutralizar ácidos (Pradillo, 2016).

b) Potencial de hidrógeno

Es un indicador crítico en el análisis de aguas residuales y de cualquier tipo de agua (Pradillo, 2016).

c) Calcio

Evalúa la calidad del agua, comprender su comportamiento químico y biológico, para tomar decisiones informadas sobre el tratamiento y el manejo del agua, en relación con la dureza y la interacción con otros componentes (Pradillo, 2016).

d) Cianuros

Detecta y cuantifica la presencia de cianuro en aguas residuales, es esencial para tomar medidas adecuadas para minimizar su liberación y prevenir sus efectos dañinos (Pradillo, 2016).

e) Cloruros

Este parámetro comprende y gestiona la calidad del agua, además evalúa la presencia de contaminantes y cumplir con regulaciones ambientales, así como para prevenir la corrosión y garantizar la eficacia de los procesos de tratamiento (Pradillo, 2016).

f) Dureza

Es crucial para ceñir cómo los iones de calcio y magnesio afectan la calidad del agua, los procesos de tratamiento y los sistemas de distribución, así como para asegurar el

cumplimiento de regulaciones y el uso adecuado del agua en diversos contextos (Pradillo, 2016).

g) Manganeso

Estudia la calidad del agua, prevenir problemas de salud y operativos, y garantizar el cumplimiento de regulaciones. Detectar y cuantificar la presencia de manganeso en aguas residuales es necesario para tomar medidas adecuadas para minimizar sus efectos negativos en el medio ambiente y en la salud humana (Pradillo, 2016).

h) Nitritos

Analiza la presencia de contaminantes orgánicos, evaluar la calidad del agua y prevenir posibles efectos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente (Pradillo, 2016).

i) Nitratos

Detecta la presencia de contaminantes agrícolas y evaluar la calidad del agua, prevenir problemas de salud, ambientales, y garantizar el cumplimiento de regulaciones (Pradillo, 2016).

j) Sulfatos

Son sales que contienen azufre y oxígeno, su presencia en el agua puede tener efectos significativos en el medio ambiente, en los sistemas de agua potable y aguas residuales (Pradillo, 2016).

2.7.3 Parámetros microbiológicos

a) Coliformes fecales

Evalúa la seguridad del agua, prevenir enfermedades transmitidas por esta y garantizar el cumplimiento de estándares de calidad (Caballero, 2016).

b) Coliformes totales

Evalúa la posible contaminación bacteriana, la calidad microbiológica del agua, prevenir enfermedades transmitidas por el agua y garantizar el cumplimiento de estándares de calidad (Caballero, 2016).

2.8 Procesos de potabilización de agua

2.8.1 Coagulación y floculación

Son procesos químicos que se utilizan para eliminar partículas suspendidas más finas y materia coloidal del agua. Los coagulantes, como el sulfato de aluminio (alumbre) o el cloruro férrico, se agregan al agua, lo que hace que las partículas se unan y formen agregados más grandes llamados flóculos. Luego se agregan floculantes, como polímeros, para ayudar en la formación

de flóculos más grandes y densos. Los flóculos se pueden separar del agua mediante sedimentación o filtración (Bermúdez, Ramirez, & Contreras, 2018).

2.8.2 Desinfección ultravioleta

La radiación ultravioleta altera el material genético de bacterias, virus y otros patógenos, impidiendo su replicación y haciéndolos inofensivos. La desinfección UV es altamente efectiva contra una amplia gama de microorganismos y no tiene subproductos nocivos conocidos. Sin embargo, requiere una dosis suficiente de luz ultravioleta y no proporciona un efecto residual de desinfección, lo que significa que el agua tratada no está protegida contra la recontaminación (Wright & Cairns, 2015).

2.8.3 Filtro percolador

Este es un proceso de uso biológico aeróbico, el cual consiste en un relleno recubierto de limo biológico, por el que se percola el agua residual. Este opera bajo los lineamientos principales aeróbicos, iniciando el proceso con la caída de agua de desechos decantados sobre el filtro y al caer esta por los poros de este, los contaminantes presentes se degradan por medio del limo biológico que recubre el material del filtro (Akvopedia, 2018).

2.8.4 Filtración lenta en arena

Es un sistema de purificación de agua, que consiste en la utilización de un filtro de arena lento, siendo este eficaz en la eliminación de la turbiedad, organismos patógenos en el agua, previniendo la proliferación de enfermedades gastrointestinales a través de diversos procesos biológicos, físicos y químicos en un solo tratamiento (Bruni & Pérez, 2015).

2.9 Fundamentación Legal

2.9.1 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

“En el ordenamiento jurídico ecuatoriano respecto al agua, el texto constitucional desarrolla una triple dimensionalidad, dado que la Constitución ecuatoriana hace referencia al agua como un derecho (art. 3 numeral 1), un servicio público (art. 314) y como parte de los sectores estratégicos (art. 313) (Constitución del Ecuador, 2008). Por consiguiente, las personas y colectividades deben gozar a un acceso equitativo, permanente y de calidad del recurso natural del agua. Dicho de otra manera, el ser humano tiene el derecho a disponer de agua suficiente para asegurar un nivel de vida adecuado (Mora Bernal, 2017). La conjunción de estas ordenanzas lleva al Art. 14 del texto constitucional donde se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y “Sumak Kawsay” o Buen Vivir. (Constitución del Ecuador, 2008, pág. 1)”.

“Por otra parte, el artículo 318 en conjunto con el art 313 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia (Nacional, 2019, pág. 2), el Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley”.

“En lo que concierne derecho social de consumir un agua libre de contaminantes, los artículos 66 y 276 reconocen y garantizan a las personas y colectividades el derecho al acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a una vida digna que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios necesarios” (ARCA, 2016, pág. 3).

2.9.2 Ley de agua

“Art. 1.- Las disposiciones de la presente Ley regulan el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas” (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2008, pág. 1).

“Art. 2.- Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las subterráneas, afloradas o no, son bienes nacionales de uso público, están fuera del comercio y su dominio es inalienable e imprescriptible; no son susceptibles de posesión, accesión o cualquier otro modo de apropiación” (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2008, pág. 1).

“Art. 12.- El Estado garantiza a los particulares el uso de las aguas, con la limitación necesaria para su eficiente aprovechamiento en favor de la producción” (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2008, pág. 2).

“Art. 22.- Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición” (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2008, pág. 4).

2.10.3 Criterios de calidad del TULSMA.

“Foto 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional” (Tulsma, 2013, pág. 1).

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Capítulo 3

3.1 Materiales y métodos

En la tabla 1, se describe los materiales de muestreo, laboratorio y biofiltro utilizados para la investigación.

Tabla 1. Materiales y equipos

Materiales de laboratorio	Equipos de laboratorio	Materiales de Biofiltro	Material de muestreo
Cajas Petri	pH digital	Envase de plástico	Culer
Vaso de precipitación	Turbidímetro	Gravilla fina.	Guantes
Agente coagulante y floculante (<i>Moringa oleifera</i>)	Incubadora	Arena fina	Botellas ámbar
Agar Muller Hinton	Microscopio	Malla	Botellas plásticas
Agar BG-11		Piedra chispa	Refrigerante
Agar Pseudomonas		<i>Moringa oleifera</i>	
Aza de siembra			
Mechero bunsen			
Alcohol			
Porta objeto			
Cubre objeto			
Aceite de inmersión			
Azul de metileno			
Agua contaminada			

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

3.1.1 Diseño

Se realizó un diseño experimental, dado que los puntos de levantamiento de información fueron asignados al azar, para su posterior análisis; bibliográfico, existe documentos que permiten evidenciar la problemática ambiental y social que atraviesa la comunidad, debido a la carencia de agua potable; y exploratoria, puesto que se nos permitió dirigimos al sitio para la observación directa de las condiciones descritas.

3.1.2 Población y muestra

La población de la comunidad Tabete está conformada aproximadamente por 235 habitantes según el último censo realizado en el 2020 (INEC, 2020).

Se tomó una muestra compuesta por 15 submuestras de los puntos seleccionados aleatoriamente lo cual nos permitió obtener una muestra inicial para determinar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los puntos de interés y así ser comparados con los parámetros establecidos en la norma INEN 1108:2020 sexta revisión de Agua Potable (INEN-1108, 2020).

3.1.3 Variables

Dependiente: Biofiltro a base *Moringa oleifera*, calidad de vida de los habitantes, tiempo de remediación.

Independiente: Agua contaminada (captación de aguas contaminada, tratamiento de agua contaminada, diseño del tratamiento – filtro)

Intervinientes: Condiciones ambientales.

3.1.4 Recolección de datos

Se realizó un muestreo aleatorio simple para la recolección de la muestra en los puntos más significativos, tomando en consideración las diferentes actividades que existen en zonas aledañas como: ganadería, agricultura, efluentes provenientes del camal e incluso la adición de detergentes, debido a la práctica rústica de lavandería. Para la recolección de muestras y transporte al laboratorio para su análisis correspondiente, se aplicó los protocolos descritos en la norma técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 primera revisión. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestra (INEN-2169, 2013).

Los parámetros para analizar son: turbiedad, porque en aguas contaminadas es esencial para evaluar la calidad visual del agua, controlar los procesos de tratamiento, garantizar el cumplimiento de regulaciones y proteger la salud pública; pH, debido a que gestiona la acidez

o alcalinidad del agua, lo que a su vez tiene efectos en la química, la vida acuática, los procesos de tratamiento y el cumplimiento de regulaciones; TDS, puesto que comprende la concentración de sustancias disueltas en el agua, evalúa la calidad de la misma, optimizando los procesos de tratamiento; DBO, porque evalúa la contaminación orgánica, previniendo impactos ambientales, y garantiza el cumplimiento de regulaciones; DQO, ayuda a estimar la carga de contaminantes y prevenir impactos ambientales; coliformes fecales y coliformes totales, dado que es crucial para evaluar la seguridad microbiológica del recurso, prevenir enfermedades transmitidas por el agua, proteger la salud pública y el medio ambiente.

Se realizó una encuesta tipo dicotómico con 5 preguntas, permitiendo conocer el porcentaje aproximado de individuos de la comunidad que han presentado infecciones gastrointestinales debido al consumo de agua no potable, además nos ayudó a conocer el grado de aceptación que tendría la utilización de la *Moringa oleifera* sin una gran inversión.

Para determinar el tamaño de habitantes a encuestar, se aplicó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2(p * 'q)}{e^2 + \frac{(Z^2(p * q))}{N}}$$

Ecuación 1. Fórmula para calcular el tamaño de muestra

En dónde:

n= tamaño de la muestra

z= nivel de confianza deseado

p=proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q= proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)

e= nivel de error dispuesto a cometer

N= tamaño de la población

3.1.5 Protocolos

Guía descrita en la norma INEN 2169:2013 primera revisión, en donde se describen los procedimientos a seguir desde la toma de muestra hasta el ingreso al laboratorio acreditado DIMALAB. (cita)

Los métodos empleados por el laboratorio DIMALAB para las muestras analizadas se describen a continuación.

Tabla 2. Métodos de análisis en laboratorio DIMALAB

Parámetro	Unidad	Método
Parámetros físicos		
Color	Unidades de Pt/Co	Fotométrico – Standard Methods 23TH2017
Turbiedad	UNT	Fotométrico – Standard Methods 23TH2017
pH	Unidades de pH	Electrometría - Standard Methods 23TH2017
Sólidos totales disueltos	mg/L	Espectrofotométrico - Standard Methods 23TH2017
Temperatura	°C	Fotométrico – Standard Methods 23TH2017
Químicos		
Nitratos	mg/L	Fotométrico – Standard Methods 23TH2017
Nitritos	mg/L	Espectrofotométrico - Standard Methods 23TH2017
Sulfatos	mg/L	Fotométrico – Standard Methods 23TH2017
DBO₅	mg/L	Electrométrico – Standard Methods 23TH2017
DQO	mg/L	Espectrofotométrico - Standard Methods 23TH2017

Microbiológicos		
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Filtración por membranas
Coliformes totales	UFC/100 mL	Filtración por membranas

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

3.1.5.1 Toma de muestra

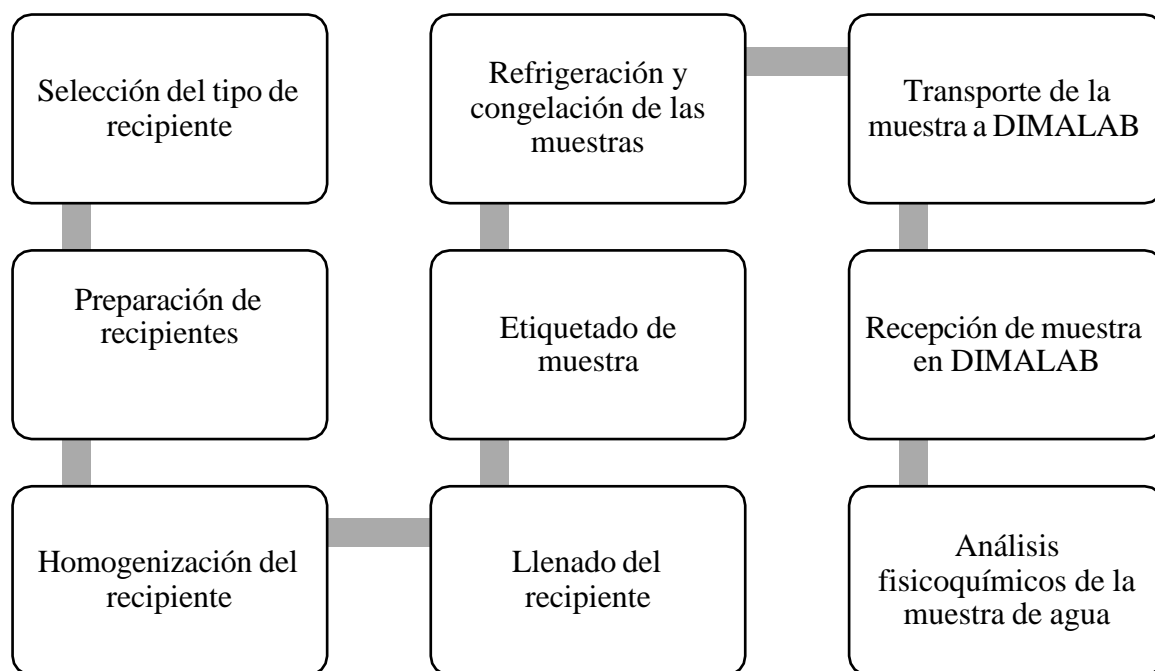


Ilustración 1. Proceso de muestreo y transporte de muestra

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

3.1.5.2 Modelo experimental del proceso biológico

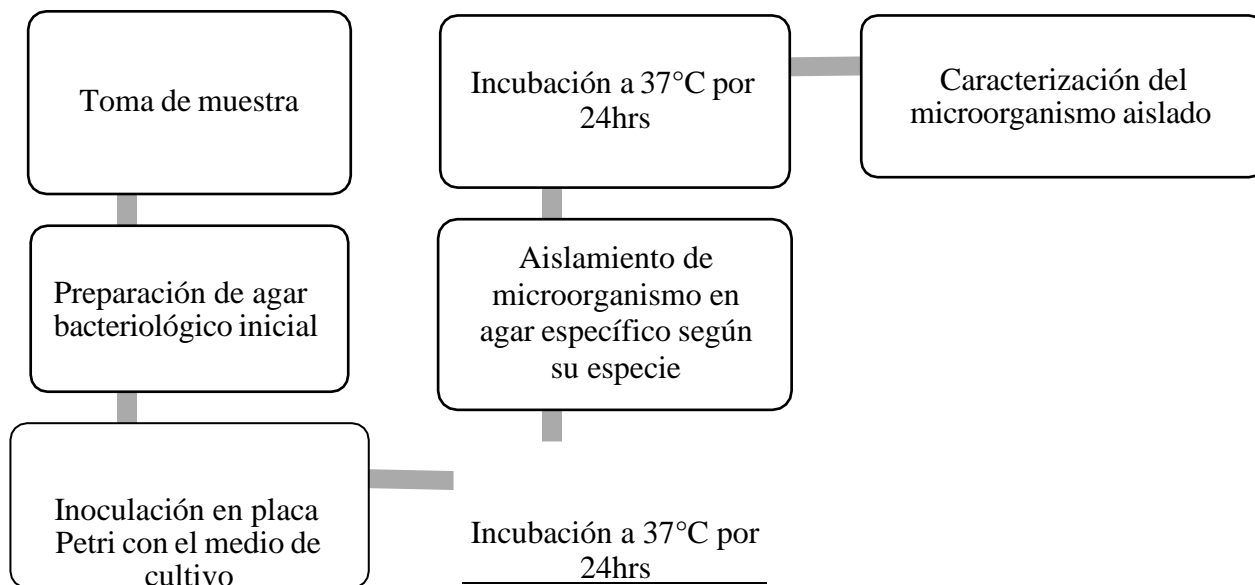


Ilustración 2. Procedimiento de muestra en laboratorio para identificación microbiana

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

3.1.5.3 Diseño piloto del biofiltro a base de *Moringa oleifera*

El diseño del biofiltro se constituyó con un envase de plástico con capacidad de 12 litros, el cual contenía en su interior 7 capas de manera ascendente: piedra chispa, *Moringa oleifera*, granito, arena, piedra chispa, *Moringa oleifera* y granito, separadas con papel filtro, con el fin de que, al colocar el agua, los residuos presentes fueran quedando atrapados.

La cantidad de *Moringa oleifera* fue de 25 gr en total, debido a que esta al encontrarse en fase sólida (polvo) y ponerse en contacto con el agua, forma una pasta que se compacta e impide la filtración del agua (ver Foto 9).

El agua filtrada es la muestra post tratamiento, fue enviada al laboratorio para sus análisis correspondientes, dándonos nuevos valores para la respectiva comparación con la normativa vigente (ver Foto 10).

Capítulo 4

4.1 Resultados y discusión.

4.1.1 Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de consumo de la zona Tabete antes del tratamiento con el biofiltro a base de *Moringa oleifera*

Los análisis ejecutados in situ, temperatura y pH, cuyos resultados fueron:

Tabla 3. Análisis *in situ* de la muestra de agua para temperatura, pH

Temperatura (°C)	pH
19.7	9.1

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

El valor de la temperatura fue de 19.7 °C, considerado normal dadas las condiciones ambientales y la hora de la toma de la muestra.

En cuanto a la determinación del pH, el valor obtenido es de 9.1 el cual está por encima de lo permitido, según el TULSMA, Libro VI, Foto I, tabla 2, en donde indica un rango entre 6-9.

Tabla 4. Comparativa de parámetros analizados de la muestra de agua, antes y después del tratamiento

Parámetro	Unidad	Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Limites permisibles
Temperatura	(°C)	20.6	20.3	-
pH	-	9.1	7.42	9
Turbidez	(NTU)	25.00	4.70	5
Coliformes fecales	(UFC/100)	18	<1.0	<1.0
Coliformes totales	(UFC/100)	30	<1.0	<1.0
Color	Unidades de Pt-Co	20	8	15
Sólidos Totales Disueltos	(mg/L)	767	626	0
Nitritos	(mg/L)	0.1	0.05	3.0
Nitratos	(mg/L)	35	13	10.0

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

4.1.3 Representación gráfica de la efectividad del biofiltro a base de *Moringa oleifera* en cada parámetro analizado

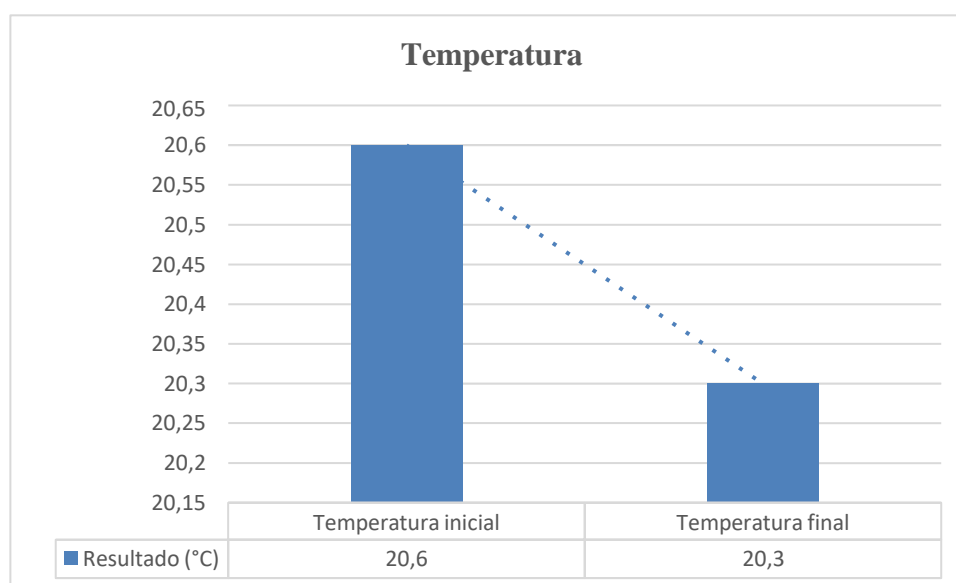


Ilustración 1 Comparativa del parámetro de temperatura antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la figura 3, la temperatura inicial arrojó un valor de 20.6 °C al ingresar al laboratorio, se puede observar que hubo un cambio leve en el postratamiento, dando un valor de 20.3; puesto que las condiciones ambientales no variaron de forma significativa.

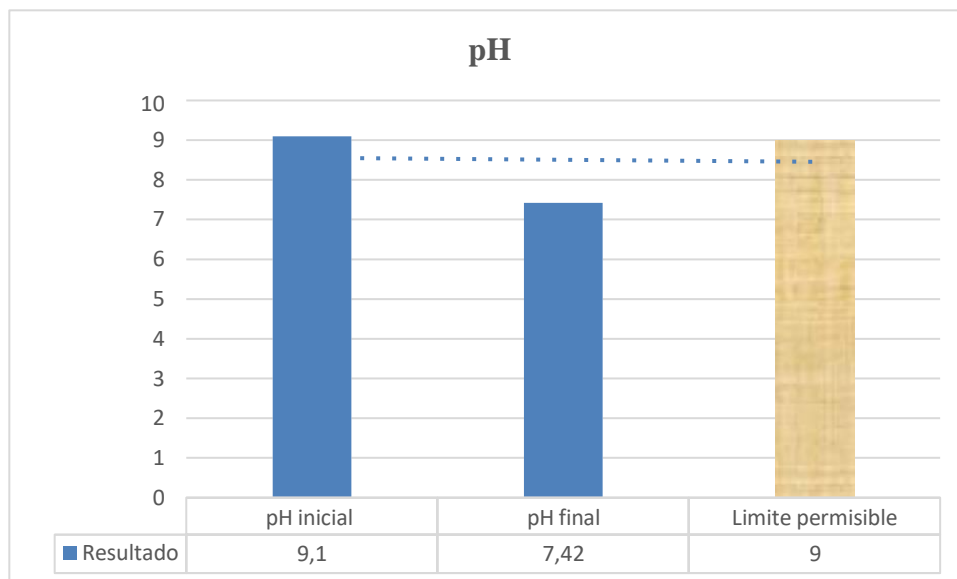


Ilustración 2 Comparativa del parámetro de pH antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la imagen 2, se puede observar el pH inicial con un valor de 9.1, el cual está por encima del límite permisible descrito en la INEN 1108:2020, indicando un rango de 6-9. Una vez que la muestra de agua pasó por el tratamiento del biofiltro a base de *Moringa oleifera* se puede apreciar su disminución con un valor de 7.42.

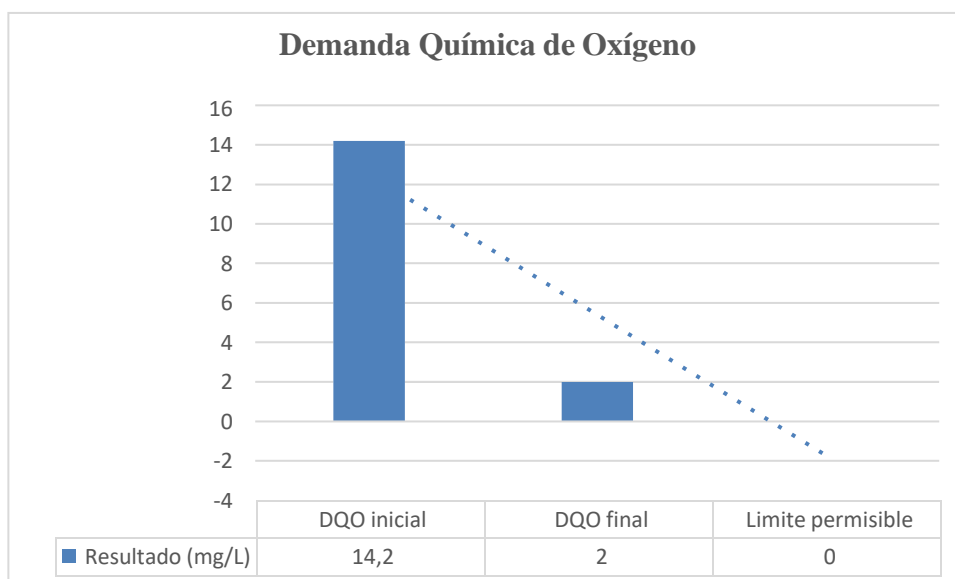


Ilustración 3 Comparativa del parámetro de DQO antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la imagen 3, el valor inicial de la DQO es de 14.2 mg/L, lo que se considera un dato elevado comparado con el valor post tratamiento, siendo este de 2 mg/L. Este parámetro al no contar con un valor máximo permisible dentro de la norma INEN 1108:2020, ni en la el TULSMA,

Libro VI, Foto I, tabla 2 no deja de ser un factor importante para analizar, debido que se debe evaluar la cantidad de materia orgánica se encuentra en el agua.

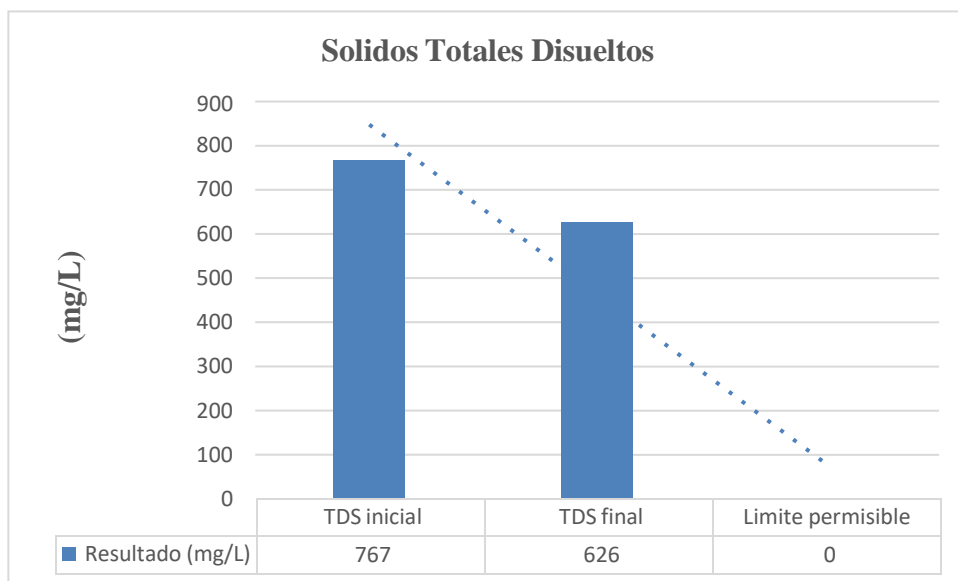


Ilustración 4 Comparativa del parámetro de TDS antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la imagen 4, se puede ver el valor inicial de los Sólidos Totales disueltos, siendo 767 mg/L, el cual señala que la muestra presenta una concentración elevada de residuos, cambiando después de pasar por el biofiltro a base de *Moringa oleifera*, dando un valor de 626 mg/L, evidenciando su eficacia.

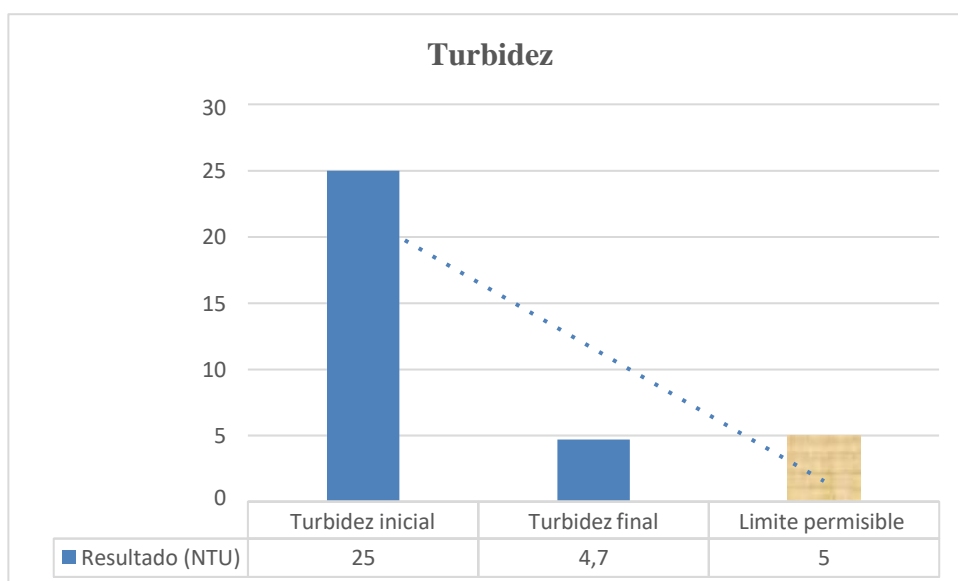


Ilustración 5 Comparativa del parámetro de turbidez antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la imagen 5 se puede ver que la turbidez inicial fue de 25 NTU, lo que sobrepasa el valor indicado en la normativa INEN 1108:2020; sin embargo, después del tratamiento a base de moringa se obtuvo una considerable disminución de 4.70 NTU.

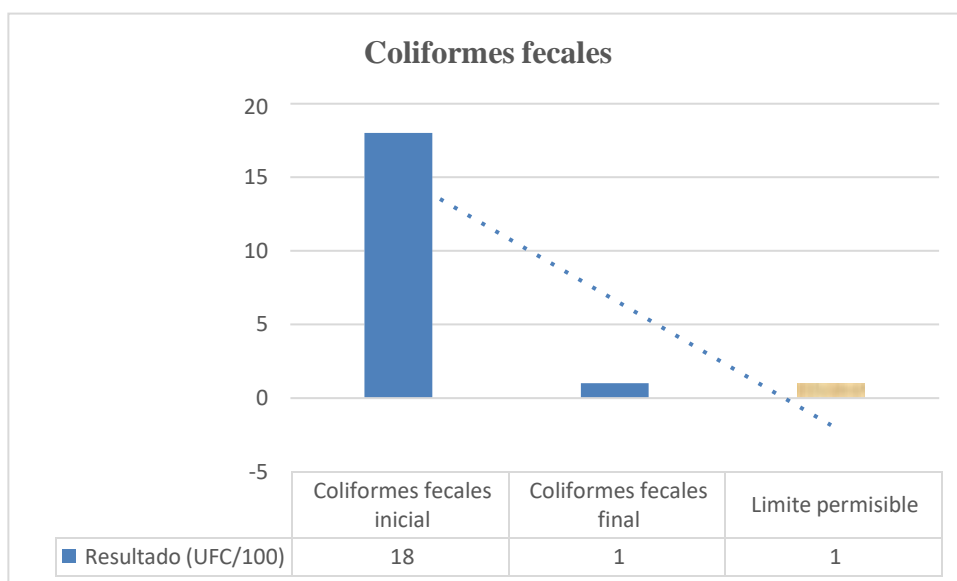


Ilustración 6 Comparativa del parámetro de coliformes fecales antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la imagen 6 se puede observar los datos para Coliformes fecales, siendo de 18 UFC/100 mL, indicando que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles de la norma INEN 1108:2020, y después del postratamiento se obtuvo una reducción menor a 1 UFC/100.

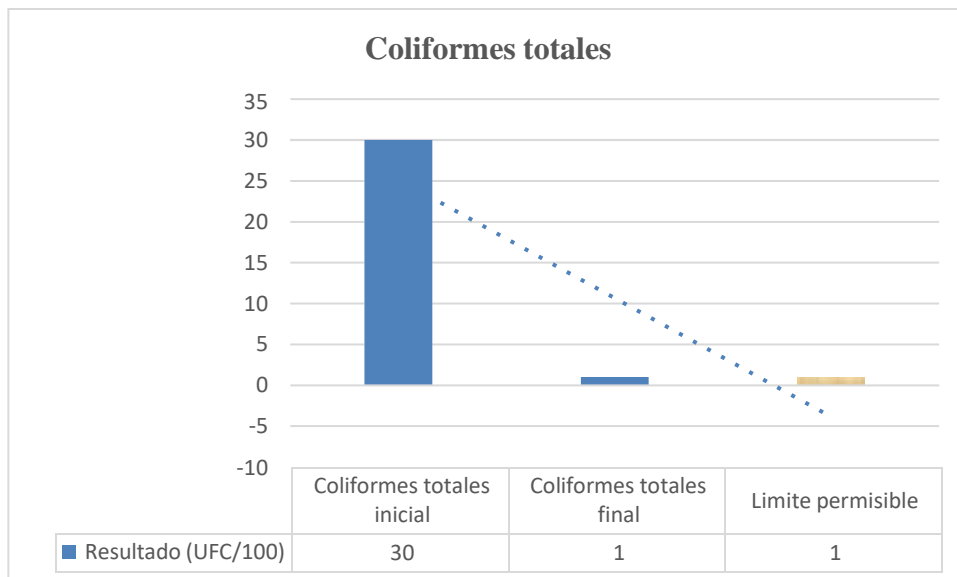


Ilustración 7 Comparativa del parámetro de coliformes totales antes y después del tratamiento

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la imagen 7 se visualiza el valor inicial de la concentración de Coliformes Totales, el cual arrojó una cifra de 30 UFC/100 mL, estando por encima del límite máximo permisible establecido en la norma INEN 1108:2020, una vez realizado el postratamiento, se obtuvo una reducción significativa dando un valor menor a 1 UFC/100.

Tabla 5. Caracterización de microorganismos presentes en la muestra

Microorganismo	Morfología	Método de identificación	Observaciones
<i>Aerobios mesófilos</i>	Células en forma de bastón (bacilo)	Tinción (azul demetileno), Aceite de inmersión	Se trabajo también en el medio Pseudomona y se obtuvo crecimiento de colonia, pudiéndose determinar una posible presencia de Pseudomona.
<i>Cianobacterias cocoides</i>	células esféricas individuales o en colonias, Tilacoide (clorofila)	Visualizada a 40x y 100x	Se cultivo en un medio BG-11 para su optimo crecimiento.

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la tabla 5 se visualiza los diferentes microorganismos que estuvieron presentes en la muestra, se detalla el aspecto que tiene cada una y los métodos que se utilizaron para poder facilitar su identificación.

4.1.4 Resultados de las encuestas realizadas a los pobladores de la zona Tabete del cantón Esmeraldas

Para la obtención de la muestra, se utilizó la ecuación 1, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

$$n = \frac{1.96^2(0.50 * 0.50)}{0.05^2 + \frac{(Z^2(0.50 * 0.50))}{235}} = 145$$

Tabla 6. Representación porcentual del sondeo muestral realizado a la población Tabete

Preguntas	Alternativas		Porcentaje (%)
	SI	NO	
¿Has experimentado problemas de salud, relacionados con el consumo del agua en tu hogar o comunidad?	145	-	100
¿Te gustaría aprender la elaboración de un biofiltro casero para la purificación del agua que consumes?	145	-	100
¿Conoces de los beneficios de la Moringa oleifera en la purificación de aguas contaminadas?	-	145	100

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

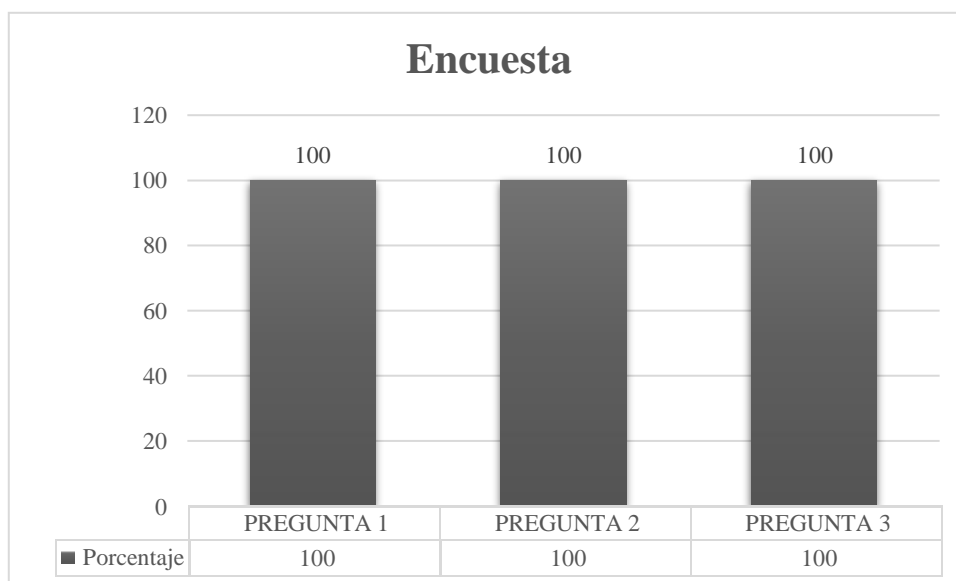


Ilustración 8 Porcentaje del sondeo muestral a la población Tabete

Fuente: (Bedoya & Mantilla, 2023)

En la tabla 6 se puede apreciar las 3 preguntas más relevantes de la encuesta, junto a la imagen

8 en dónde se encuentra su respectiva cuantificación en valor porcentual, la información

obtenida de la encuesta muestra concordancia con los resultados del análisis e identificación microbiológica, con respecto a los coliformes fecales, los cuales tenían un valor alto, además de la abundancia de *Escherichia coli*, lo cual contribuye en el resultado de la investigación, ya que los pobladores mencionaron haber presentado enfermedades intestinales de forma continua en diferentes periodos de tiempo, además esto fue pauta para motivar a la creación de herramientas sostenibles para mejorar sus condiciones de vida, aprovechando el recurso disponible en su zona, ya que no tienen mayor conocimiento de los beneficios de desinfección que posee, dando paso así a la aceptación del diseño piloto del biofiltro a base de *Moringa oleifera* sin gran inversión.

4.1.5. Eficiencia de la *Moringa oleifera* a través del biofiltro.

Según los datos del postratamiento se pudo evidenciar la eficiencia de la *Moringa oleifera* en el biofiltro realizado, ya que los resultados presentaron una disminución significativa en comparación con el estado inicial del recurso.

4.2 Discusión

Según (Rozas, 2011) considera que la insuficiente cobertura, mala calidad de los servicios de agua, saneamiento no sólo dañan la salud de la población y contribuyen al índice de pobreza, sino que, además, afectan el medio ambiente, el desarrollo socioeconómico, la inserción de los países en una economía globalizada, la estabilidad política y disponibilidad de agua para diversos usos, tanto relacionados con el desarrollo productivo como con los intereses sociales y ambientales. Así mismo este autor, enfatiza, el acceso universal a los servicios de agua potable y servicios de saneamiento constituye uno de los pilares de la lucha emprendida a favor de la disminución de la pobreza (Rozas, 2011).

En otro hallazgo que pone de manifiesto la precariedad del servicio de agua en la comunidad objeto de estudio, es el hecho de que el suministro del líquido vital se realiza a través de la captación directa del brazo de mar del río Esmeraldas, según plantea (weare waterFondation, 2022) la falta de inversión en las infraestructuras hacen que millones de hogares en todo el mundo se vean en la obligación de consumir el agua que tengan a mano, debido a que es un recurso indispensable para los seres humanos.

El suministro de agua a una comunidad, idealmente se debe hacer a través de una red de distribución, que garantice la calidad de este líquido. Según (Brull, Gutiérrez, & Jiménez, 2015) los parámetros como color, sabor y olor destacan, la valoración de las características organolépticas del agua de consumo humano garantizando su calidad. Comparándolo con lo que sucede en la comunidad Tabete, se puede mencionar que las características observacionales del agua no son las indicadas, puesto que la coloración varía según las actividades aledañas y época del año, manteniéndose en su mayoría turbia, el sabor no es agradable al gusto y el olor es muy peculiar, siendo así el motivo de que la mayoría de las familias antes de consumirla prefieren hervirla, esperando que sus condiciones mejoren. Sin embargo, la mayoría ha presentado malestares gastrointestinales.

En el documento emanado de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) se indica que las Autoridades competentes dentro de sus límites de acción deben establecer mecanismos de control y vigilancia de la calidad del agua mediante la verificación periódica con base a los estándares de calidad definidos en la normativa ecuatoriana vigente (ARCA, 2016).

En atención a lo anterior, también se indagó acerca del conocimiento de los pobladores sobre el derecho que tienen de recibir agua potable de calidad, siendo preocupante el hecho de que la mayoría dijo no conocer sobre los mismos. En Ecuador, según, (Mora Bernal, 2017) el agua es parte integral del conjunto de derechos que otorgan significado al buen vivir; por consiguiente, conforme lo señalado en la norma constitucional, así como en la jurisprudencia, se deberá garantizar la prestación del servicio público del agua potable y saneamiento ambiental por parte del Estado, conforme los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

Los métodos para el tratamiento de agua potable proveen ventajas y brindan soluciones rápidas para estos problemas, sin embargo, es sustancial recalcar la inversión económica alta que implica la implementación de estos sistemas, es importante recalcar que existen técnicas no convencionales que no han sido explotadas en su mayoría, como la utilización de productos naturales, la zona de estudio tiene como ventaja que, a sus alrededores crece la planta de *Moringa oleifera*.

Según (Mera, Salamanca , Montes , & Concha , 2016) dan a conocer en su investigación la evaluación de la efectividad de un biofiltro a base de *Moringa oleifera*, para comprobar la remoción de contaminantes en agua de pozos comunitarios, sus resultados mostraron una significativa reducción en la turbidez y la concentración de coliformes fecales en el agua tratada. Este estudio da a conocer el potencial de la *Moringa oleifera* como una solución efectiva y de bajo costo para mejorar la calidad del agua en comunidades rurales.

Así también, en la investigación realizada por (Lima, Briones, & Duarte, 2018) su interés fue comparar la eficiencia de la *Moringa oleifera* y el sulfato de aluminio como coagulantes en la clarificación de aguas residuales domésticas. Los resultados mostraron que la *Moringa oleifera* era tan efectiva como el sulfato de aluminio en la eliminación de sólidos suspendidos y turbidez, con un costo menor. Esto sugiere que la *Moringa oleifera* podría ser una alternativa sostenible y económica en el tratamiento de aguas residuales, y en lo que respecta con metales pesados (Esparza Vargas, 2023) expone en su investigación la capacidad de un biofiltro casero con *Moringa oleifera* para la eliminación de metales pesados en aguas contaminadas con efluentes industriales. Los resultados indicaron que el biofiltro tenía una alta capacidad de adsorción de metales pesados como el plomo y el cadmio. Esto sugiere que esta planta podría ser una herramienta efectiva en la remoción de contaminantes de metales pesados en aguas industriales. En base a los resultados obtenidos en la muestra de agua tomada de la comunidad Tabete, se

determinó que existen parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles, según la normativa INEN 1108:2020; a la vez estos presentan un nivel de reducción considerable una vez que pasan por el biofiltro a base de *Moringa oleifera*, comprobando la hipótesis planteada de la investigación, en donde podemos decir que la planta tiene una tasa de efectividad alta, y es eficiente en los procesos de saneamiento de agua contaminada.

Capítulo 5

5.1 Conclusiones

- Podemos concluir que el recurso agua, utilizado por la comunidad Tabete no se encuentra en las condiciones adecuadas para su consumo, ya que a través de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados se obtuvieron valores iniciales que sobrepasan los límites permisibles según la normativa para agua potable, así tenemos que: pH tiene un valor de 9.1, Turbidez de 25 NTU, coliformes fecales 18 UFC/100 y para los coliformes totales 30 UFC/100 respectivamente.
- Se pudo identificar los tipos de microorganismos presentes en la muestra de agua mediante cultivos bacteriológicos, la mayor proliferación de crecimiento fue de *Escherichia coli*, seguido por *Pseudomona* y *Cianobacterias cocoides*, lo cual contribuye a la continua existencia de enfermedades gastrointestinales adquiridas por gran parte de la población, recalcando que, nuestros valores microbiológicos fueron altos.
- Según las encuestas realizadas, se pudo recabar información considerable sobre la afectación ejercida en la población, debido a la carencia de una red de distribución apta para su abastecimiento, adicionando la caracterización realizada del recurso, nos indica que, la necesidad de mejorar las condiciones de los habitantes es indispensable, por lo que se diseñó un modelo piloto de un biofiltro a base de *Moringa oleifera* el cual muestra la efectividad en el tratamiento de agua, ya que nuestros parámetros medidos disminuyeron de forma significativa, utilizando una cantidad 25 gr, la cual permitió la filtración adecuada y continua; esta propuesta ha sido considerada por los moradores, quienes serán beneficiados directamente, ya que es una técnica no convencional, económica, amigable con el medio ambiente y efectiva en los tratamientos de saneamiento.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda diseñar este biofiltro a base de *Moringa oleifera* a mayor escala, para contribuir con la comunidad.
- Que las autoridades gubernamentales pertinentes, realicen evaluaciones periódicas de la calidad de agua de la zona
- Estudiar los beneficios de las plantas nativas que se encuentran en la comunidad Tabete

Bibliografía

- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: McGraw Hill, Tomo 2, pp.793.
- ARCA. (2016). Estrategia nacional de calidad del agua 2016-2030. *Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) de Ecuador*. https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf, pp.97.
- ARCA. (2022). REGULACIÓN Nro. DIR-ARCA-RG-012-2022. *Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA). República del Ecuador*. http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/Regulacio%CC%81n-DIR-ARCA-RG-012-2022-Calidad-del-agua_-signed.pdf, pp.17.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme. 5ta Edición.
- Bertolotti Ochavano, A. (2020). Filtro biológico utilizando Moringa oleifera y Carbón Activado para mejorar la calidad en el agua de subsuelo con fines de consumo humano en la ciudad de Pachacútec-Ventanilla, 2020. *Universidad Cesar Vallejo. Lima. Perú. Trabajo de Titulación*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60472>, pp.138.
- Brull, M., Gutiérrez, M., & Jiménez, C. (2015). El análisis organoléptico del agua de consumo humano utilizando microsensores. *Tecno aqua, n° 15*. <https://www.tecnoaqua.es/articulos/20170114/articulo-tecnico-analisis-organoleptico-agua-consumo-humano-microsensores>, pp.76-82.
- Carvajal, A., Rísquez, A., Echezuría, L., Fernández, M., Castro, J., & Aurentis, L. (2019). Recomendaciones sobre el consumo de agua y alimentos en circunstancias especiales. *Bol Venez Infectol Vol. 30 - N° 1*, <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/07/1007546/02-carvajal-a-5-9.pdf>, pp.1-5.

Chaquea, M. (2017). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Bogotá: Colombia: Ediciones USTA.

Comunidad Tabete. (s.f).

<https://www.google.com/maps/place/Comunidad+Tabete/@0.8903284,-79.6423825,15z/data=!4m1!1m7!3m6!1s0x8fd4b9ac1374a18b:0xb1455573f21b1a1c!2sComunidad+Tabete!8m2!3d0.898653!4d-79.6293362!16s%2Fg%2F11m80wpzcs!3m5!1s0x8fd4b9ac1374a18b:0xb1455573f21b1a1c!8m2!3>.

Constitución del Ecuador. (2008). Decreto Legislativo 0. Registro Oficial 449. *Asamblea Nacional*. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf, pp.136.

ENEMDU. (2016). Indicadores ODS de Agua, Saneamiento e Higiene en Ecuador. *Estudios Temáticos*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf, pp.118.

GAD. (2015). Visión Estratégica del Cantón Esmeraldas. *Departamento de Planificación*. <https://www.esmeraldas.gob.ec/lotaip/2015/VISION ESTRATEGICA DEL CANTN ESMERALDAS.pdf>, pp.64.

Garzón Zúñiga, M., Buelna, G., & Moeller, G. (Septiembre de 2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y ciencias del agua; Vol.3. No.3*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300011.

Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3). [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173). <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>, pp.163-173.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill. Cuarta Edición .

Herrera, L., & Quisaguano, K. (2019). Evaluación de la calidad del agua del sistema de abastecimiento y conducción de la junta administradora de agua potable e tambillo.

- Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Trabajo de titulación.*
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20309/1/CD%209776.pdf>, pp.122.
- INEN. (2011). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
<http://www.normalizacion.gob.ec/>.
- Infante, N. (2021). Purificación con *Moringa oleifera* de un agua residual pretratada de la zona chinampera de la Ciudad de México. *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México. Tesis Doctoral.*
<https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/3584/SSIT0016718.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, pp.233.
- Krippendorff, K. (1980). *Metodología de analisis de contenido, teoria y práctica.* Barcelona. España: Paidós.
- La Hora. (13 de 6 de 2023). Mafias controlan hasta el agua en Esmeraldas. *La Hora.*
<https://www.lahora.com.ec/pais/mafias-controlan-hasta-el-agua-en-esmeraldas/>.
- López, J., Olivera, E., Rey, G., & Nava, G. (2011). Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. *Instituto Nacional de Salud de la República de Colombia. Bogotá D.C.*
https://www.academia.edu/37144998/Manual_toma_muestras_agua, pp.87.
- Lozano, W. (2004). Una nueva manera de potabilizar el agua. *Revista Acodal, No. 206*, pp.25-29.
- Lucero, K. (2020). El acceso desigual al agua en el país frena la lucha contra la pandemia. *Revista GESTIÓN.* <https://revistagestion.ec/sociedad-analisis/el-acceso-desigual-al-agua-en-el-pais-frena-la-lucha-contra-la-pandemia>.
- Mejía, P., Urquia, K., Cabello, R., & Valdiviezo, L. (2020). Evaluación de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas con alta turbidez. *Ingeniería del agua, 24(2).*
<https://doi.org/10.4995/Ia.2020.12274>.
https://watermark.silverchair.com/ia202012274.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAncwggJzBgkqhkiG9w0BBwagggJkMIICYAIBADCCAlkGCSqGSib3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQM, pp.119-127.
- Mera, C., Gutiérrez, M., Montes, C., & Paz, J. (julio de 2016). Efecto de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia. *Rev.Bio.Agro; vol.14 no.2.*

- DOI: [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)100-109](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)100-109).
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200012#:~:text=El%20polvo%20de%20semilla%20de%20moringa%20\(Moringa%20ole%C3%ADfera\)%20es%20eficaz,en%20](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200012#:~:text=El%20polvo%20de%20semilla%20de%20moringa%20(Moringa%20ole%C3%ADfera)%20es%20eficaz,en%20).
- Mora Bernal, A. (2017). Derecho al Agua y Buen Vivir: Desafíos Para un Buen Gobierno. *Universidad de Cuenca-Ecuador*. <https://biblioteca.corteidh.or.cr/tablas/r37732.pdf>, pp.47-68.
- OMS & OPS. (2003). Suministro de agua mediante camión cisterna. *Notas técnicas Sobre el Agua, Saneamiento e Higiene en Emergencias.Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS)*,, pp.1-4.
- OMS. (2019). Guías para la calidad del agua potable. *Organización Mundial de la Salud (OMS). Primer apéndice a la tercera edición. Volumen 1*. http://www.afam.org.ar/textos/material_junio_2019/guias_de_calidad_del_agua_potable_y_relacion_con_agua_para_dialisis.pdf.
- ONU. (2019). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019*. Nueva York, EEUU. pp.64: Naciones Unidas. https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Pejenaute, J. (2023). Diseño de un Sistema de Depósito Rodante Para el Transporte y Filtrado de Agua en Zonas Sin Acceso al Agua Corriente. *Universidad Pública de Navarra. Trabajo Final de Grado*, pp.79.
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare. Vol XV, num 1. Universidad Nacional Heredia. Costa Rica*. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194118804003.pdf>, pp. 15-29.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes, vol. 33, núm. 4*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119492001>, pp. 1-16.

- Puente, R. (2019). Determinación de la Eficiencia de Bioadsorción de Cromo Hexavalente Con Restos de *Moringa oleifera* en Medio Acuoso. *Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Trabajo de titulación.* <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20531/1/CD%2010023.pdf>, pp.85.
- Rozas, P. (2011). Universalización del acceso a los servicios de agua y saneamiento: problemas de un desafío pendiente. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).* <https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/rozasportugues.pdf>, pp.1-16.
- Sánchez, Y., Martínez, G., Sinagawa, S., & Vázquez, J. (2013). *Moringa oleifera*, Importancia, Funcionalidad y Estudios Involucrados. *AQM. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila; Volumen 5, No 9.* https://www.researchgate.net/publication/277019696_Moringa_Oleifera_Importancia_Funcionalidad_y_Estudios_Involucrados_Sanchez-Pena_YA_Martinez-Avila_GCG_Sinagawa-Garcia_SR_Va.
- Shrestha, L., & Shrestha, R. (2016). Tecnologías de abastecimiento de-agua/ebullición. *Organization-ENPHO/* <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/ebullici%C3%B3n>.
- TULSMA. (2017). Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente. *TULSMA Normativa del Agua, Guías, Proyectos, Investigaciones de Hidráulica. Decreto Ejecutivo 3516. Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003. Última modificación: 29-mar.-2017.* <https://www.doccity.com/es/tulsma-normativa-del-agua/5174213/>.
- Vargas Cordero, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación 33(1), ISSN: 0379-7082, Universidad de Costa Rica.* <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>, pp. 155-165.
- wearewater Foudaution. (2022). Cuando el agua viaja en camión. https://www.wearewater.org/es/cuando-el-agua-viaja-en-camion_353291.
- WSP. (2006). Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. *Water and Sanitation Program/Cooperación Austriaca para el Desarrollo/Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).*

<https://documents1.worldbank.org/curated/es/943351468247792589/pdf/360810WSP0rev0biofiltro01PUBLIC1.pdf> , pp.32.

Anexos

Anexo 1: Desarrollo del proceso experimental del biofiltro a basa de *Moringa oleifer*

Foto 1



Encuesta a pobladores

Foto 2



Análisis ex situ de pH

Foto 3



Preparación de agar Muller Hinton

Foto 4



Incubación de medios de cultivo

Foto 5



Visualización de microorganismo

Foto 6



Comunidad de Tabete

Foto 7



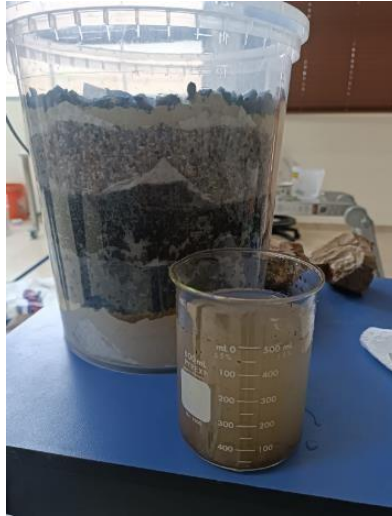
Lavado de piedra chispa

Foto 8



Lavado de granito fino

Foto 9



Biofiltro a base de *Moringa oleifera* y agua de muestra

Foto 10



Muestra procesada por medio de Biofiltro a base de *Moringa oleifera*

Anexo 2: Análisis fisicoquímicos del agua inicial

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS


Número de Ingreso: DIMA-FIJO-007-2023
 Muestra: Agua proveniente de río de la Comunidad de Valles del cantón Cotacachi
 Fecha de recepción: 15/07/2023
 Fecha de análisis: 15/07/2023
 Fecha de emisión de resultados: 15/08/2023
 Análisis solicitado por: Sr. Wilmar Manfilla Oviedo y Sr. Leonardo Bedoya Ochoa

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	RESULTADO	TÉCNICA	REFERENCIA TÉCNICA	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Temperatura ambiente	Grados centígrados	°C	15,7	Fotométrica	Standard methods 21th 2017	30°C
Sólidos totales	Sólidos totales	mg/l	787	Espectrofotométrica	Standard methods 21th 2017	1000
Culturas fecales	Unidades Formadoras de colonias	UFC/100ml	18	Filtración por membrana	Standard methods 21th 2017	600
Culturas totales	Unidades Formadoras de colonias	UFC/100ml	30	Filtración por membrana	Standard methods 21th 2017	3000
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	20	Fotométrica	Standard methods 21th 2017	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	14,2	Espectrofotométrica	Standard methods 21th 2017	xxx
Demanda Biológica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	6,94	Electrométrica	Standard methods 21th 2017	2
Nitratos	NO ₃	mg/l	95	Fotométrica	Standard methods 21th 2017	10,0

Dirección: Ciudadela Talla 6, pasaje 5, 4to del subscentro de salud
 Mail: info_inform@dimalab.ec
 Teléfono: 086442383
 Ecuador - Azuay

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS

Nitratos	NO ₃	mg/l	0,1	Espectrofotométrica	Standard methods 21th 2017	1,0
Sulfatos	SO ₄	mg/l	30	Fotométrica	Standard methods 21th 2017	400
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	9,1	Electrométrica	Standard methods 21th 2017	6-9
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	25	Fotométrica	Standard methods 21th 2017	100,0

Analista:

 M. de la Espina Francis
 DIMALAB

Dirección: Ciudadela Talla 6, pasaje 5, 4to del subscentro de salud
 Mail: info_inform@dimalab.ec
 Teléfono: 086442383
 Ecuador - Azuay

Los resultados iniciales del laboratorio del agua sin tratamiento.

Anexo 3: Análisis fisicoquímicos del agua final

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS


Número de Ingreso: DIMA-AGOSTO-815-2023
 Muestra: Agua proveniente de río de la comunidad Tablarín del cabán Comendado y tratado con el biofiltro a base de *Moringa oleifera*.
 Fecha de recepción: 23/08/2023
 Fecha de análisis: 23/08/2023
 Fecha de emisión de resultados: 24/08/2023
 Análisis solicitado por: Sr. Wilian Marifá Orjofey y Sr. Lorena Bedoya Ostoliva

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	RESULTADOS	TÉCNICA	REFERENCIA TÉCNICA	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Temperatura	Símbolos centígrados	°C	20,3	Fotométrico	Standard methods 2570 2017	400
Sólidos totales	Sólidos totales	mg/l	626	Espectrofotométrico	Standard methods 2510 2017	500
Coliformes fecales	Unidades formadoras de colonias	UFC/100ml	<1,0	Filtración por membrana	Standard methods 2220 2017	<1,0
Coliformes totales	Unidades formadoras de colonia	UFC/100ml	<1,0	Filtración por membrana	Standard methods 2220 2017	<1,0
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	8	Fotométrico	Standard methods 2120 2017	15
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<2	Espectrofotométrico	Standard methods 2510 2017	500
Nitritos	NO ₂	mg/l	13	Fotométrico	Standard methods 2270 2017	50,0

Dirección: Ciudadela Toltá 1, pasaje 1,
 Centro del subcentro de salud
 Mail: north_crosand@yahoo.co
 Teléfono: 0804422893
 Especialidad: Química

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUAS

Nitritos	NO ₂	mg/l	0,05	Espectrofotométrico	Standard methods 2270 2017	3,0
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	7,42	Electrometría	Standard methods 2510 2017	6-9
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	4,70	Fotométrico	Standard methods 2170 2017	5

Analista:

 Msc. Neth España Francis
 DIMALAB.

Dirección: Ciudadela Toltá 1, pasaje 1,
 Centro del subcentro de salud
 Mail: north_crosand@yahoo.co
 Teléfono: 0804422893
 Especialidad: Química

Resultados finales del laboratorio del agua con tratamiento de biofiltro a base de *Moringa oleifera*

