

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la influencia de la Moringa oleífera y
microorganismos eficaces en la biorremediación del agua
de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo - 2024**

Ivan Alexis Rojas Cevallos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostroza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 26 de Mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA Moringa oleífera Y MICROORGANISMOS EFICACES EN LA BIORREMEDIACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA EN EL DISTRITO DE EL TAMBO, HUANCAYO – 2024”

Autor:

Ivan Alexis Rojas Cevallos – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 15 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Realizar esta investigación ha sido un desafío que ha requerido esfuerzo, constancia y dedicación. Agradezco a la Universidad Continental por brindarme la oportunidad de formarme en una institución comprometida con la excelencia académica y profesional.

También expreso mi gratitud a mi asesor, cuyo compromiso, paciencia y guía han sido esenciales en cada etapa de este trabajo. Su disposición para compartir sus conocimientos, brindar orientación y acompañarme en el proceso de investigación ha sido fundamental para alcanzar este logro. Su apoyo no solo ha enriquecido mi aprendizaje, sino que también ha sido una fuente de motivación en los momentos más desafiantes.

También y especialmente, extiendo mi más profundo agradecimiento a mi familia, por ser mi pilar y mi mayor fuente de apoyo. Su amor incondicional, comprensión y aliento han sido esenciales en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí y por darme la fortaleza para seguir adelante.

Finalmente, valoro a quienes han estado a mi lado en este recorrido, por su compañía, amistad y palabras de aliento en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido clave para alcanzar este logro.

DEDICATORIA

Esta investigación representa el fruto de un arduo trabajo, guiado por la perseverancia y la dedicación. Con profunda gratitud y respeto, la dedico a mi familia, cuyo amor inquebrantable y apoyo incondicional han sido la piedra angular de cada desafío superado. Gracias por creer en mí, por ser mi refugio en los momentos difíciles y por levantarme con su fuerza en cada caída. Este logro es también suyo, porque sin su confianza y compañía, este camino no habría sido posible.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I	16
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	16
1.1.1. Problema General	18
1.1.2. Problemas Específicos	18
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. Justificación e importancia.....	19
1.4. Hipótesis	20
1.5. Operacionalización de variables.....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	25
2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales	29
2.2. Bases teóricas	31
2.2.1. Contaminantes físicos.....	31
a. Turbiedad	32
2.2.2. Contaminante microbiológico	33
2.2.3. Microorganismos eficaces	34
2.2.3.1. <i>Composición De Los Microorganismos eficaces</i>	34
a. <i>Aspergillus spp</i>	34
b. <i>Lactobacillus</i>	35
c. <i>Bacillus subtilis</i>	35
2.2.4. Captación de lluvia.....	35
2.2.5. La precipitación	36
2.2.6. <i>Moringa oleífera</i>	36
2.2.6.1. <i>Industrial</i>	36

2.2.6.2.	<i>Tratamiento de aguas domésticas</i>	37
2.2.6.3.	<i>Alimento</i>	37
2.3.	Definición de términos básicos	37
2.3.1.	Términos:.....	37
2.3.1.1.	<i>Aprovechamiento de agua de lluvia</i>	37
2.3.1.2.	<i>Moringa oleífera Floculante Natural</i>	38
2.3.1.3.	<i>Tratamiento de agua de lluvias</i>	39
2.3.1.4.	<i>Calidad de agua</i>	39
2.3.1.5.	<i>Coliformes totales</i>	40
2.3.1.6.	<i>Escherichia coli</i>	41
2.3.1.7.	<i>Número más probable</i>	41
2.3.1.8.	<i>Agua de lluvia para el consumo humano</i>	42
CAPÍTULO III		43
METODOLOGÍA		43
3.1.	Método y alcance de la investigación	43
3.1.1.	Método general.....	43
3.1.2.	Método específico	43
3.1.3.	Tipo de investigación	43
3.1.4.	Nivel de investigación	44
3.2.	Diseño de la investigación.....	44
3.3.	Población y muestra	45
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.4.1.	Técnicas e instrumentos	47
3.4.2.	Materiales	49
3.4.3.	Procedimientos.....	50
CAPÍTULO IV		60
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		60
4.1.	Presentación de resultados	60
4.1.1.	Análisis bacteriológico.....	60
4.1.2.	Análisis físico-químico de agua de lluvia	62
4.2.	Prueba de hipótesis	73
4.2.1.	Análisis bacteriológico.....	73
4.2.2.	Diferencias de parámetros por cada muestra significativa encontrada.....	74
4.2.2.1.	<i>Turbiedad</i>	75
4.2.2.2.	<i>Ph</i>	77
4.2.2.3.	<i>Conductividad Eléctrica</i>	79

4.2.2.4.	<i>Dureza Total</i>	82
4.2.2.5.	<i>Cloruros</i>	84
4.2.2.6.	<i>Nitratos</i>	87
4.2.2.7.	<i>Calcio</i>	89
a.	<i>Mineralización</i>	91
b.	<i>Salud ósea</i>	91
c.	<i>Calcio en los ECA</i>	92
4.2.3.	<i>Hipótesis</i>	92
	<i>Hipótesis Nula (Ho)</i>	92
4.3.	<i>Discusión de resultados</i>	95
4.3.1.	<i>Turbiedad</i>	95
4.3.2.	<i>pH</i>	96
4.3.3.	<i>Conductividad Eléctrica</i>	96
4.3.4.	<i>Dureza Total</i>	96
4.3.5.	<i>Cloruros</i>	97
4.3.6.	<i>Nitratos</i>	97
4.3.7.	<i>Calcio</i>	97
4.3.8.	<i>Resultados Bacteriológicos</i>	98
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: variables independientes y dependientes	21
Tabla 2: Componente de turbiedad que se encuentra el agua de lluvia.....	32
Tabla 3: Componente de Coliformes totales que se encuentra el agua de lluvia	33
Tabla 4: Parámetro Físico Y Microbiológicos del D.S. N°004 – 2017 – MINAM.....	34
Tabla 5: Datos Hidrometeorológicos procesados de la Estación Santa Ana de SENAMHI	46
Tabla 6: Coeficientes de los materiales	49
Tabla 7: Resultados de composición proximal.....	50
Tabla 8: Concentraciones para cada tipo de muestras realizadas.....	56
Tabla 9: Resultados de las muestras de análisis bacteriológico	60
Tabla 10: Resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia y comparación de los ECA de agua sub categoría A1.....	62
Tabla 11: Comparación de resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia y agua de lluvia con <i>Moringa oleífera</i> comparación de los ECA de agua sub categoría A1.....	64
Tabla 12: Comparación de resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia y agua de lluvia con Microorganismos eficaces comparación de los ECA de agua sub categoría A1	67
Tabla 13: Comparación de resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia, agua de lluvia con microorganismos eficaces agua de lluvia con Microorganismos eficaces y <i>Moringa oleífera</i> comparación de los ECA de agua sub categoría A1.....	69
Tabla 14: Comparación de análisis bacteriológicos con los ECA de agua	74
Tabla 15: Comparación de turbiedad de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua.....	76
Tabla 16: Comparación del pH de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua	78
Tabla 17: Comparación del Conductividad Eléctrica de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua.....	80
Tabla 18: Comparación del Dureza Total de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua.....	83

Tabla 19: Comparación de Cloruros de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua.....	85
Tabla 20: Comparación de Nitratos de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua	88
Tabla 21: Clasificación de acuerdo con su concentración de calcio y porcentaje de aporte	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparación de turbiedad de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	75
Gráfico 2: Comparación del pH de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	77
Gráfico 3: Comparación del Conductividad Eléctrica de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	79
Gráfico 4: Comparación de Dureza Total de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	82
Gráfico 5: Comparación de Cloruros de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	84
Gráfico 6: Comparación de Nitratos de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	87
Gráfico 7: Comparación de Calcio de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos	89

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Comparación de la oferta y demanda de agua.....	17
Imagen 2: Peligro de escasez de agua para los años 2011 y 2030	18
Imagen 3: Mapa de ubicación	45
Imagen 4: Envases respectivos entregados del laboratorio de DIRESA	47
Imagen 5: Diagrama para la obtención del producto de la Moringa oleífera.....	48
Imagen 6: Construcción del captador de lluvia	52
Imagen 7: Instalación del recipiente para la captacion del agua de lluvia	52
Imagen 8: Agua de lluvia recolectada	53
Imagen 9: Obtención del coagulante de la Moringa oleífera	54
Imagen 10: Microorganismos eficaces	55
Imagen 11: Muestras por cada tipo de tratamiento en envase respectivo	56
Imagen 12: Análisis bacteriológico de las muestras de agua de lluvia	57
Imagen 13: Resultados bacteriológicos del análisis bacteriológico	61

RESUMEN

Este estudio evaluó la eficacia de la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces en la biorremediación del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo. Aunque la captación de agua de lluvia es una alternativa valiosa en regiones rurales, su tratamiento es esencial para eliminar contaminantes que afectan su calidad y seguridad.

La *Moringa oleífera* redujo significativamente la turbidez (1.0 UNT), los cloruros (160 mg/l) y los nitratos (4.5 mg/l), pero disminuyó el pH a 6.43, quedando fuera del rango permitido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Por otro lado, los microorganismos eficaces incrementaron el calcio (45 mg/l) y la dureza total (165 mg/l), aunque también aumentaron la turbidez (75 UNT) y acidificaron el agua (pH 4.39). Al combinar ambos insumos, se mitigaron efectos negativos como la turbidez (28 UNT) y los cloruros (95 mg/l), aunque el pH combinado se mantuvo en 4.27, fuera del límite aceptable.

Estos insumos representan una solución viable y sostenible para el tratamiento del agua de lluvia, pero requieren ajustes para cumplir con los estándares de calidad. Su implementación podría ofrecer un enfoque prometedor para la gestión hídrica en comunidades rurales y agrícolas.

Palabras claves: Biorremediación, *Moringa oleífera*, Microorganismos eficaces y Agua de lluvia

ABSTRACT

This study evaluated the effectiveness of *Moringa oleifera* and Effective Microorganisms in the bioremediation of rainwater in the district of El Tambo, Huancayo. Although rainwater harvesting is a valuable alternative in rural regions, treatment is essential to remove contaminants that affect its quality and safety.

Moringa oleifera significantly reduced turbidity (1.0 UNT), chlorides (160 mg/l), and nitrates (4.5 mg/l), but lowered the pH to 6.43, which falls outside the acceptable range set by the Environmental Quality Standards (ECA). On the other hand, Effective Microorganisms increased calcium (45 mg/l) and total hardness (165 mg/l), but also raised turbidity (75 UNT) and acidified the water (pH 4.39). When combined, these inputs mitigated negative effects such as turbidity (28 UNT) and chlorides (95 mg/l), although the combined pH remained at 4.27, outside the acceptable range.

These inputs represent a viable and sustainable solution for rainwater treatment but require adjustments to meet quality standards. Their implementation could offer a promising approach to water management in rural and agricultural communities.

Keywords: Bioremediation, *Moringa oleifera*, Effective Microorganisms, and Rainwater

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua potable representa uno de los desafíos más críticos para la sostenibilidad global y el bienestar humano. En regiones como el distrito de El Tambo, Huancayo, donde el acceso a recursos hídricos es limitado, el aprovechamiento del agua de lluvia como recurso alternativo surge como una solución viable para mitigar esta problemática (1). Este estudio aborda la necesidad de mejorar la calidad del agua de lluvia a través de un diseño no experimental, evaluando la efectividad de dos insumos naturales: la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces, en procesos de tratamiento y biorremediación (2).

La investigación sigue un enfoque no experimental, transeccional descriptivo, en el que se observan fenómenos en su estado natural y se recolectan datos en un único momento temporal. A través de comparaciones con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), se examinan parámetros físico-químicos como turbidez, pH, conductividad eléctrica, dureza total, cloruros y nitratos, además de realizar un análisis bacteriológico. Asimismo, se analizan los niveles de calcio en el agua tratada, destacando su relevancia para la mineralización y los beneficios para la salud (3).

Los resultados obtenidos reflejan diferencias significativas en la calidad del agua según los tratamientos aplicados. La *Moringa oleífera* demostró su capacidad para reducir la turbidez y los niveles de cloruros y nitratos, mientras que los microorganismos eficaces, aunque presentan beneficios en ciertos parámetros, incrementaron la turbidez y acidez del agua. La combinación de ambos tratamientos evidencia un potencial sinérgico que permite mitigar algunos efectos negativos individuales.

Este estudio no solo demuestra la viabilidad de emplear la *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces para la biorremediación del agua de lluvia, sino que también enfatiza la necesidad de optimizar estos tratamientos para cumplir con estándares de calidad. Al proporcionar soluciones sostenibles para el tratamiento hídrico en zonas rurales, esta investigación contribuye al desarrollo sostenible y a la mejora del bienestar comunitario.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

En la actualidad se conoce la importancia del agua en la vida cotidiana de las personas de esta manera también llegando a ser fundamental para diversos trabajos. De esta manera las naciones unidas aprobaron el decenio internacional para la acción 2018-2028 “Agua para el desarrollo sostenible”, resaltando el uso eficiente del agua a diversos niveles (4), El problema en la actualidad, se da que no se logra aprovechar de una buena manera las aguas de lluvias e incluso llegar a ser tratadas para el consumo humano donde a nivel mundial se realiza aportes teniendo en cuenta la Asociación Internacional de Sistemas de captación de agua de lluvia (IRCSA) siendo este promover el uso de sistemas de captación de agua de lluvia de este modo teniendo 40 entidades internacionales apoyando el aprovechamiento de este recurso de aguas de lluvia (1).

Donde la nación no realiza grandes proyectos enfocados al recurso ya mencionado, teniendo una notable diferencia a diversos países donde si aplican el uso de este recurso, donde según Torres Hugues da a conocer estos países donde en ninguno de estos países llega a resaltar Perú (1), no obstante se realizan investigaciones donde se toma en cuenta la captación de lluvia donde Jiménez Yoplac cita a Fachin y panduro (2005) que realizan un estudio en San Martín y menciona que la demanda de agua para una zona urbana mediante este método llega a ser de 89.01 litros por persona por día (lppd) (5), teniendo en cuenta que este estudio se realizó mediante solo el uso de las aguas de lluvia y no enfocado a un consumo directo.

A nivel provincial, Huancayo enfrenta un severo déficit hídrico, según un informe de la EPS SEDAM Huancayo. A pesar de contar con diez fuentes hídricas, que incluyen lagunas como Huacracocho, Yanacocho, Quellacocho, Quimsacocho, Patococho y Llacsacocho y glaciares como Lazo Huantay, Chuspicocho, Chico Chuspi y Duraznuyoc, estas fuentes no logran satisfacer las demandas de la población debido a la sobreexplotación y su fuerte dependencia de las lluvias estacionales, el mencionado informe destaca que las lagunas y glaciares de la región solo alcanzan un 80 % de su capacidad máxima de almacenamiento, de los cuales apenas el 47 % puede ser utilizado

para el consumo humano, debido a limitaciones estructurales y ambientales (6). Estas cifras evidencian una alarmante escasez de recursos hídricos, agravada por las sequías recurrentes en las zonas de captación y almacenamiento de agua. Esta situación ha forzado a las autoridades a realizar cortes del suministro de agua potable, afectando gravemente a varias comunidades que no cuentan con un acceso continuo a este recurso vital (6). Este problema ha limitado el desarrollo social y económico de la provincia, comprometiendo la calidad de vida y la salud de sus habitantes, lo que resalta la urgencia de implementar soluciones sostenibles. En la imagen 1 se observa que la población de Huancayo aumentó de 344,580 habitantes en el año 2000 a una proyección de 429,100 en el 2030, lo que generará una demanda hídrica estimada en 25.8 millones de m³, superando en un 45% la oferta disponible. Asimismo, la imagen 2 evidencia el creciente peligro de escasez de agua para los años 2011 y 2030, mostrando un incremento significativo en las áreas afectadas y reforzando la necesidad de estrategias eficaces para la gestión del recurso hídrico (7).

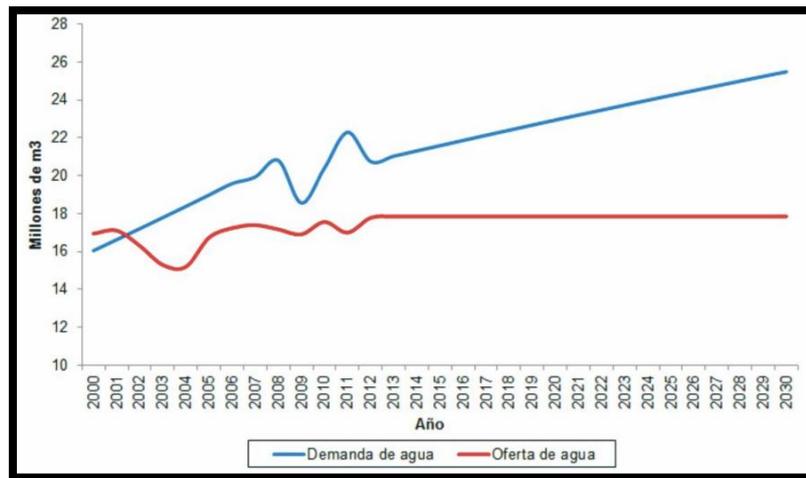


Imagen 1. Comparación de la oferta y demanda de agua
Fuente: Riesgos de escasez de agua en la provincia de Huancayo (7)

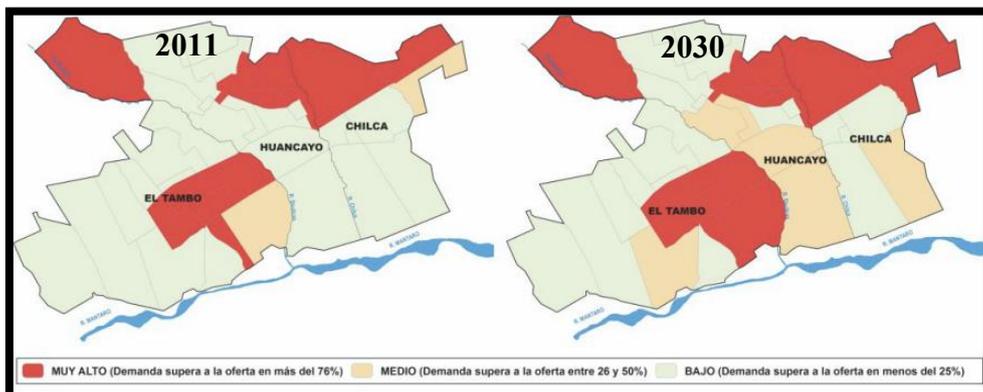


Imagen 2. Peligro de escasez de agua para los años 2011 y 2030
Fuente: Riesgos de escasez de agua en la provincia de Huancayo (7)

En este contexto, el aprovechamiento del agua de lluvia se perfila como una alternativa viable y prometedora para contrarrestar el déficit hídrico. Según un análisis realizado a partir de los datos sin procesar obtenidos de SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), se estimó que la precipitación promedio anual de un periodo de 23 años en la zona fue de 707.5 mm. Sin embargo, lograr una implementación efectiva requiere estrategias innovadoras que aseguren no solo una captación adecuada, sino también un tratamiento eficiente que la haga apta para el consumo humano (3). Los métodos tradicionales, como el uso de coagulantes químicos (por ejemplo, el sulfato de aluminio), presentan limitaciones significativas debido a los residuos que generan y los riesgos potenciales para la salud. Esto resalta la necesidad de explorar y desarrollar alternativas naturales y sostenibles que mejoren la calidad del agua de manera segura, fortaleciendo los sistemas de gestión hídrica y beneficiando a las comunidades afectadas (3).

Por lo tanto, dado que los floculantes no trabajan solos, se debería implementara microorganismos nativos donde estos llegan a descomponer la materia orgánica y llegando a purificar el agua de lluvia (8), de este modo llegando a aportar el uso de agua de lluvia, siendo para el uso cotidiano o consumo humano. Estas alternativas naturales prometen ser una solución viable al déficit hídrico, al mejorar las propiedades físicas y microbiológicas del agua, contribuyendo así al desarrollo de sistemas de gestión hídrica más sostenibles y accesibles para la población afectada.

1.1.1. Problema General

¿Cuál es la influencia de *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces en la biorremediación de los contaminantes de agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas y microbiológicas del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024?

- ¿Cuáles son las propiedades físicas de la *Moringa oleífera* en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024?
- ¿Cuáles son las propiedades microbiológicas de los Microorganismos eficaces en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar la influencia de la *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces en la biorremediación del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y microbiológicas del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.
- Describir las propiedades físicas de la *Moringa oleífera* en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.
- Describir las propiedades microbiológicas de los Microorganismos eficaces en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.

1.3. Justificación e importancia

Se tomó en cuenta como principal importancia la deficiente distribución del agua en el distrito de El Tambo, donde se afecta a la población con un abastecimiento de agua insuficiente que no cubre las 24 horas del día, aun contando con 10 lagunas aledañas como fuentes alternativas (2).

De esta manera se propondría otra alternativa, como el aprovechamiento de aguas de lluvia. Por tanto, en la zona se llega a tener un promedio de precipitación anual de 816.23 mm, cálculo realizado con los datos del SENAMHI, teniendo en cuenta una metodología económica y simple para desarrollar la captación de aguas de lluvia cubriendo los horarios donde no se llega a distribuir el recurso hídrico.

En la actualidad se llega a usar el sulfato de aluminio como coagulante principal con la desventaja que el aluminio residual puede llegar a afectar a la salud humana (3) por esta razón es importante recalcar el uso de alternativas saludables, como el extracto de la semilla de *Moringa oleífera* usado en la remoción de la turbiedad, el sistema no llega a ser suficiente, dado que el agua también transporta microorganismos dañinos para el consumo humano, adicionando la necesidad de implementar un sistema de microorganismos eficaces en el agua de lluvia identificando la influencia en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizando su efectividad en el sistema.

1.4. Hipótesis

Ho: La *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces no influyen 100% en la biorremediación de los contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.

Ha: La *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces influyen 100% en la biorremediación de los contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Variables independientes y dependientes

VARIABLES	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN	
Variable Independiente	<i>Moringa oleifera</i>	El uso del producto permitirá la remoción de la turbidez de agua de lluvia debido a su presencia de proteínas solubles de bajo peso molecular, presentando cargas positivas, al ser añadida al agua, llegan a actuar como imanes atrayendo partículas de carga negativa como la arcilla, limo, bacterias, entre otros (9).	Aplicación de extracto de <i>Moringa oleifera</i>	Concentración de <i>Moringa oleifera</i>	mg/L	Razón/proporción
	Microorganismos eficaces de agua	Llegan a ser cultivos de grupos de microorganismos que se encuentra compuesta por bacterias fotosintéticas, bacterias ácidas lácticas y levaduras que al trabajar juntos actúan como inoculantes microbianos (10).	Aplicación de microorganismos eficaces de agua	Concentración de Microorganismos eficaces	mg/L	Razón/proporción
Variable Dependiente	Biorremediación del agua de lluvia	Proceso natural que utiliza microorganismos, plantas o enzimas para tratar y limpiar el agua recolectada	Análisis físico, químico y/o biológico en Estándar de calidad ambiental (cuerpos receptores) Actividades domésticas y Pruebas realizadas en laboratorio para conocer el nivel de turbiedad del agua (11).	Turbiedad	UNT	Razón/proporción
				PH	Escala	
				Conductividad eléctrica	μS/cm	
				Dureza total	mg/L	
				Cloruros	mg/L	
				Nitratos	mg/L	
				Calcio	mg/L	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En el artículo presentado por Diana Hernández y Tatiana Chaparro, titulado “Tratamiento de agua de lluvia con fines de consumo humano”, se aborda un análisis detallado sobre las propiedades del agua de lluvia y los métodos necesarios para su tratamiento y consumo. Aunque el agua de lluvia inicialmente no contiene contaminantes evidentes, los autores destacan que tampoco puede asumirse automáticamente como apta para consumo humano, lo cual motivó la realización de diversas pruebas para evaluar su calidad y seguridad. Estas pruebas se llevaron a cabo mediante la captación de agua de lluvia en tres escenarios: sin almacenamiento, con almacenamiento de 48 horas y con almacenamiento de 96 horas. Los resultados indicaron que, a mayor tiempo de almacenamiento, disminuye la turbiedad del agua debido a procesos de decantación, lo que reduce la concentración de algunos parámetros físicos. Sin embargo, este mismo almacenamiento incrementa la presencia de microorganismos y bacterias, incluyendo *Escherichia coli* (12).

Los autores subrayan que, aunque la calidad del agua de lluvia puede considerarse aceptable bajo ciertos parámetros, no puede calificarse como potable sin un tratamiento adecuado. Entre los desafíos identificados, mencionan la turbiedad persistente, el color alterado, la presencia de fosfatos y microorganismos como *Escherichia coli*, cuya concentración varía según las condiciones del área de captación. En este sentido, destacan que para obtener una mejor calidad del agua de lluvia se requiere el empleo de tratamientos específicos, como la filtración mediante carbón natural y la desinfección solar. Además, sugieren que sería necesario explorar otros métodos de tratamiento para garantizar una calidad óptima, adaptándose a las características particulares del agua captada y de las necesidades locales (12).

Relevancia: Este estudio no solo expone los potenciales beneficios del uso del agua de lluvia, sino también la importancia de implementar estrategias sostenibles y eficaces para su tratamiento, considerando las implicaciones en términos de salud pública y acceso a recursos hídricos.

En el artículo que presenta el Doctor Torres Hugues Ronnie titulado “La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente” (1), se realiza un estudio exhaustivo sobre la evolución de los captadores de lluvia. Este artículo tiene como objetivo principal realizar una revisión bibliográfica sobre las tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia que se han implementado en diferentes épocas y lugares del planeta. La necesidad de contar con este tipo de materiales en tiempos donde cada vez es más crucial el ahorro de recursos es la principal motivación de la investigación. Para una mayor comprensión, el estudio se estructura en dos etapas: antes y después del siglo XX. Además, se realiza un análisis separado de las referencias sobre Cuba en comparación con el resto del mundo. Se observa que el desarrollo tecnológico no solo se manifiesta en las técnicas disponibles, sino también en el uso creciente de este recurso. La recopilación detallada y actualizada presentada en el artículo constituye una fuente valiosa de información sobre la captación de agua de lluvia, destacando su relevancia histórica y contemporánea. (1).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis, debido que se puede desarrollar la identificación de diversos diseños de captadores de lluvia a lo largo de la historia.

En el artículo realizado por Parada y Cervantes titulado “Captación de agua de lluvia y niebla en la época de secas en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México” (13), se evaluó la precipitación mensual, comparando los valores mensuales medidos con las normales climatológicas. El estudio reveló que fue un periodo con lluvias superiores a lo normal, 31% por encima de la media. Específicamente, en los meses de noviembre y enero, la precipitación fue un 50% superior a la media, mientras que en febrero alcanzó un valor de 70% por encima de la media. No obstante, en diciembre, la precipitación fue de solo 24.3 mm, representando un déficit del 50.1% en comparación con el valor promedio climatológico para ese mes. (13).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis para poder evaluar la precipitación mensual.

Según Acevedo Ernesto en su trabajo de investigación titulado “Uso de semillas de *Moringa (Moringa oleífera)* como floculante natural para la purificación de aguas crudas de río negro, río de oro y quebrada Floridablanca, Santader” (14), se propone un tratamiento primario para la potabilización de agua utilizando semillas de *Moringa oleífera* como floculante, en lugar del sulfato de aluminio convencionalmente utilizado. El estudio evaluó la efectividad del floculante natural mediante análisis comparativos antes y después del tratamiento (14). Acevedo destaca que la harina íntegra de *Moringa oleífera* no es una sustancia estándar en el mercado para la floculación, y su metodología de extracción y el método de jarras utilizado difieren de los tiempos normalmente aplicados para el sulfato de aluminio. Las concentraciones evaluadas variaron entre 3.5 mg/L y 170 mg/L, logrando porcentajes de remoción de hasta el 90% en algunos casos. (14)

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante, dado que de esta manera se podrá trabajar con un rango de prueba para realizar la remoción de la turbidez demostrando la viabilidad de la *Moringa oleífera* como un coagulante natural alternativo y eficiente.

Para usar otra concentración de la *Moringa oleífera* se tomará un estudio de investigación enfocado en esa misma línea de Lugo José titulado “Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades palafíticas en el caribe norte colombiano” (15), En su investigación, Lugo determinó que la dosis óptima de *Moringa oleífera* fue de 150 mg/L en ambos muestreos. Se observó una diferencia en el tiempo de mezcla: en la primera prueba, con una mezcla de 2 minutos, se logró una remoción de turbiedad y color del 96% y 92% respectivamente; en la segunda prueba, con una mezcla de 1 minuto, las remociones fueron del 96% y 93%. Estos resultados sugieren que la agitación manual rápida influye en el proceso de coagulación, debido a la variabilidad de la agitación manual en comparación con la constancia de los agitadores mecánicos. Además, Lugo indicó que la concentración de 150 mg/L de *Moringa oleífera* puede representar el punto isoeléctrico, donde las dosis del coagulante equilibran las cargas de las partículas del agua. Un aumento de concentración, como 200 mg/L, podría desestabilizar este equilibrio y aumentar la turbiedad y el color del agua. (15).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante debido a que se determinó el tiempo y la concentración adecuada que llega a tener la *Moringa oleífera* siendo un coagulante adecuado para el presente estudio.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

El trabajo de investigación titulado “Uso del extracto de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural primario y ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para el consumo humano” (3), tiene como objetivo evaluar la efectividad del extracto de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural, comparándolo con el sulfato de aluminio, un coagulante químico convencional, en el tratamiento del agua cruda extraída del río Rímac. (3). El proceso de obtención del coagulante a partir de la semilla de *Moringa oleífera* implica la extracción del aceite, que constituye aproximadamente el 40% del peso de la semilla y no posee propiedades coagulantes. Posteriormente, las semillas sin cáscara y sin aceite se muelen para obtener un polvo que se utiliza para preparar la solución coagulante. Se realizaron ensayos para determinar la dosis óptima, concentración, pH, gradiente de velocidad, tiempo de floculación y tasa de sedimentación, logrando así identificar las condiciones óptimas para su aplicación, El análisis de costos comparó el precio del sulfato de aluminio tipo B200, cotizado en 2 soles por kg por la empresa Químicos Goicochea S.R. Ltda., con el costo estimado de la semilla de *Moringa oleífera* realizado por el ingeniero Jorge Chepote, que fue de 0.50 soles por kg. Aunque el costo del tratamiento con el extracto de *Moringa oleífera* es mayor que el del sulfato de aluminio, su precio podría disminuir con un aumento en la demanda. Los resultados mostraron que la *Moringa oleífera* como coagulante natural primario es altamente eficiente en la reducción de la turbidez en diversas muestras. (3), Asimismo se destaca que la *Moringa oleífera* no está aún establecida en el mercado como coagulante, y se recomienda desarrollar estudios adicionales para validar su uso en el tratamiento de agua para consumo humano. Es importante tener precauciones en el almacenamiento del extracto de la semilla para evitar la humedad, que puede promover el crecimiento de hongos (3).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis debido a que hace mención y el debido uso de la semilla *Moringa oleífera* y de esta manera poder realizar el uso correcto para las aguas de lluvia donde será implementado en

el sistema para el tratamiento primario, removiendo la turbiedad del teniendo en cuenta las recomendaciones que se da.

El trabajo de investigación de la Universidad Nacional del Altiplano, presentado por Ticona Wilber el cual fue titulado “Propuesta de diseño de la captación de agua de lluvia mediante coberturas en las viviendas rurales, con fines de consumo doméstico en la comunidad Pucajrani tiracollo-Ilave” (16), detalla un estudio técnico sobre la captación de agua de lluvia para consumo humano. En esta investigación, se evaluó el área de los techos de las viviendas de la Comunidad Campesina de Pucajrani Tiracollo. Se determinó que los techos de la zona están hechos de lamina galvanizada, un material que ofrece ventajas significativas debido a su superficie lisa, que facilita el escurrimiento del agua, y su efecto esterilizante causado por el calentamiento del metal bajo el sol (16), El estudio sugiere que se debe utilizar materiales con superficies lisas para maximizar la captación de agua de lluvia. Además, se realizaron cálculos específicos para determinar la eficiencia de la captación, basándose en las características de los techos y las condiciones climáticas locales. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para diseñar sistemas de captación de agua de lluvia eficientes y sostenibles en la comunidad de Pucajrani Tiracollo.

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis pues se hace menciona como es el funcionamiento de un diseño de captación de aguas de lluvia en diversos lugares.

El trabajo de investigación que presento Pimentel José tiene como título “Diseño y sistema de abastecimiento de agua potable mediante la captación de aguas pluviales en el centro poblado Mantacra distrito de Pampas, Huancavelica 2018” (17), tiene como objetivo determinar un diseño adecuado para el aprovechamiento de aguas pluviales. En esta investigación se destaca que las precipitaciones mensuales y anuales en el sector de estudio cumplen con los parámetros requeridos, permitiendo un nivel confiable de captación de agua de lluvia. A pesar de ser una zona de baja precipitación, la recolección de lluvia fue suficiente para suplir la demanda de agua durante los cinco meses de diseño. Una característica notable de este estudio es que la cantidad de agua recolectada se utilizó para la siembra de palta en lugar de ser destinada a viviendas. “Este enfoque demuestra la versatilidad y efectividad de los

sistemas de captación de agua de lluvia, no solo para consumo humano, sino también para aplicaciones agrícolas” (17).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis, debido que brinda información con respecto a las precipitaciones mensuales y anuales donde se determinó si la zona es adecuada para la recolección de agua de lluvia.

El trabajo de investigación que fue titulado “Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano de la comunidad de Llañucancha del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017” (18), proporciona un procedimiento detallado para medir la turbidez del agua, utilizando el método de la nefelometría. Este método compara la dispersión de la luz a través de una solución estándar, permitiendo identificar la intensidad del paso de la luz. La turbidez se mide con un turbidímetro (nefelómetro), que realiza la lectura directa de la turbidez en unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersa, mayor es la turbidez del agua (18), por lo cual el uso de la nefelometría es esencial para determinar la calidad del agua, ya que la turbidez puede indicar la presencia de partículas suspendidas y contaminantes. La precisión del turbidímetro en la lectura de la turbidez permite obtener resultados confiables, esenciales para garantizar que el agua cumpla con los estándares de potabilidad (18).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis, por llegar a brinda información con respecto a la toma de muestras de calidad de agua.

Para lograr determinar los costos de realizar un diseño de captación de agua de lluvia se tomó en cuenta el trabajo de investigación de Jiménez Yoplac Geidy llegando a tener como título “Evaluación técnica y económica de un diseño de sistema de aprovechamiento de lluvia para uso doméstico en la comunidad de Awajun de Juum del Distrito de Imaza, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas” (5), plantea como objetivo evaluar técnica y económicamente un diseño de aprovechamiento de agua de lluvia y que “para evaluar el diseño técnicamente, se analizó la demanda de agua y la oferta de lluvia, el primero se realizó con la aplicación de una encuesta piloto, una encuesta definitiva y observando las prácticas convencionales de uso del agua en la vivienda, para el segundo se emplearon datos históricos de precipitación de la Estación Meteorológica Chiriadleco. A base de los datos obtenidos anteriormente se diseñó un sistema de

aprovechamiento de agua de lluvia bajo la metodología SCAPT (Sistema de Captación de Agua Pluvial de Techo). La evaluación económica consistió en cuantificar los beneficios y estimar los costos del sistema desde la fase de preinversión, inversión y post-inversión con dimensiones definidas según las necesidades evidenciadas y posteriormente se determinó la relación B/C en 1.85, VAN en 260.60 soles y la TIR de 2%. En función a lo analizado se concluyó que el diseño es técnica y económicamente viable” (5).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante para la tesis, visto que se debe lograr desarrollar un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia donde este debe ser económicamente viable.

Según Luvi Checani determino diversos microorganismos eficientes en su trabajo de investigación titulada “Evaluación de los índices microbiológicos y Fisicoquímicos en aguas residuales de la ciudad de Puno – tratadas con microorganismos nativos” (8), donde da a conocer que la tecnología reporto “[...] una alternativa para el tratamiento de aguas residuales con el producto EM (del inglés efficient microorganisms), basada en la actividad sinérgica de consorcios de microorganismos eficaces, ha sido reportada como una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas. EM ha sido aplicado, dado que incrementa las densidades de microorganismos que pueden utilizar los compuestos presentes en el agua como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, así reduciendo sus concentraciones. Además, al emplear una mezcla de varios microorganismos, con características metabólicas diferentes y complementarias entre sí, la cantidad y variedad de los compuestos que pueden ser degradados será mayor y los procesos a su vez, serán más eficaces” (8).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega ser relevante donde se logra identificar diversos microorganismos eficaces y su adecuado uso.

Para poder desarrollar una adecuada comprensión con respecto a la *Moringa oleifera* se tomó en cuenta el trabajo de investigación de Álvarez Hemelinda titulado “Extracto de moringa (*Moringa oleifera*) para la remoción de turbidez de efluentes de la producción de néctar de maracuyá” (9), donde se tendrá en cuenta los procedimientos que se realizó en esta investigación si la *Moringa oleifera* tendrá una adecuada eficiencia en el agua de lluvia, pues en esta investigación “[...]el

extracto de moringa se elaboró a una concentración de 20000 mg/L, se obtuvo por agitación a 35 minutos a temperatura ambiente. Los tratamientos de 335 NTU y 290 mg/L; 500 NTU y 400 mg/L, permitieron una reducción de turbidez de 92.25% y 94.16 %. Además, el extracto de moringa se caracterizó, con el método de electroforesis en gel de poliacrilamida (PAGE- SDS) encontrando una banda principal de polipéptido de 6.5 kDa que serían los principales responsables de la coagulación – floculación. Así mismo, el valor de pH no presentó modificaciones significativas, manteniéndose entre (2.74- 3.64); con dosis de 290 y 400 mg/L la remoción de color fue de 71.57% y 79.80% respectivamente y la conductividad de 2.43 y 2.96 mS/cm respectivamente” (9).

Relevancia. - Este trabajo de investigación llega ser relevante para lograr usar la concentración y la elaboración de la *Moringa oleifera*.

2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales

En el trabajo de investigación que fue titulado “Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como alternativa para el ahorro de agua en la ciudad de Huancayo 2014” (19), sostiene como objetivo general determinar el grado de influencia que se llega a tener el sistema de captación de aguas de lluvia en techos, ante el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo, planteando como objetivos específicos, determinar el grado de influencia de la lluvia y escorrentía en el ahorro de agua potable, de igual manera lograr determinar el potencial de ahorro de aguas de lluvia, a través de los siguientes métodos: La captación respectiva con sus componentes para realizar el ahorro de las aguas de lluvia puesto que se conformó por el techo de la edificación, y que se tomó en cuenta la recolección y conducción con el fin de llegar al dispositivo donde se impide que materiales indeseables ingrese al tanque de almacenamiento, y que se estimó el diseño con 1 litro por m², llegando a la unidad de almacenamiento. El tratamiento con el uso de los filtros lentos de arena, facilitando la fabricación del sistema, enfocando “para que un filtro nuevo pueda eliminar bacterias y virus debería ponerse a funcionar [...] antes de que esta cualidad se desarrolle” (19). Las bases y criterios del diseño apoyando el funcionamiento del sistema. Obteniendo como resultados que el sistema planteado llega a ser una captación favorable y siendo una solución para el problema hídrico.

El autor llega a recomendar de la operación y mantenimiento que se debe llegar a dar al sistema (19).

Relevancia: Esta investigación llega a ser relevante para la tesis puesto que se debe tener conocimiento respecto al diseño de captación de aguas de lluvia de esta manera lograr un eficiente funcionamiento donde se debe comprender cada método para lograr el diseño del sistema de captación para esta investigación.

En la tesis de nombre “Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del biorreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018” (8), tiene como objetivo general “determinar la influencia de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM Agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos [...]” (10), llegando a plantear como sus objetivos específicos analizar si la implementación de microorganismos eficaces llega a influir en los contaminantes microbiológicos y contaminantes metálicos que se llega a comparar con el método convencional del mismo modo determinar qué tipo de correlación llegan a existir entre los parámetros respecto al tiempo. A través de métodos donde se llevó a cabo en el afluente del biorreactor, siendo usada agua residual que recibió del decantador primario y que llegó a usar 12 unidades experimentales dividiendo en 4 grupos, donde el primer grupo, segundo, tercer y cuarto grupo se distribuyeron como unidad de control, primera dosis al 4%, segunda dosis al 6% y tercera dosis al 8% respectivamente, cada recipiente teniendo la capacidad de 20 L, siendo enviados a los analizar a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en laboratorios de SGS del Perú S.A.C., se tomó una muestra antes que llegara al decantador primario de esta manera poder comparar (10). Obteniendo como resultado de los parámetros fisicoquímicos llega a tener una disminución significativa con excepción de los sólidos totales en suspensión, que llega a depender de la aplicación de los microorganismo eficientes, para los contaminantes microbiológicos se logra evidenciar que existe una reducción significativa, en dosis bajas, medias y altas, donde da valores menores a 1,8 NMP/100 ml, para los contaminantes metálicos que se llegó a realizar un análisis estadístico comprobando que los EM Agua permiten el incremento gradual de contaminantes metálicos dependiendo de las dosis de EM Agua, para el tipo de correlación que llega a existir en los parámetros de campo con respecto al tiempo se da a conocer que es muy

variable debido que llego a depender de los factores climáticos, realizando el tipo de correlación existente entre la dosis de EM Agua con los parámetros fisicoquímicos llegaron a ser muy distintos para cada uno, donde que se observó que para DBO y DQO llego a tener una correlación directa con la dosis de EM Agua indicando que si se llega a agregar una mayor cantidad de EM Agua mayor será el contenido de DBO y DQO. Asimismo, recomienda realizar los respectivos trámites para el ingreso y uso de instalaciones, para las mediciones de parámetros físicos, llega a ser necesario usar equipos correctamente calibrados, por ello se recomienda llevar el buffer de verificación (10).

Relevancia: Este trabajo de investigación llega a ser relevante para la tesis por qué se debe tomar en cuenta como llega a afectar los microorganismos eficientes a los parámetros microbiológicos de esta manera lograr la implementación y tener un proceso adecuado para el sistema de tratamiento de aguas de lluvias.

En la tesis titulada “Análisis microbiológico del agua potable del reservorio de Umuto, El Tambo - 2018” (20), Fernanda Cervantes llega a plantear como objetivo evaluar la contaminación microbiológica donde “Se emplearon métodos y técnicas microbiológicas para aislar, identificar y cuantificar bacterias indicadoras de contaminación del agua según la normativa vigente establecida por el Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud (DIGESA) mediante el D.S. N.º 031-2010 SA. Se empleó una Ficha de recolección de datos para registrar la información de los análisis microbiológicos tales como enumeración de bacterias heterotróficas y *Escherichia coli* según el método de recuento en placa y la técnica de incorporación; así como la cuantificación de coliformes totales y fecales a través del método de recuento en tubo según la técnica del Número más probable; cuyos resultados expresados como UFC/mL o UFC/100 mL” (20).

Relevancia: Esta investigación llega a ser relevante para la tesis, puesto que es para lograr analizar la eficiencia que tienen los microorganismos eficaces ante los contaminantes microbiológicos en las aguas de lluvias se deben realizar un adecuado uso de técnicas y métodos microbiológicas como da a conocer.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminantes físicos

a. Turbiedad

La turbiedad es una medida que evalúa la resistencia del agua al paso de la luz, causada por la presencia de partículas suspendidas como arcilla fina, tierra vegetal y material coloidal. Este parámetro es crucial para evaluar la calidad del agua, ya que influye en su potabilidad y en la salud de los ecosistemas acuáticos. La turbiedad se cuantifica con instrumentos como el turbidímetro de Jackson o el de Hellige (16), que miden la cantidad de luz que atraviesa una muestra de agua y expresan la turbiedad en unidades nefelométricas de turbidez (UNT), donde una unidad equivale a una suspensión de 1 mg de sílice en un litro de agua. El monitoreo de la turbiedad es esencial, pues altos valores pueden indicar contaminantes que comprometen la calidad del agua y su seguridad para el consumo humano, siendo resultado de la erosión del suelo, escurrimiento agrícola y descarga de aguas residuales. Para reducir la turbiedad, se utilizan procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración (16). Del mismo modo las lluvias pueden desarrollar una presencia de turbiedad alta teniendo en cuenta en qué tipo de ambiente se encuentra presente y este teniendo con una mayor cantidad a diferencia de otros parámetros físicos.

Tabla 2.

Componente de turbiedad que se encuentra el agua de lluvia

Componente	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Componente físico								
Turbiedad (UNT)	1,92	0,70	2,70	1,76	4,22	2,76	2,76	1,00

Fuente: Resultados obtenidos en calidad de agua de lluvia (21)

En la **Tabla 2.** se da a conocer los resultados que da Ramírez y Ospina en su estudio titulado “Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia” (21), donde da a conocer que este sobrepasa sus estándares de calidad, (21) si se llega a comparar con los estándares de calidad del Perú este no sobrepasa si el tratamiento llega a ser convencional o con desinfección, pero si se llega a tener un tratamiento avanzado este no debe tener presencia de turbiedad (11).

2.2.2. Contaminante microbiológico

Estos organismos y microorganismos llegan a ser entre bacterias y virus, siendo los principales causantes de enfermedades, el agua de lluvia puede llegar a tener coliformes totales teniendo en cuenta que al estar presentes en el aire por actividades antrópicas y condiciones naturales (21).

Uno de los parámetros principales llega a ser los coliformes totales donde también es denominado termotolerantes, llamados así, debido que llegan a soportar temperaturas de 35°C a 37°C llegando a producir ácidos y gases (CO₂) siendo este uno de los microorganismos que indican la calidad del agua (22), Ospina y Ramírez dan a conocer los contaminantes microbiológicos en el agua de lluvia como se muestra en la tabla 3 donde principalmente se encuentra los coliformes totales, por tanto este llega a ser el principal microorganismo encontrado en el agua de lluvia (21).

Tabla 3.

Componente de Coliformes totales que se encuentra el agua de lluvia

Componente	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Componente microbiológico								
Coliformes totales (Microorganismos /100ml)	34,48	241,96	241,96	44,11	241,96	3,41	241,96	3,41

Fuente: Resultados obtenidos en calidad de agua de lluvia (21)

Según los resultados de Ospina y Ramírez, se da como resultado que no cumple sus estándares de calidad (21), del mismo modo es para nuestro país, debido que para un tratamiento convencional y avanzado los coliformes totales no se deben presentar en el recurso hídrico menor que un tratamiento con desinfección donde este no debe sobrepasar de 50 NMP/100ml donde en los datos presentados en la tabla 4 claramente no se muestra dentro del rango y la variación se da por los tipos de muestras que se tomaron en diversas zonas (11)

Tabla 4.*Parámetro Físico Y Microbiológicos del D.S. N°004 – 2017 – MINAM*

PARÁMETRO	UNIDAD
Coliformes totales	NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml
Formas Parasitarias	N° Organismo/L
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, nematodos, en todos sus estados evolutivos)	N° Organismo/L
Turbiedad	UNT

Fuente: Diario el Peruano (11)

2.2.3. Microorganismos eficaces

Los microorganismos eficaces llegaron a ser desarrolladas por el “Doctor Teruo Higa en la década de los ochenta en Okinawa, Japón [...] fue usada en múltiples áreas de ciencia agrícola, veterinaria, medio ambiente, específicamente en remediación ambiental y tratamiento de agua, [...]” (10). Donde en el presente se llega a realizar amplias pruebas viendo la eficiencia de este producto en diferentes tipos de clima y altura (10).

Los microorganismos no llegan a ser modificados genéticamente, y que dependiendo de la unión de dichos microorganismos pueden llegar a potenciar las actividades de degradación debido que estos microorganismos llegan a tener características metabólicas (10).

2.2.3.1. Composición De Los Microorganismos eficaces

a. *Aspergillus spp*

“Al comienzo de su crecimiento *Aspergillus niger* forma colonias miceliales lanosas blancas o amarillentas; a medida que este se desarrolla la superficie micelar se va cubriendo de diámetro, estas se encuentran cargadas de esporas negras. Este hongo es un importante agente productor de ácidos orgánicos, principalmente glucónico, cítrico y oxálico; también es utilizado para la obtención de enzimas como la glucoamilasa y del 1- α -galactosidasa,

por lo que es ampliamente cultivado para la producción industrial de estos compuestos químicos” (8).

b. *Lactobacillus*

“Dentro de los microorganismos que conforman el multicultivo EM los más abundantes son las bacterias ácido-lácticas. Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas que puede suprimir a los microorganismos patógenos, mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica, incluso en el caso de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando a evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta” (8).

c. *Bacillus subtilis*

“El *Bacillus subtilis* es una bacteria Gram positiva, aerobio facultativo, comúnmente encontrada en el suelo. Miembro del género *Bacillus*, el *B. subtilis* tiene la habilidad para formar una resistente endospora protectora, permitiendo al organismo tolerar condiciones ambientalmente extremas, otro de los elementos que caracteriza a los *Bacillus sp.* es la producción de enzimas hidrolíticas que ayudan a mejorar la utilización de los alimentos. [...] El empleo de las bacterias del género *Bacillus* y sus endosporas también viene dado por su capacidad de producción de enzimas, estas además de mejorar la digestión en el hospedero, son capaces de inhibir el crecimiento microbiano de bacterias dañinas” (8).

2.2.4. Captación de lluvia

La captación de lluvia se da por más de 4000 años, sin embargo, el crecimiento poblacional y avances tecnológico se da una distribución de agua por medio de tuberías, en la actualidad se da una mayor importancia del recurso pues a medida que pasa el tiempo se nota la falta de distribución hídrica a lugares alejados o donde la población llega a ser mayor, el agua de lluvia puede llegar a ser capturada y potabilizada con el fin para el consumo doméstico (13), donde se toma en cuenta la

recolección, transporte y almacenamiento de las aguas de lluvias, llegan a caer en la superficie de manera natural o realizadas por el hombre. La captación se puede realizar en los techos de casas, edificios, explanas, entre otros. El agua que se almacena se puede usar para todo tipo de usos, y para consumo humano si este tiene un filtro apropiado para cada uso (16).

2.2.5. La precipitación

Las precipitaciones llegan a ser importantes debido a que ayudan a tener un balance atmosférico si este no se llegara a dar en todo el planeta llegaría a ser un desierto, este logra apoyar a la flora, la siembra y proporcionar agua, sin embargo, las precipitaciones al ser abundantes pueden causar daños ocasionando inundaciones severas (19).

En meteorología, la precipitación llega a ser denominado cualquier forma hidrometeoro, donde llega a depender de tres factores: Presión, temperatura y radiación solar (19).

2.2.6. *Moringa oleífera*

Existe diversos floculantes naturales que pueden realizar la tarea de la unión de partículas y sedimentar las partículas de turbiedad donde uno de los más conocidos es la semilla de *Moringa oleífera* llega a ser un floculante natural que es producida a nivel nacional del distrito de La Yarada Los Palos siendo su producción desde año 2018 en Perú, donde se tomó en cuenta diversas composiciones según la Tabla 4 (23).

2.2.6.1. Industrial

“Evaluaron el aceite de *Moringa oleífera* como una posible fuente de biodiésel. En este trabajo, el aceite de *Moringa oleífera* se evalúa por primera vez como materia prima potencial para el biodiesel. El biodiésel se preparó a partir de aceite de M. oleífera por medio de álcali-catalizada de transesterificación con metanol ácido después de pre-tratamiento. Como resultado, los ésteres metílicos (biodiésel) obtenidos a partir de este aceite exhiben un alto número de cetano de aproximadamente 67, uno de los más altos encontrados para un combustible biodiésel. En general, el aceite

Moringa oleífera parece ser un sustituto aceptable para el diésel de petróleo, también en comparación con los combustibles de biodiésel derivado de aceites vegetales” (24).

2.2.6.2. Tratamiento de aguas domésticas

“Las semillas contienen ciertos coagulantes naturales que pueden aclarar diferentes tipos de aguas con diversos grados de turbidez, haciendo posible su uso con fines domésticos. Como la eliminación de la turbidez va acompañada de la suspensión de las bacterias indicadoras de contaminación fecal, se estima que este tratamiento de las aguas domésticas es una tecnología de bajo costo y fácil manejo para potabilizarla y mejorar las condiciones sanitarias de las comunidades rurales de los países en desarrollo” (24).

2.2.6.3. Alimento

“A nivel alimenticio, *M. oleífera* tiene gran importancia, pues tiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales valiosos –incluso en mayor cantidad que los alimentos típicamente considerados como tales– y otras propiedades nutritivas. Además de poseer un amplio uso medicinal, exige poco cuidado agrícola, crece rápidamente (hasta alcanzar entre 3 y 5 metros en un año) y es resistente a la sequía. Esta última característica, unida al bajo costo de producción, la hace ideal para cultivarla en extensas zonas desérticas o semidesérticas del trópico africano, donde existen graves problemas de hambre, desnutrición y subalimentación” (24).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Términos:

2.3.1.1. Aprovechamiento de agua de lluvia

El aprovechamiento de agua de lluvia se refiere al proceso de recoger y almacenar agua de lluvia para su uso posterior. Este recurso hídrico ha sido históricamente subutilizado debido al desarrollo de tecnologías avanzadas para el aprovechamiento y transporte de aguas superficiales, que han abastecido eficazmente a las ciudades. Sin embargo, con la creciente escasez

de recursos hídricos y el aumento de la demanda, el agua de lluvia se presenta como una fuente viable y sostenible (16).

La captación de agua de lluvia puede realizarse mediante diversas técnicas, que incluyen la recolección a través de techos, canaletas y sistemas de almacenamiento como tanques o cisternas. Este método ofrece una alternativa eficaz para complementar los sistemas de abastecimiento tradicionales, especialmente en áreas rurales y urbanas con acceso limitado a agua potable (16).

El agua de lluvia recolectada puede utilizarse para múltiples propósitos, tales como riego, limpieza, y, con el tratamiento adecuado, para el consumo humano. Los sistemas de captación de agua de lluvia pueden ser relativamente sencillos y económicos de implementar, adaptándose a diferentes condiciones geográficas y climáticas (16).

2.3.1.2. Moringa oleífera Flocculante Natural

La *Moringa oleífera* actúa como un floculante natural debido a su composición química, que permite capturar partículas suspendidas en el agua (23), Estas partículas se aglutinan y sedimentan, reduciendo así la turbidez del agua (25), La forma artesanal de utilizar la *Moringa oleífera* consiste en moler las semillas maduras y envolverlas en algún tipo de tejido que impida que se disgreguen al introducirlas en el agua a purificar. Este método sencillo y natural aprovecha las propiedades coagulantes de la semilla, que son capaces de remover efectivamente las impurezas del agua (25). El proceso de floculación con *Moringa oleífera* no solo es efectivo, sino también sostenible y accesible, especialmente en comunidades con recursos limitados. Al ser un recurso natural, su uso como floculante reduce la dependencia de productos químicos como el sulfato de aluminio, que pueden tener efectos adversos para la salud y el medio ambiente. Además, la *Moringa oleífera* no introduce sustancias tóxicas en el agua, lo que la convierte en una opción segura para el tratamiento del agua potable.

2.3.1.3. Tratamiento de agua de lluvias

El tratamiento de aguas de lluvia es un proceso integral que implica la recolección, almacenamiento y purificación del agua captada para diversos usos. Cada proceso cuenta con monitoreo electrónico, adaptándose según el uso que se le dé al agua captada, ya sea para uso sanitario, limpieza, alimentación, riego de jardines, entre otros. Esta vigilancia constante asegura que el agua cumpla con los estándares necesarios para cada aplicación específica, garantizando su calidad y seguridad (16). Existe una amplia variedad de estos sistemas, donde el principal factor variable es el método de almacenamiento. Los métodos más comunes incluyen el uso de lagunas, zanjas o aljibes revestidos con ladrillo, polietileno o plástico, además de piletas de ladrillo de arcilla y concreto, así como pozos cisternas. Estos sistemas de almacenamiento no solo difieren en los materiales utilizados, sino también en su capacidad y durabilidad, ofreciendo soluciones adaptables a diferentes necesidades y entornos (16). La elección del método adecuado puede depender de factores como el clima, el terreno y los recursos disponibles, lo cual permite una gestión eficiente y sostenible del agua captada. Además, los sistemas de tratamiento pueden incorporar tecnologías adicionales como filtros de arena, carbón activado o sistemas de desinfección ultravioleta para mejorar aún más la calidad del agua tratada (16). También se mencionan diversos tratamientos, ya que, aunque el agua de lluvia presenta bajos índices de contaminación en comparación con otras fuentes, esto no garantiza que esté completamente desinfectada o sea estéril. Su calidad depende en gran medida de las condiciones ambientales, las cuales pueden influir en factores como el pH, que puede aumentar o variar según el entorno. Por ello, se recomienda evaluar diferentes métodos de tratamiento para encontrar la solución más adecuada que permita mejorar la calidad del agua de lluvia y garantizar su seguridad para el consumo humano (12).

2.3.1.4. Calidad de agua

Entre los contaminantes naturales del agua se encuentran una variedad de microorganismos como virus, bacterias y otras formas de vida, así como diversas especies de minerales disueltos, productos orgánicos solubles y

sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos (22). La concentración de estos contaminantes naturales puede incrementarse significativamente o incluso ser reemplazada por otros materiales introducidos a través de la tecnología industrial o agrícola (22). Estas actividades humanas pueden agregar contaminantes adicionales como pesticidas, fertilizantes, metales pesados y productos químicos industriales, que no solo afectan la calidad del agua, sino que también representan riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente. Además, la acumulación de estos contaminantes puede llevar a problemas a largo plazo, como la eutrofización de cuerpos de agua, la contaminación de acuíferos y la pérdida de biodiversidad acuática (22). Por lo tanto, es esencial implementar sistemas de monitoreo y tratamiento adecuados para garantizar que el agua se mantenga dentro de parámetros seguros y saludables para todos sus usos, ya sea para consumo humano, actividades recreativas, o como recurso vital para los ecosistemas (22).

2.3.1.5. Coliformes totales

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que pueden llegar a ser contaminantes significativos en el agua, representando una amenaza para la salud pública. Para realizar un tratamiento adecuado y garantizar la seguridad del agua, es necesario llevar a cabo diversas pruebas analíticas (22). La prueba más relevante para la determinación de coliformes totales es la hidrólisis de la lactosa. Este proceso involucra el rompimiento del disacárido lactosa, catalizado por la enzima β -D-galactosidasa, produciendo ácido y gas como indicadores de la presencia de estas bacterias. Además de la hidrólisis de la lactosa, otros métodos pueden incluir el uso de medios de cultivo selectivos y diferenciales, técnicas de filtración de membrana y análisis mediante métodos moleculares como la PCR (reacción en cadena de la polimerasa) (22). Estas pruebas son cruciales para detectar y cuantificar coliformes en el agua, permitiendo la implementación de medidas correctivas y tratamientos específicos, tales como la cloración, la ozonización o la filtración avanzada, asegurando que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad y sea segura para su consumo y otros usos (22).

2.3.1.6. Escherichia coli

Escherichia coli, comúnmente conocida como E. coli, es una bacteria perteneciente a la familia Enterobacteriácea. Es un microorganismo Gram negativo y anaerobio facultativo, lo que significa que puede crecer en presencia o ausencia de oxígeno (22). E. coli forma parte del microbiota normal del intestino tanto de los seres humanos como de los animales homeotermos, siendo la bacteria anaerobia facultativa más abundante en el intestino. Aunque la mayoría de las cepas de E. coli son inofensivas y juegan un papel crucial en la salud intestinal al contribuir a la digestión y a la síntesis de vitaminas, algunas cepas pueden ser patógenas. Estas cepas patógenas pueden causar infecciones intestinales y extraintestinales, incluyendo infecciones urinarias, meningitis en neonatos y enfermedades diarreicas graves (22). La transmisión de E. coli patógena suele ocurrir a través del consumo de alimentos o agua contaminados, así como por el contacto directo con personas o animales infectados (22). Debido a su relevancia clínica y su presencia ubicua, el estudio y control de E. coli son esenciales en los campos de la microbiología, la medicina y la seguridad alimentaria (22).

2.3.1.7. Número más probable

El método del Número Más Probable (NMP) es una técnica utilizada para estimar la densidad probable de bacterias coliformes en una muestra de agua, basado en la combinación de resultados positivos y negativos obtenidos en una serie de diluciones. Este método consiste en contar el número de tubos con fermentación positiva y comparar estos resultados con tablas de referencia del número más probable para coliformes totales y *Escherichia coli*. Estas tablas proporcionan una estimación de la densidad bacteriana con un nivel de confianza estadística del 95% para cada valor determinado, expresado como NMP de coliformes por cada 100 mL de muestra de agua (21).

El proceso de cálculo del NMP es esencial en estudios de calidad del agua, ya que permite evaluar la presencia y concentración de microorganismos indicadores de contaminación fecal. Además, este método es ampliamente

utilizado debido a su capacidad para manejar muestras con baja concentración de bacterias y su eficiencia en términos de tiempo y recursos (21). La exactitud del método depende de varios factores, incluyendo la técnica de preparación de muestras, la selección adecuada de diluciones y el control de condiciones experimentales. El uso del método NMP en combinación con otros métodos microbiológicos y químicos ofrece una visión integral de la calidad del agua, facilitando la toma de decisiones para su tratamiento y gestión (21).

2.3.1.8. Agua de lluvia para el consumo humano

El agua de lluvia, una vez tratada adecuadamente, se convierte en una fuente valiosa para el consumo humano y otros usos variados. El proceso de tratamiento implica una serie de pruebas exhaustivas para evaluar y mejorar la calidad del agua, eliminando contaminantes y asegurando que cumpla con los estándares de salud y seguridad. Estas pruebas son cruciales para determinar la influencia del tratamiento sobre el agua de lluvia contaminada, y pueden incluir análisis químicos, microbiológicos y físicos (16). Además, es fundamental considerar el conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas, las cuales son accionadas por procesos operativos y administrativos, junto con los equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua. Este sistema integral incluye captadores de agua, sistemas de almacenamiento, plantas de tratamiento, y redes de distribución, todos diseñados para asegurar que el agua de lluvia recolectada sea apta para el consumo humano. La captación es el primer paso crítico, donde se recogen las precipitaciones de superficies adecuadas, como tejados y terrenos especialmente preparados, asegurando una fuente de agua limpia y viable (21).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método general

El trabajo realizado puede considerarse un método científico porque sigue un proceso estructurado y sistemático para abordar una problemática específica: la escasez de agua y la necesidad de tratar el agua de lluvia de manera sostenible. Se parte de la observación del déficit hídrico en la región, se define el problema y se plantean hipótesis relacionadas con el uso de *Moringa oleifera* y microorganismos eficaces como alternativas para mejorar la calidad del agua. A través de la experimentación, se evalúan estas propuestas mediante pruebas controladas, recolectando y analizando datos que permiten validar o refutar dichas hipótesis. Finalmente, los resultados obtenidos no solo contribuyen al conocimiento científico, sino que ofrecen una solución práctica y replicable a un problema real, alineándose con los principios fundamentales del método científico (26).

3.1.2. Método específico

Según José Cegarra (26), debido que la hipótesis se mencionó un posible suceso donde se evaluó la eficiencia del tratamiento de aguas de lluvia implementado un tratamiento no experimental evaluando y comparando los resultados, llevando a cabo una solución con los problemas planteados comprobando con los datos iniciales, lo cual este método llega a ser el hipotético deductivo (26)

3.1.3. Tipo de investigación

Según José Cegarra, se trata de una investigación que se encuentra acorde a una investigación aplicada, debido que tiene la finalidad de una evaluación científica de la eficiencia del sistema de captación de lluvia, aplicando los conocimientos adquiridos puestos en práctica (26), e identificar la relación de causa - efecto que llegan a tener la aplicación de microorganismos eficaces de agua y la *Moringa oleifera*.

Para brindar las respuestas a cada uno de los objetivos que se llegó a plantear el método específico siendo la investigación aplicada (26), de tal manera se llegara a identificar el efecto que llega a causar la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces de agua en las lluvias captadas mediante el tratamiento, aun así, la investigación se llevó a cabo mediante los procedimientos recomendados ya sea por especialistas o investigaciones respecto al tema de tratamiento de agua mediante la *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces.

3.1.4. Nivel de investigación

Este estudio, enmarcado en un nivel de investigación explicativo (26), tiene como propósito analizar y comprender el efecto de la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces sobre los parámetros de turbiedad y calidad microbiológica del agua de lluvia, con el fin de ofrecer una solución sustentable para la gestión hídrica mediante su captación y tratamiento. Este nivel de investigación se enfoca en identificar no solo los resultados, sino también las causas y los mecanismos que subyacen a la mejora en las propiedades del agua tras la aplicación de estas alternativas naturales (26). A través de un enfoque experimental, se evalúan de manera controlada las interacciones entre diferentes dosis y combinaciones de tratamientos, proporcionando explicaciones fundamentadas sobre su impacto en la calidad del agua recolectada. Los resultados están orientados a su aplicación en el ámbito doméstico, tanto para el consumo humano como para actividades cotidianas, destacando la importancia de un mantenimiento adecuado del sistema mediante ajustes de dosis y limpieza regular para garantizar su funcionamiento óptimo. Este análisis no solo aborda la problemática hídrica desde una perspectiva práctica, sino que además aporta un entendimiento profundo de los procesos involucrados, posicionándose como una alternativa sostenible, replicable y fundamentada científicamente (26).

3.2. Diseño de la investigación

Se tendrá como diseño una investigación no experimental, donde según Hernández, Fernández y Baptista, da a conocer que se trata de realizar estudios donde no se llega a realizar variaciones a las variables independientes de esa manera verificar el efecto que llegan a tener en las variables dependientes, debido a que una investigación no experimental se llega a observar los fenómenos que se presentan de manera natural y llega

a analizar los datos (27). A diferencia de una investigación experimental donde este se llega a construir y variar de manera deliberada exponiendo a diversas situaciones cambiando las variables independientes (27).

Siguiendo la línea de un trabajo de investigación no experimental como un tipo de diseño no experimental llega a ser la investigación no experimental transeccional descriptivo, donde su calificación se da porque los diseños de investigación transeccional son de recolección de datos en un mismo momento y tiempo, llegando a tener como propósito la descripción de las variables analizando los acontecimientos e intercambios brindados brindando 3 tipos de diseños transeccionales en este trabajo de investigación se tomó el diseño transeccional descriptivo a causa de que se llega a indagar los resultados del tipo de resultados y presentarlo (27), examinando el fenómeno presentado para luego realizar su descripción completa (26).

3.3. Población y muestra

La población estudiada se encuentra geográficamente localizada en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín, Perú. Esta área se caracteriza por su clima andino y su régimen de precipitaciones, lo cual resulta ideal para implementar sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia. El mapa presentado en la imagen 3 muestra la ubicación específica del distrito de El Tambo, donde se generó mediante la ubicación del software QGIS, una herramienta de sistemas de información geográfica que permite procesar datos espaciales de manera precisa y profesional.

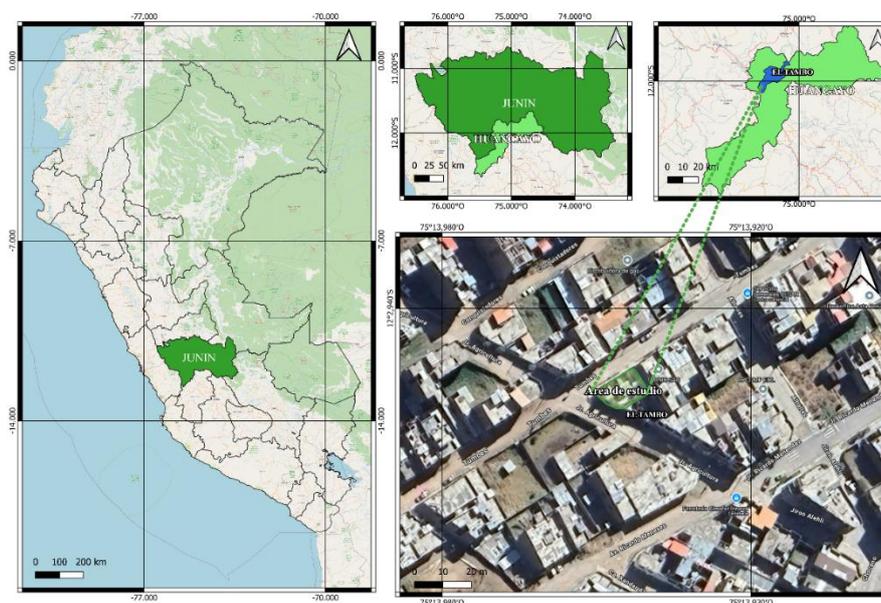


Imagen 3: Mapa de ubicación

Fuente: Procesado con QGIS

La población de este estudio estuvo compuesta por toda el agua de lluvia que se generó en la región donde se llevó a cabo la investigación. Según un análisis realizado a partir de los datos sin procesar obtenidos de SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), se estimó que la precipitación promedio anual de un periodo de 23 años en la zona fue de 707.5 mm con una temperatura de 12.1°C como se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5.

Datos Hidrometeorológicos procesados de la Estación Santa Ana de SENAMHI

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
PRECIPITACION (mm)	112,6	123,0	101,7	48,5	12,2	6,0	5,9	12,7	32,3	62,9	71,5	118,3	707,5
TEMPERATURA (°C)	13,0	12,9	12,6	12,2	11,5	10,3	10,0	11,1	12,2	13,0	13,3	13,2	12,1

Fuente: Procesamiento de Excel propio

Este cálculo permitió delimitar la cantidad de agua de lluvia disponible y contextualizar su aprovechamiento como recurso hídrico mediante sistemas de captación y tratamiento sustentable.

La muestra estuvo conformada por un total de 8 submuestras, que se dividieron en dos categorías principales según el tipo de análisis requerido. Las 4 submuestras destinadas a los análisis físicoquímicos fueron recolectadas en envases de 500 ml, mientras que las otras 4 submuestras para los análisis bacteriológicos se recolectaron en envases de 250 ml, de acuerdo con las especificaciones que indicó el laboratorio encargado de los estudios. Estas submuestras se utilizaron para evaluar los efectos de los tratamientos propuestos en distintos parámetros del agua recolectada en la fecha de 27 de octubre de 2024 con los respectivos envases teniendo en la **Imagen 4**.



Imagen 4. Envases respectivos entregados del laboratorio de DIRESA

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas e instrumentos

El desarrollo de la técnica será como observación debido a que en el presente trabajo se debe comparar los resultados debido que se observa el cambio del agua de lluvia y registrando los resultados para tener que realizar la descripción y la obtención de datos de la eficiencia del presente proyecto.

3.4.1.1. Obtención del extracto de la Moringa oleífera:

Para lograr realizar la extracción de la *Moringa oleífera* se debe desarrollar la disminución del producto principal donde se debe realizar la separación de cada componente para lograr la obtención del producto a usar donde se debe realizar los pasos que se dan en la imagen 5 donde se presenta los pasos a seguir para la obtención del producto final (3).

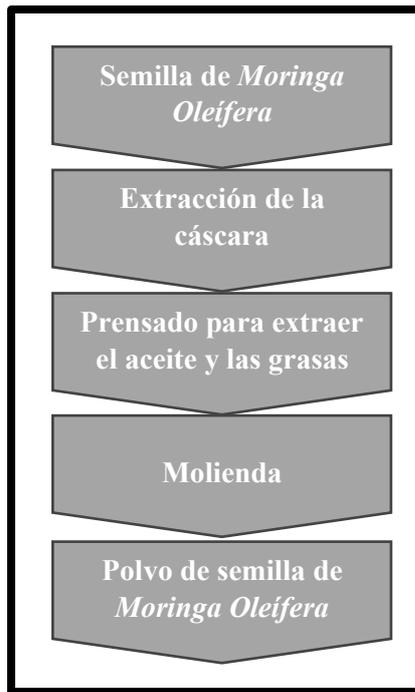


Imagen 5. Diagrama para la obtención del producto de la *Moringa oleífera*

Fuente: Uso del extracto de la semilla de *Moringa oleífera* (3)

3.4.1.2. Cálculo para el uso de la *Moringa oleífera* como coagulante natural:

Para el desarrollo del coagulante se tendrá que realizar con diversas concentraciones donde se debe realizar la preparación del agregado del extracto de la *Moringa oleífera* con agua y desarrollar una solución homogénea teniendo en cuenta la siguiente fórmula (3):

$$\%C = \frac{W}{V} \times 100\%$$

Donde:

C: concentración de la solución de coagulante natural (10 000 mg/1%)

W: peso del extracto de la *Moringa oleífera* en gr.

V: volumen del agua destilada en ml.

Para el desarrollo del cálculo de solución de coagulante natural para una cierta dosis se debe realizar el uso de la ecuación de balanceo de masa (3).

$$Q \times D = q \times C$$

Donde:

Q: Volumen del agua en las jarras (2l) en ml

D: Dosis de coagulante en mg/l

q: Volumen de la solución de coagulante en ml

C: Concentración en mg/l

3.4.1.3. Lista de cotejo

Debido que al momento de observar el fenómeno se debe realizar un registro de todo lo sucedido para que luego se pueda desarrollar un análisis siendo esta la información más importante durante la investigación para poder evaluar todo tipo de información relevante durante el proceso de investigación.

3.4.2. Materiales

Es fundamental conocer el coeficiente de escorrentía de los materiales utilizados en la construcción de sistemas de captación de agua de lluvia. Este coeficiente indica la capacidad de los materiales para facilitar el flujo de agua, un aspecto crucial para la eficiencia del sistema de recolección. Diferentes materiales presentan coeficientes de *escorrentía* variables, lo que puede afectar significativamente la cantidad de agua captada y su calidad.

Tabla 6.
Coefficientes de los materiales

Material	Coefficiente
Calamina metálica	0.9
Tejas de arcilla	0.8 – 0.9
Concreto	0.8 periodo de retorno de 25 años

Fuente: Diseño del sistema de captación de agua (19)

También se tendrá como insumo la *Moringa oleífera* y donde como uno de los mejores coagulantes naturales, para lograr la clarificación de diferentes tipos de agua a diversos grados de turbidez debido a su alto porcentaje de grasa y proteína como se presenta en la tabla 7, esto se debe a que llega a contener un compuesto

activo, caracterizado como péptido catiónico (9), llegando a ser usado en diferentes actividades también se tendrá el uso de los microorganismos eficaces teniendo en cuenta a este como remediador microbiológico:

Tabla 7.
Resultados de composición proximal

Descripción	Cantidad (%)
Humedad	5,70
Grasa	40,36
Proteínas	30,78
Cenizas	4,42
Carbohidratos	18,74

Fuente: Resultados obtenidos en composición proximal (23)

3.4.3. Procedimientos

Para lograr la evaluación de un tratamiento de aguas de lluvia eficiente se tomará en cuenta las “especificaciones técnicas de la captación de agua de lluvia para consumo humano” (28) llegando a tener la metodología de captación de lluvia, de esta manera logrando su uso correcto junto a sus respectivos filtros para retener todo tipo de partículas evaluándolo de manera correcta. La implementación de la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces se tendrá que implementar la dosis recomendada llegando a tomará muestras iniciales y finales para la identificación de cada parámetro que se medirá logrando identificar la eficiencia de tratamiento de aguas de lluvia. Los análisis de turbiedad y microbiológicos se realizaron en laboratorio certificado y el mismo laboratorio institucional, al culminar se desarrollará un reporte completo en diferentes días de la semana y obteniendo los resultados donde se llevará una comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

3.4.3.1. Etapa de Pre-campo

Se llevó a cabo la recopilación de materiales necesarios y la selección de la zona adecuada para la captación de agua de lluvia. Durante este proceso, se verificó minuciosamente que la zona seleccionada cumpliera con todas las condiciones óptimas para la recolección de agua. Este análisis incluyó la

identificación y eliminación de cualquier posible área que pudiera impedir la captación eficiente del agua durante la etapa de Pre-campo.

En primer lugar, se realizó un estudio detallado de la zona para asegurarnos de que no hubiera obstrucciones que pudieran afectar la caída y el flujo del agua de lluvia, que podrían influir en la captación.

Además, se seleccionaron los materiales para construir el captador, asegurándonos de que fueran duraderos y adecuados para las condiciones climáticas de la zona. Esto incluyó desde canaletas y tubos hasta los depósitos de almacenamiento de agua.

Finalmente, una vez identificada y preparada la zona adecuada, se implementaron las estructuras de captación de agua de lluvia, optimizando su diseño para maximizar la recolección y el uso eficiente del recurso hídrico. Este proyecto no solo tiene un impacto positivo en el abastecimiento de agua, sino que también promueve prácticas sostenibles y la conservación del medio ambiente.

3.4.3.2. Etapa de Campo

a. Construcción de captador de lluvia:

Se llevó a cabo la construcción del sistema de captación de agua de lluvia, utilizando principalmente lamina metálica como material base. Este material fue seleccionado debido a su alto coeficiente de escurrimiento, lo que significa que facilita el flujo del agua y minimiza las pérdidas. Durante el proceso de diseño y construcción, se consideró cuidadosamente el área total de la lamina metálica, ya que una mayor superficie contribuye a una mayor captación de agua de lluvia.



Imagen 6. Construcción del captador de lluvia

El proyecto comenzó con la planificación detallada del tamaño y la ubicación del captador de lluvia. El objetivo era maximizar la eficiencia del sistema y asegurar que pudiera recolectar la mayor cantidad de agua posible.



Imagen 7. Instalación del recipiente para la captación del agua de lluvia

b. Captación de agua de lluvia:

Para desarrollar la captación de agua de lluvia, se implementará un proceso de recolección exhaustivo. En el marco del trabajo de investigación, se identificará la contaminación presente en el agua de lluvia en el momento de su captación. Para ello, se decidió realizar la captación sin ninguna intervención inicial, permitiendo así evaluar de manera natural la cantidad de microorganismos y la turbidez del agua.

El objetivo principal es analizar las características del agua de lluvia en su estado original, sin alteraciones. Durante esta fase, se recolectarán muestras de agua en distintos momentos y condiciones meteorológicas para tener una visión completa del nivel de contaminación. Estas muestras se analizarán para detectar la presencia de microorganismos, partículas en suspensión y cualquier otro tipo de contaminante, se llevará a cabo una comparación detallada de los resultados obtenidos, una vez concluida la etapa de experimentación. Esta comparativa permitirá identificar las variaciones en la calidad del agua y establecer las condiciones más comunes que afectan su pureza. A partir de estos resultados, se podrán diseñar y aplicar métodos efectivos de tratamiento del agua, garantizando su adecuación para diversos usos.



Imagen 8. Agua de lluvia recolectada

3.4.3.3. Etapa de Experimentación.

a. Obtención del coagulante de la Moringa oleífera:

Para la obtención del coagulante de la *Moringa oleífera*, se debe seguir un proceso donde primero, se deben pelar las semillas de *Moringa oleífera* para eliminar la cáscara. Una vez peladas, se procede a separar las grasas de los residuos, ya que las semillas contienen aproximadamente un 40% de grasa que no tiene propiedad floculante (3), las semillas peladas se muelen y se mezclan con agua destilada. Esta mezcla se agita vigorosamente para extraer

la mayor cantidad posible de aceite y lípidos. El proceso de agitación junto con el uso de agua destilada ayuda a separar eficientemente las grasas no deseadas, dejando un producto más puro para la siguiente etapa.



Imagen 9. Obtención del coagulante de la *Moringa oleifera*

Una vez culminada la extracción de aceite, se observa que el producto ha adquirido una consistencia lechosa. Este líquido lechoso de *Moringa oleifera* es el resultado de la extracción, y en esta forma, contiene la propiedad floculante deseada. Es en este punto donde el producto está listo para ser utilizado como coagulante en procesos de purificación de agua y otros usos.

b. Obtención de microorganismos eficaces:

Para la obtención de microorganismos eficaces se llegó a verificar diversos laboratorios donde se debe tener en cuenta la cantidad exacta y tener en cuenta la mezcla de cada microorganismo de esa manera poder identificar

la eficiencia de dicho componente, debido que en diversos artículos mencionan que es bueno realizando el tratamiento de agua, pero no existe estudios que lleguen a comprobar dicha hipótesis.



Imagen 10. Microorganismos eficaces

c. Tratamiento de agua de lluvia

Para lograr un tratamiento eficaz del agua de lluvia, se consideró cuidadosamente la concentración de líquido de *Moringa oleifera* que se añadirá al agua de lluvia. La correcta dosificación es crucial, ya que esta sustancia actúa como floculante, ayudando a agrupar las partículas suspendidas para facilitar su sedimentación. Además, se tuvo en cuenta la cantidad, la velocidad de rotación y el reposo de la mezcla, un factor importante para asegurar una sedimentación óptima del floculante, donde se tomó en cuenta las concentraciones respectivas para cada tipo de muestra siendo antes y después con cada respectivo insumo donde fue un total de 4 muestras:

Tabla 8.
Concentraciones para cada tipo de muestras realizadas

Muestras	Tipo de muestra	Concentración <i>Moringa oleífera</i> (%)	Concentración EM1 (%)
1	Agua de lluvia	0	0
2	Agua de lluvia y <i>Moringa oleífera</i>	3.85	0
3	Agua de lluvia y EM1	0	4.76
4	Agua de lluvia, <i>Moringa oleífera</i> y EM1	3.67	4.56

Una vez que se completó el proceso de sedimentación, se procedió a la inclusión de microorganismos eficaces en el agua tratada. Estos microorganismos son esenciales para realizar un tratamiento microbiológico, descomponiendo los contaminantes orgánicos y eliminando patógenos. Este paso complementa el proceso físico de floculación, asegurando que el agua resultante sea más pura y segura para su uso.



Imagen 11. Muestras por cada tipo de tratamiento en envase respectivo

d. Etapa de Laboratorio

Se llevó a cabo el envío de muestras de agua de lluvia tanto antes de ser tratadas como después del tratamiento con *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces. El objetivo de este procedimiento fue verificar la diferencia en los contaminantes presentes en el agua antes y después del tratamiento. Este análisis comparativo permitió obtener diversos resultados, los cuales fueron procesados y organizados en cuadros estadísticos para diferenciar la influencia de cada insumo utilizado en el tratamiento.

Para asegurar la validez de los resultados, las muestras se enviaron a un laboratorio reconocido, específicamente a la Dirección Regional de Salud (DIRESA) de Junín, donde se realizó el proceso administrativo correspondiente. En el laboratorio, se realizaron análisis detallados para identificar los niveles de contaminantes, incluyendo microorganismos patógenos y otras sustancias no deseadas donde en la imagen 12 se logra verificar el paso de la etapa de laboratorio en el análisis bacteriológico por cada muestra de agua de lluvia con su respectivo tratamiento.

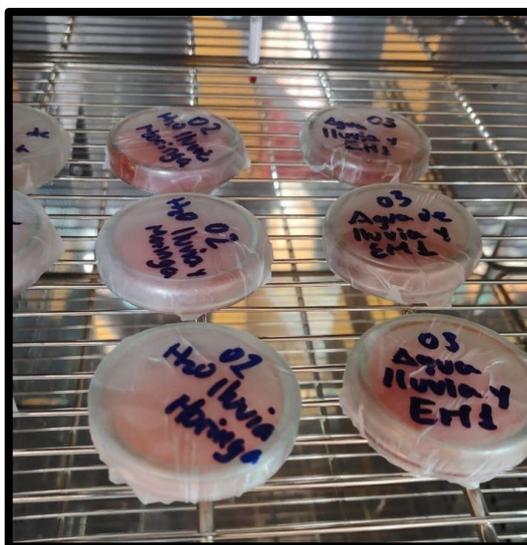


Imagen 12. Análisis bacteriológico de las muestras de agua de lluvia

e. Métodos utilizados para el análisis bacteriológico

El método utilizado en el análisis bacteriológico del agua de lluvia se basó en las normas técnicas peruanas (NTP) específicas para garantizar la

seguridad y calidad del agua destinada al consumo humano. En particular, se emplearon dos métodos estandarizados:

NTP 214.031-2001: Este método se centra en la detección y recuento de coliformes totales mediante el uso del Método del Filtro de Membrana. Los coliformes totales son indicadores importantes de la calidad microbiológica del agua, ya que su presencia puede señalar la contaminación fecal y la posible presencia de otros patógenos. Este método consiste en filtrar una muestra de agua a través de una membrana que retiene los microorganismos presentes. La membrana se incuba en un medio de cultivo adecuado, y después de un período de incubación, se cuenta el número de colonias de coliformes que se han desarrollado.

NTP 214.32: Este método se enfoca en la detección y recuento de coliformes termotolerantes, también conocidos como coliformes fecales, utilizando igualmente el Método del Filtro de Membrana. Los coliformes termotolerantes son una subcategoría de coliformes totales que pueden crecer a temperaturas elevadas y son más específicos en indicar la contaminación fecal reciente en el agua. Similar al método anterior, la muestra de agua se filtra y la membrana se incuba en un medio de cultivo, pero a una temperatura más alta para favorecer el crecimiento de estos organismos específicos.

El uso de estos métodos permite una evaluación precisa y confiable de la calidad bacteriológica del agua de lluvia, asegurando que se cumplen los estándares necesarios para su consumo humano. Estos análisis son cruciales para identificar posibles riesgos para la salud y para implementar medidas correctivas que garanticen la seguridad del agua que se proporciona a la población.

f. *Métodos utilizados para el análisis físico-químico de agua de lluvia*

Por otro lado, el análisis físico-químico incluyó la medición de parámetros como pH, conductividad eléctrica, turbidez y la presencia de contaminantes químicos específicos. Estos análisis proporcionaron información crucial

sobre la calidad del agua de lluvia, tanto en su estado natural como después de haber sido tratada con los insumos correspondientes.

Cada tipo de análisis se realizó utilizando muestras tanto con adición de insumos específicos como sin ellos, es decir, se analizaron muestras de agua de lluvia en su estado natural y tratadas. Esta metodología permitió comparar los efectos de los tratamientos aplicados y evaluar su eficacia en la mejora de la calidad del agua.

g. Etapa de Gabinete

En la etapa de gabinete, se tomaron en cuenta los datos recopilados durante la fase de muestreo. Cada dato que se llegó a procesar e ingresar en el software EXCEL, lo que permitió gestionar los gráficos correspondientes y visualizar los resultados de manera clara y precisa. Esta gestión de datos facilitó la verificación de la eficiencia del proyecto y la evaluación de la hipótesis planteada en el trabajo de investigación.

Este análisis es crucial, ya que se realiza conforme a los estándares de calidad ambiental del agua, permitiendo verificar la influencia de la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces en el agua de lluvia. El uso de EXCEL llegando a agilizar el proceso, que también proporcionó una plataforma robusta para realizar comparaciones detalladas y observar tendencias significativas en los datos. La etapa de gabinete llega a ser fundamental para interpretar correctamente los resultados obtenidos en el laboratorio y asegurarse de que todas las conclusiones sean precisas y estén basadas en datos fiables. Además, permite identificar áreas de mejora y ajustar las metodologías utilizadas en futuras investigaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

Para obtener resultados específicos, se enviaron las muestras de agua de lluvia a un laboratorio de la Dirección Regional de Salud de Junín. Se realizaron los trámites correspondientes para asegurar que los análisis fueran precisos y confiables. En total, se enviaron 8 muestras de agua de lluvia para su evaluación. De estas, 4 muestras se destinaron al análisis bacteriológico y las otras 4 al análisis físico-químico.

4.1.1. Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico se centró en la identificación y cuantificación de microorganismos presentes en el agua. Este análisis permitió evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados en reducir la carga microbiana del agua de lluvia. Los resultados detallados de estas 4 muestras de análisis bacteriológico se presentan en la **Tabla 9**.

Tabla 9.

Resultados de las muestras de análisis bacteriológico

Tipo de Muestra	Coliformes totales UFC/100 mL	Coliformes termo tolerantes UFC/100 mL
Agua de lluvia	0	0
Agua de lluvia y <i>Moringa oleífera</i>	0	0
Agua de lluvia y Microorganismos eficaces	0	0
Agua de lluvia, <i>Moringa oleífera</i> y Microorganismos eficaces	0	0

Fuente: Resultados de laboratorio

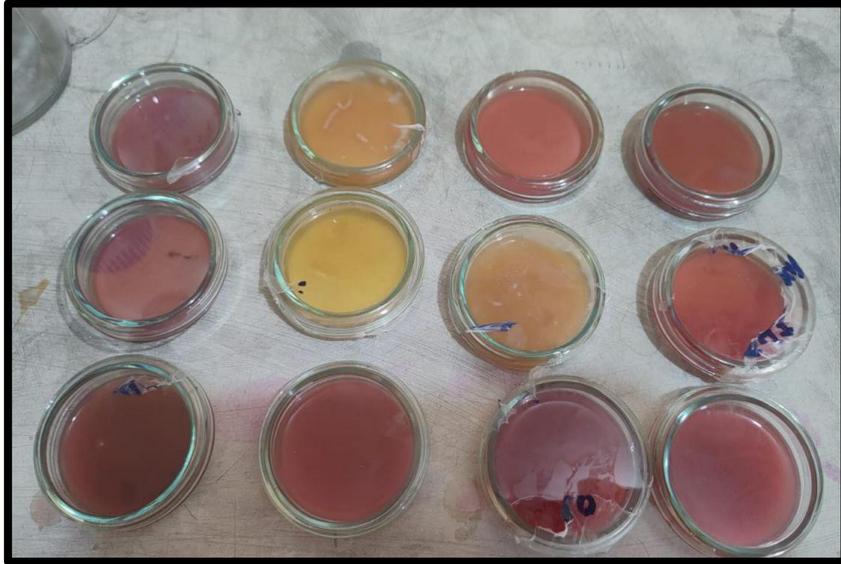


Imagen 13. Resultados bacteriológicos del análisis bacteriológico
Fuente: Resultados de laboratorio

Los resultados obtenidos del análisis bacteriológico revelan que el agua de lluvia analizada no contiene coliformes totales ni coliformes termotolerantes como se observa en la imagen 13. Este hallazgo se atribuye a la recolección del agua de lluvia en condiciones adecuadas, sin contaminación, lo que garantiza la pureza del agua recogida. En general, el agua de lluvia no suele contener microorganismos contaminantes si se maneja correctamente. (29)

La recolección del agua se realizó utilizando sistemas de captación limpios, asegurando que no hubiera contacto con superficies contaminadas ni exposición prolongada a condiciones que pudieran introducir patógenos. Además, es relevante mencionar que el agua de lluvia no se almacenó durante largos periodos, lo que podría haber favorecido el crecimiento de microorganismos. En lugar de eso, el agua se recolectó de manera continua a medida que caía, lo que ayudó a mantener su calidad. (29)

Las medidas preventivas, como la limpieza regular de las superficies de captación y el uso de materiales no porosos, contribuyeron a evitar la acumulación de desechos y la proliferación de microorganismos.

Estos resultados destacan la importancia de implementar prácticas adecuadas de recolección y manejo del agua de lluvia para garantizar su calidad. La ausencia de

coliformes totales y coliformes termotolerantes valida la eficacia de los métodos empleados y refuerza la viabilidad del uso del agua de lluvia como recurso seguro, siempre que se sigan procedimientos adecuados.

Además, los resultados demuestran que los insumos utilizados no afectan ni introducen coliformes en el agua de lluvia. En las cuatro muestras analizadas, tanto aquellas tratadas con microorganismos eficaces como con la *Moringa oleifera*, no se detectó contaminación microbiológica. Esto confirma que los tratamientos aplicados no solo son efectivos, sino que también son seguros desde el punto de vista microbiológico donde los resultados obtenidos de esta investigación aportan una valiosa evidencia de que los tratamientos con la *Moringa oleifera* y microorganismos eficaces pueden ser implementados de manera segura, sin riesgo de introducir contaminantes microbiológicos en el agua de lluvia recolectada.

4.1.2. Análisis físico-químico de agua de lluvia

Los resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua de lluvia reflejan parámetros fundamentales que permiten evaluar su calidad en estado natural. En la **Tabla 10.** se presentan valores clave como el pH, la turbidez, la conductividad eléctrica y la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos, destacándose aspectos críticos como la posible presencia de contaminantes disueltos y sólidos en suspensión. Estos indicadores no solo describen las características iniciales del agua recolectada, sino que también son esenciales para identificar limitaciones que podrían requerir tratamientos adicionales.

Tabla 10.

Resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia y comparación de los ECA de agua sub categoría A1

Parámetros físicos	Resultados de agua de lluvia	ECA de agua Subcategoría A1
Aspecto	Cristalino	No aplica
PH	7.80	6,5 – 8,5
Conductividad	388 uS/cm	1500 uS/cm
Turbiedad	2.3 UNT	5 UNT
Parámetros químicos	Resultado	-----

Alcalinidad Total (CaCO₃)	14.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Total (CaCO₃)	17.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Cálctica (CaCO₃)	61.00 mg/l	500 mg/l
Cloruros (Cl)	229.00 mg/l	250 mg/l
Sulfato (SO₄=)	13.00 mg/l	250 mg/l
Nitratos (N-NO₃)	1.60 mg/l	50 mg/l
Calcio (Ca)	<10 mg/l	No aplica
Magnesio (Mg)	<5 mg/l	No aplica
Hierro (Fe)	0.08	No aplica
Zinc (Zn)	0.04	No aplica

Fuente: Resultados de laboratorio

Según el análisis de agua llega a indicar que la turbiedad del agua de lluvia se midió en 2.3 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), lo que indica el nivel de claridad del agua y la presencia de partículas en suspensión que pueden afectar la potabilidad del agua; una baja turbiedad sugiere una menor presencia de material particulado, lo cual es deseable para la calidad del agua. El pH del agua de lluvia fue de 7.80, lo que sugiere que el agua es ligeramente alcalina. El pH es crucial para determinar la acidez o alcalinidad del agua, y un valor cercano a 7 es considerado neutro; un pH dentro de este rango asegura que el agua es adecuada para el consumo humano y otros usos, siendo esencial para mantener la estabilidad química del agua y su compatibilidad con diferentes aplicaciones (30). La conductividad eléctrica del agua se registró en 388 microsiemens por centímetro (uS/cm), un parámetro que mide la capacidad del agua para conducir electricidad, dependiente de la concentración de iones disueltos. Valores elevados de conductividad pueden indicar una mayor presencia de minerales y sales disueltas, influyendo en la calidad del agua y su idoneidad para diversos usos. La dureza cálcica se reportó en 61 miligramos por litro (mg/l), una medida de la concentración de iones de calcio y magnesio; un valor moderado de dureza cálcica puede afectar tanto el sabor del agua como su interacción con detergentes y jabones, además de tener implicaciones para la formación de incrustaciones en tuberías y equipos. Finalmente, la concentración de cloruros en el agua de lluvia fue de 229 mg/l, un indicador de la salinidad del agua. Aunque en concentraciones moderadas los cloruros no suelen

ser problemáticos, niveles elevados pueden afectar el sabor del agua y aumentar su corrosividad (31). Es importante monitorear los niveles de cloruros para asegurar que el agua se mantenga dentro de los límites aceptables para su consumo y uso industrial. Este análisis proporciona una evaluación integral de la calidad del agua de lluvia recolectada sin tratamiento alguno, sirviendo como referencia para futuras comparaciones y análisis de la efectividad de diferentes tratamientos aplicados (31).

También en el la muestra 1, se realizó una comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua correspondientes a la subcategoría A1, la cual evalúa parámetros físico-químicos que permiten la potabilización mediante desinfección, sin necesidad de tratamientos avanzados. Según lo presentado en la tabla 10, se identificaron cinco parámetros que no son aplicables a la categoría A, ya que estos están relacionados únicamente con la mineralización normal del agua (11). Estos parámetros se analizan y comparan en detalle con los establecidos en los ECAs, tal como se muestra en las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20, proporcionando una perspectiva integral sobre cómo se alinean con los estándares actuales y su influencia en la calidad del agua de lluvia tratada.

En la **Tabla 11**, se presentan los resultados del análisis del agua de lluvia con la adición de *Moringa oleífera*, permitiendo verificar las diferencias en los parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento con esta planta. Esta comparación evidencia cambios significativos en la calidad del agua, destacando la efectividad del tratamiento. Mediante esta tabla, se puede observar una clara mejora en los parámetros analizados, demostrando que el uso de *Moringa oleífera* es una opción viable para el tratamiento de agua de lluvia, comparado con el estado inicial del agua sin tratar.

Tabla 11.

Comparación de resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia y agua de lluvia con Moringa oleífera comparación de los ECA de agua sub categoría A1

Parámetros físicos	Resultados de agua de lluvia con <i>Moringa oleífera</i>	Resultados de agua de lluvia	ECA de agua Subcategoría A1
Aspecto	Cristalino	Cristalino	No aplica
PH	6.43	7.80	6,5 – 8,5

Conductividad	293 uS/cm	388 uS/cm	1500 uS/cm
Turbiedad	1.1 UNT	2.3 UNT	5 UNT
Parámetros químicos	Resultado	Resultado	-----
Alcalinidad Total (CaCO₃)	11.00 mg/l	14.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Total (CaCO₃)	26.00 mg/l	17.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Cálcica (CaCO₃)	61.00 mg/l	61.00 mg/l	500 mg/l
Cloruros (Cl)	165.00 mg/l	229.00 mg/l	250 mg/l
Sulfato (SO₄⁼)	12.00 mg/l	13.00 mg/l	250 mg/l
Nitratos (N-NO₃)	1.40 mg/l	1.60 mg/l	50 mg/l
Calcio (Ca)	<10 mg/l	<10 mg/l	No aplica
Magnesio (Mg)	<5 mg/l	<5 mg/l	No aplica
Hierro (Fe)	0.08	0.08	No aplica
Zinc (Zn)	0.02	0.04	No aplica

Fuente: Resultados de laboratorio

Según el análisis comparativo del agua de lluvia, se evaluaron las muestras con y sin la adición de *Moringa oleífera* para determinar las diferencias en varios parámetros de calidad del agua. Se logro observar que la turbiedad del agua de lluvia, se midió en 2.3 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) en la muestra sin *Moringa oleífera*, mientras que en la muestra tratada con *Moringa oleífera* la turbiedad fue significativamente menor, con un valor de 1.1 UNT. Esta reducción indica una mayor eficacia del tratamiento con *Moringa oleífera* en la eliminación de partículas en suspensión.

El pH del agua de lluvia fue de 7.80 en la muestra sin *Moringa oleífera*, lo que sugiere que el agua era ligeramente alcalina. Sin embargo, tras el tratamiento con *Moringa oleífera*, el pH disminuyó a 6.43, acercándose a un rango más neutro, lo cual puede ser beneficioso para ciertas aplicaciones del agua.

La conductividad eléctrica, que mide la capacidad del agua para conducir electricidad y depende de la concentración de iones disueltos, se registró en 388 microsiemens por centímetro (uS/cm) en la muestra sin *Moringa oleífera*. En la

muestra tratada, la conductividad disminuyó a 293 uS/cm, indicando una reducción en la cantidad de minerales y sales disueltas en el agua.

La dureza total del agua, que refleja la concentración de iones de calcio y magnesio, fue de 17 miligramos por litro (mg/l) en la muestra sin *Moringa oleífera*. Después del tratamiento, la dureza aumentó a 26 mg/l, lo que sugiere que el tratamiento con *Moringa oleífera* puede influir en la concentración de estos minerales.

Finalmente, la concentración de cloruros en el agua de lluvia fue de 229 mg/l en la muestra sin *Moringa oleífera*, mientras que en la muestra con *Moringa oleífera* disminuyó a 165 mg/l. Esta reducción es importante ya que niveles elevados de cloruros pueden afectar el sabor del agua y su corrosividad.

Estos resultados indican que la adición de *Moringa oleífera* no solo mejora la claridad del agua de lluvia y reduce la turbiedad, sino que también tiene un impacto positivo en varios parámetros de calidad del agua, haciéndola más adecuada para el consumo y otros usos ya sea para un uso agrícola.

En el caso de la muestra 2, se realizó un análisis comparativo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua correspondientes a la subcategoría A1, que contempla parámetros físico-químicos que permiten la potabilización únicamente mediante desinfección, sin necesidad de tratamientos avanzados. Tal como se detalla en la tabla 11, se identificaron cinco parámetros que no aplican a la categoría A, ya que están asociados exclusivamente a la mineralización normal del agua (11). Estos parámetros se analizaron en profundidad y se compararon con los estándares establecidos en los ECAs, como se muestra en las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20, ofreciendo un enfoque detallado sobre su alineación con los criterios actuales y su impacto en la calidad del agua tratada con *Moringa oleífera*.

En la **Tabla 12**, se presentan los resultados del análisis del agua de lluvia tras la adición de microorganismos eficaces, permitiendo verificar las diferencias en los parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento con estos microorganismos. Los microorganismos eficaces son una mezcla de bacterias y otros microorganismos beneficiosos que se utilizan para mejorar la calidad del agua mediante procesos biológicos de descomposición y estabilización de materia orgánica (10).

La comparación de los resultados entre el agua tratada con microorganismos eficaces y el agua sin tratar muestra diferencias significativas en varios parámetros de la calidad del agua.

Tabla 12.

Comparación de resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia y agua de lluvia con Microorganismos eficaces comparación de los ECA de agua sub categoría A1

Parámetros físicos	Resultados de agua de lluvia con Microorganismos eficaces	Resultados de agua de lluvia	ECA de agua Subcategoría A1
Aspecto	Cristalino	Cristalino	No aplica
PH	4.39	7.80	6,5 – 8,5
Conductividad	1121 uS/cm	388 uS/cm	1500 uS/cm
Turbiedad	73.7 UNT	2.3 UNT	5 UNT
Parámetros químicos	Resultado	Resultado	-----
Alcalinidad Total (CaCO₃)	9.00 mg/l	14.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Total (CaCO₃)	141.00 mg/l	17.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Cálcica (CaCO₃)	61.00 mg/l	61.00 mg/l	500 mg/l
Cloruros (Cl)	160.00 mg/l	229.00 mg/l	250 mg/l
Sulfato (SO₄=)	128.00 mg/l	13.00 mg/l	250 mg/l
Nitratos (N-NO₃)	8.60 mg/l	1.60 mg/l	50 mg/l
Calcio (Ca)	<10 mg/l	<10 mg/l	No aplica
Magnesio (Mg)	<5 mg/l	<5 mg/l	No aplica
Hierro (Fe)	0.08	0.08	No aplica
Zinc (Zn)	0.00	0.04	No aplica

Fuente: Resultados de laboratorio

Según el análisis del agua de lluvia, se realizó una comparación entre las muestras sin la adición de microorganismos eficaces y las muestras tratadas con estos microorganismos. Los resultados mostraron diferencias significativas en varios parámetros de calidad del agua.

La turbiedad del agua de lluvia se midió en 2.3 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) en las muestras sin microorganismos eficaces, mientras que en las muestras tratadas con microorganismos eficaces la turbiedad aumentó considerablemente a 73.7 UNT. Este incremento indica una mayor presencia de partículas en suspensión en el agua tratada, posiblemente debido a la actividad de los microorganismos.

El pH del agua de lluvia fue de 7.80 en las muestras sin tratamiento, lo que sugiere que el agua era ligeramente alcalina. Sin embargo, en las muestras tratadas con microorganismos eficaces, el pH disminuyó significativamente a 4.39, lo que indica un aumento en la acidez del agua.

La conductividad eléctrica del agua, que mide la capacidad del agua para conducir electricidad y depende de la concentración de iones disueltos, se registró en 388 microsiemens por centímetro (uS/cm) en las muestras sin tratamiento. En contraste, las muestras tratadas con microorganismos eficaces mostraron un incremento sustancial en la conductividad, alcanzando 1121 uS/cm. Esto sugiere una mayor concentración de minerales y sales disueltas en el agua tratada.

La dureza total del agua, que refleja la concentración de iones de calcio y magnesio, se reportó en 17 miligramos por litro (mg/l) en las muestras sin tratamiento. Después de la adición de microorganismos eficaces, la dureza total aumentó significativamente a 141 mg/l, indicando un incremento en estos minerales.

La concentración de cloruros en el agua de lluvia fue de 229 mg/l en las muestras sin tratamiento, mientras que en las muestras tratadas con microorganismos eficaces se redujo a 160 mg/l. Esta disminución es beneficiosa ya que los niveles elevados de cloruros pueden afectar el sabor del agua y aumentar su corrosividad.

Por último, los niveles de nitratos en el agua de lluvia fueron de 1.60 mg/l en las muestras sin tratamiento y aumentaron a 8.60 mg/l en las muestras tratadas con microorganismos eficaces. Un aumento en los nitratos puede ser indicativo de procesos biológicos activos que transforman los compuestos nitrogenados en el agua.

Estos resultados proporcionan una evaluación detallada de cómo los microorganismos eficaces influyen en los parámetros de calidad del agua de lluvia, destacando tanto las mejoras como las posibles preocupaciones que debe tomarse

en cuenta ante un tratamiento, debido que se llega a realizar un incremento de parámetros donde puede incrementar la turbiedad y la conductividad eléctrica debido a la actividad biológica y la descomposición de materia orgánica. Estos cambios pueden hacer que el agua no sea apta para el consumo sin un tratamiento adicional.

En el caso de la muestra 3, se llevó a cabo una comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua dentro de la subcategoría A1, que considera parámetros físico-químicos adecuados para la potabilización mediante desinfección, sin requerir tratamientos avanzados. Según lo indicado en la tabla 12, se identificaron cinco parámetros que no aplican para la categoría A, ya que están vinculados únicamente con la mineralización normal del agua (11). Estos parámetros fueron examinados a detalle y contrastados con los valores establecidos en los ECAs, tal como se presenta en las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20. Este análisis permite resaltar cómo los tratamientos con microorganismos eficaces influyen en estos parámetros y cómo se alinean con los estándares existentes, destacando su impacto en la calidad mineral del agua tratada.

En la **Tabla 13**, se presentan los resultados del análisis del agua de lluvia tras la adición de microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, permitiendo verificar las diferencias en los parámetros de calidad del agua antes y después del tratamiento con este tipo de tratamiento donde se realizará el aprovechamiento de las propiedades sinérgicas de ambos elementos y junto a la muestra del agua de lluvia y microorganismos eficaces.

Tabla 13.

Comparación de resultados de las muestras de análisis Físico-químicos de agua de lluvia, agua de lluvia con microorganismos eficaces agua de lluvia con Microorganismos eficaces y Moringa oleífera comparación de los ECA de agua sub categoría A1

Parámetros físicos	Resultados de agua de lluvia con Microorganismos eficaces	Resultados de agua de lluvia con Microorganismos eficaces y Moringa oleífera	Resultados de agua de lluvia	ECA de agua Subcategoría A1
Aspecto	Cristalino	Cristalino	Cristalino	No aplica

PH	4.39	4.27	7.80	6,5 – 8,5
Conductividad	1121 uS/cm	1024 uS/cm	388 uS/cm	1500 uS/cm
Turbiedad	73.7 UNT	27.7 UNT	2.3 UNT	5 UNT
Parámetros químicos	Resultado	Resultado	Resultado	-----
Alcalinidad Total (CaCO₃)	9.00 mg/l	11.00 mg/l	14.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Total (CaCO₃)	141.00 mg/l	156.00 mg/l	17.00 mg/l	500 mg/l
Dureza Cálcica (CaCO₃)	61.00 mg/l	61.00 mg/l	61.00 mg/l	500 mg/l
Cloruros (Cl)	160.00 mg/l	101.00 mg/l	229.00 mg/l	250 mg/l
Sulfato (SO₄⁼)	128.00 mg/l	110.00 mg/l	13.00 mg/l	250 mg/l
Nitratos (N-NO₃)	8.60 mg/l	6.60 mg/l	1.60 mg/l	50 mg/l
Calcio (Ca)	42 mg/l	46 mg/l	<10 mg/l	No aplica
Magnesio (Mg)	10 mg/l	11 mg/l	<5 mg/l	No aplica
Hierro (Fe)	0.08	0.08	0.08	No aplica
Zinc (Zn)	0.00	0.00	0.04	No aplica

Fuente: Resultados de laboratorio

Continuando con el análisis del agua de lluvia, se realizó una comparación detallada entre tres tipos de muestras: aquellas sin adición de microorganismos eficaces, las tratadas solo con microorganismos eficaces y las tratadas con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*. Para ello, se tuvieron en cuenta los resultados respectivos de cada muestra, utilizando como referencia el agua de lluvia sin ningún tipo de adición.

Los parámetros evaluados incluyeron la turbiedad, el pH, la conductividad eléctrica, la dureza total, la concentración de cloruros y los niveles de nitratos y calcio. Estos análisis permitieron observar variaciones significativas en las propiedades del agua en función del tratamiento aplicado.

En las muestras sin tratamiento, se obtuvieron valores base que sirvieron como punto de comparación. Al adicionar microorganismos eficaces, se observaron cambios notables en los diferentes parámetros medidos. Además, la incorporación de *Moringa oleífera* junto con los microorganismos eficaces demostró efectos adicionales en la calidad del agua, resaltando la eficacia de este tratamiento combinado llegando a presentar los datos de cada parámetro donde se llegó a

comenzar con la turbiedad del agua de lluvia se midió en 2.3 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) en las muestras sin microorganismos eficaces. En contraste, en las muestras tratadas con microorganismos eficaces, la turbiedad aumentó considerablemente a 73.7 UNT. Sin embargo, al mezclar con la *Moringa oleífera*, la turbiedad disminuyó a 27.7 UNT. Estos resultados indican que, aunque los microorganismos eficaces incrementan la turbiedad, la adición de semilla de *Moringa oleífera* puede mitigar este efecto, mejorando la claridad del agua.

El pH del agua de lluvia fue de 7.80 en las muestras sin tratamiento, lo que refleja su condición inicial en estado natural. Con la adición de microorganismos eficaces, este valor descendió notablemente a 4.39, indicando una acidificación significativa como resultado de su actividad biológica. Sin embargo, al incorporar *Moringa oleífera* al proceso, el pH se redujo ligeramente a 4.27, lo que sugiere que, en lugar de amortiguar la acidez generada por los microorganismos eficaces, la *Moringa* contribuye a intensificar este efecto ácido (32). Este comportamiento resalta la interacción química entre ambos tratamientos y su impacto en la calidad del agua, destacando la necesidad de ajustar su dosificación o combinación según el uso previsto.

La conductividad eléctrica del agua se registró inicialmente en 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras sin tratamiento. Tras tratar con microorganismos eficaces, la conductividad aumentó significativamente a 1121 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No obstante, al incorporar la *Moringa oleífera*, se redujo a 1024 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este cambio en la conductividad indica que los microorganismos eficaces aumentan la concentración de iones en el agua, mientras que la *Moringa oleífera* puede reducir esta concentración ligeramente.

La dureza total del agua fue de 17 mg/l en las muestras sin tratamiento. Después de adicionar los microorganismos eficaces, la dureza aumentó a 141 mg/l. Al incrementar la *Moringa oleífera*, se alcanzó un valor de 156 mg/l. La adición de microorganismos y *Moringa oleífera* parece incrementar la cantidad de minerales disueltos, aumentando así la dureza del agua.

La concentración de cloruros en el agua de lluvia sin tratamiento se registró en 229 mg/l. Con el tratamiento de microorganismos eficaces, se obtuvo una concentración de 160 mg/l. Sin embargo, al aumentar la *Moringa oleífera*, los niveles

disminuyeron a 101 mg/l. Esto sugiere que tanto los microorganismos eficaces como la *Moringa oleífera* pueden reducir la concentración de cloruros en el agua, mejorando su calidad.

Finalmente, La concentración de nitratos en el agua de lluvia fue de 1.60 mg/l en las muestras sin tratamiento. Con la incorporación de microorganismos eficaces, los niveles de nitratos se incrementaron a 8.60 mg/l. Al añadir *Moringa oleífera*, los niveles de nitratos descendieron a 6.60 mg/l. Aunque los microorganismos eficaces aumentan los niveles de nitratos, la *Moringa oleífera* puede ayudar a reducirlos nuevamente. Además, se observó que el nivel de calcio en el agua de lluvia fue de menos de 10 mg/l sin tratamiento. Con microorganismos eficaces, el nivel de calcio alcanzó 42 mg/l, y al aumentar la *Moringa oleífera*, se incrementó a 46 mg/l. La adición de microorganismos eficaces y *Moringa oleífera* parece incrementar significativamente el nivel de calcio en el agua.

Estos resultados subrayan la importancia de evaluar diferentes métodos de tratamiento del agua de lluvia para mejorar su calidad. La utilización combinada de microorganismos eficaces y semilla de moringa muestra una capacidad prometedora para ajustar diversos parámetros del agua, proporcionando una solución potencialmente efectiva para la gestión sostenible de recursos hídricos. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que ciertos parámetros pueden aumentar a niveles que no sean adecuados para el consumo humano. Además, la combinación de microorganismos eficaces y *Moringa oleífera* podría tener aplicaciones más allá del consumo humano, como en la agricultura y la gestión de recursos hídricos en áreas rurales, donde el tratamiento y la reutilización del agua de lluvia pueden ser cruciales para el desarrollo sostenible. La investigación en este campo puede ofrecer soluciones innovadoras y de bajo costo para mejorar la calidad del agua, beneficiando tanto a las comunidades como al medio ambiente.

Para la muestra 4, se realizó un análisis comparativo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua para la subcategoría A1, que abarca parámetros físico-químicos aptos para la potabilización a través de desinfección, sin requerir tratamientos avanzados. Como se detalla en la tabla 13, se identificaron cinco parámetros que no son aplicables a la categoría A, ya que están relacionados exclusivamente con la mineralización normal del agua (11). Estos parámetros fueron evaluados y comparados con los valores definidos en los ECA, según se

presenta en las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20. Este análisis también destaca cómo la combinación de microorganismos eficaces y *Moringa oleifera* influye en estos parámetros, potenciando la mineralización y mostrando una alineación parcial con los estándares establecidos para la calidad del agua.

4.2. Prueba de hipótesis

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis, se realizará una comparación de los datos obtenidos en laboratorio con los estándares de calidad de agua establecidos por las Estándares de Calidad Ambiental de Agua (ECA). Esta comparación se centrará en responder a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influyen la *Moringa oleifera* y los microorganismos eficaces en la biorremediación de los contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024?

4.2.1. Análisis bacteriológico

En tabla presentada, se muestra una tabla que considera los estándares de calidad del agua en la subcategoría A1. Este está tabla se enfoca en la calidad del agua de lluvia y la ausencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes. La falta de estos microorganismos sugiere que el agua de lluvia cumple con los requisitos para un tratamiento de desinfección simple. Para considerar un tratamiento convencional o avanzado, la muestra bacteriológica debería presentar una cantidad mayor a 2000 NMP/100 ml. Este umbral es crucial, ya que un mayor nivel de contaminación requeriría métodos de tratamiento más intensivos para asegurar la potabilidad del agua. Sin embargo, los resultados obtenidos en el estudio muestran niveles de contaminación que se expresan en UFC/100 ml. Esta unidad de medida se debe a la metodología empleada, que difiere de la utilizada para determinar los NMP.

A pesar de las diferencias metodológicas, ambos enfoques son validados y reconocidos en el campo de la microbiología (33), lo que permite una comparación adecuada de los resultados. Las muestras analizadas indican una cantidad de UFC/100 ml por debajo del umbral crítico, específicamente con un conteo de 0, lo que reafirma la calidad del agua de lluvia al no presentar presencia detectable de los microorganismos analizados.

Esto es particularmente significativo porque asegura que el agua de lluvia en la zona estudiada no requiere tratamientos adicionales más allá de la desinfección. De esta manera, los resultados son indicativos de un nivel de calidad que se alinea con los estándares más estrictos para agua de consumo humano. Además, la metodología de conteo de UFC proporciona una medida fiable de la carga bacteriológica, validando la eficacia del tratamiento de desinfección propuesto.

Ahora bien, al observar los resultados bacteriológicos, no se pudo evidenciar la eficiencia de la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces en la biorremediación. Sin embargo, es importante recalcar que estos tratamientos no generaron ningún contaminante adicional en el agua de lluvia.

Tabla 14.

Comparación de análisis bacteriológicos con los ECA de agua

Tipo de Muestra	Coliformes totales UFC/100 mL	Coliformes termo tolerantes UFC/100 mL	ECA de agua Subcategoría A1 NMP/100mL (coliformes totales/coliformes termotolerantes)
Agua de lluvia	0	0	50/20
Agua de lluvia y <i>Moringa oleífera</i>	0	0	50/20
Agua de lluvia y Microorganismos eficaces	0	0	50/20
Agua de lluvia, <i>Moringa oleífera</i> y Microorganismos eficaces	0	0	50/20

Fuente: Resultados de laboratorio

4.2.2. Diferencias de parámetros por cada muestra significativa encontrada

Para la formulación de la hipótesis, se desarrolló una comparación exhaustiva utilizando los datos provenientes de los estándares de calidad ambiental del agua.

Esta comparación abarcó varios parámetros críticos de calidad del agua, tales como turbiedad, pH, conductividad eléctrica, dureza total, cloruros, nitratos y calcio.

4.2.2.1. Turbiedad

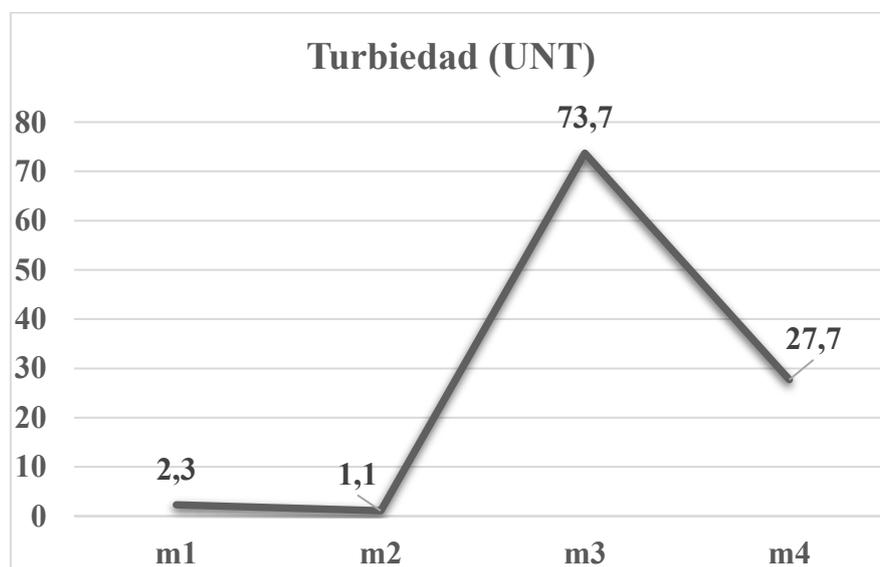


Gráfico 1. Comparación de turbiedad de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

En el **Gráfico 1**, que se presenta, se observa la medición del parámetro de turbiedad del agua de lluvia en diferentes muestras. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró una turbiedad de 2.3 unidades nefelométricas de turbidez (UNT). En la muestra m2, que es agua de lluvia tratada con *Moringa oleifera*, la turbiedad se redujo significativamente a 1.1 UNT.

La muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, mostró un notable aumento en la turbiedad, alcanzando 73.7 UNT. Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleifera*, se observó una disminución de la turbiedad a 27.7 UNT.

Estos resultados demuestran que mientras los microorganismos eficaces aumentan considerablemente la turbiedad del agua, la incorporación de *Moringa oleifera* puede mitigar este efecto, mejorando notablemente la claridad del agua. La *Moringa oleifera* se muestra efectiva no solo en reducir la turbiedad inicial del agua de lluvia, sino también en contrarrestar el incremento de turbiedad provocado por los microorganismos eficaces.

Este análisis subraya la importancia de considerar tratamientos combinados para la optimización de la calidad del agua de lluvia, ofreciendo una perspectiva valiosa para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el manejo de recursos hídricos.

Tabla 15.

Comparación de turbiedad de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua

Muestra	Resultados de laboratorio Turbiedad (UNT)	Estándar de calidad de agua categoría 1- subcategoría A1 Turbiedad (UNT)	Porcentaje según muestra control
m1	2.3	5	Muestra control
m2	1.1	5	-52.17%
m3	73,7	5	3014.35%
m4	27,7	5	1104.35%

Fuente: Resultados de laboratorio

Comparando los resultados obtenidos con los estándares de calidad del agua en la tabla 15, que establecen un límite de 5 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), se pueden hacer las siguientes observaciones. La muestra m1, correspondiente al agua de lluvia sin tratamiento, registró una turbiedad de 2.3 UNT, estando por debajo del límite establecido. La muestra m2, tratada con *Moringa oleífera*, mostró una reducción significativa de la turbiedad, alcanzando solo 1.1 UNT, lo que también se encuentra por debajo del estándar de calidad del agua.

Por otro lado, la muestra m3, que es agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, presentó un incremento notable en la turbiedad, llegando a 73.7 UNT, excediendo considerablemente el límite de 5 UNT. La muestra m4, tratada con una combinación de microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, mostró una reducción en la turbiedad a 27.7 UNT, aunque aún por encima del límite establecido en la subcategoría A1.

Estos resultados indican que mientras que la *Moringa oleífera* es efectiva para reducir la turbiedad y mantener los niveles dentro de los estándares de calidad del agua, los microorganismos eficaces, por sí solos, aumentan significativamente la turbidez, superando el límite permitido. Sin embargo, al combinar ambos

tratamientos, se observa una disminución en la turbiedad, aunque no suficiente para cumplir completamente con los estándares de la subcategoría A1.

4.2.2.2. Ph

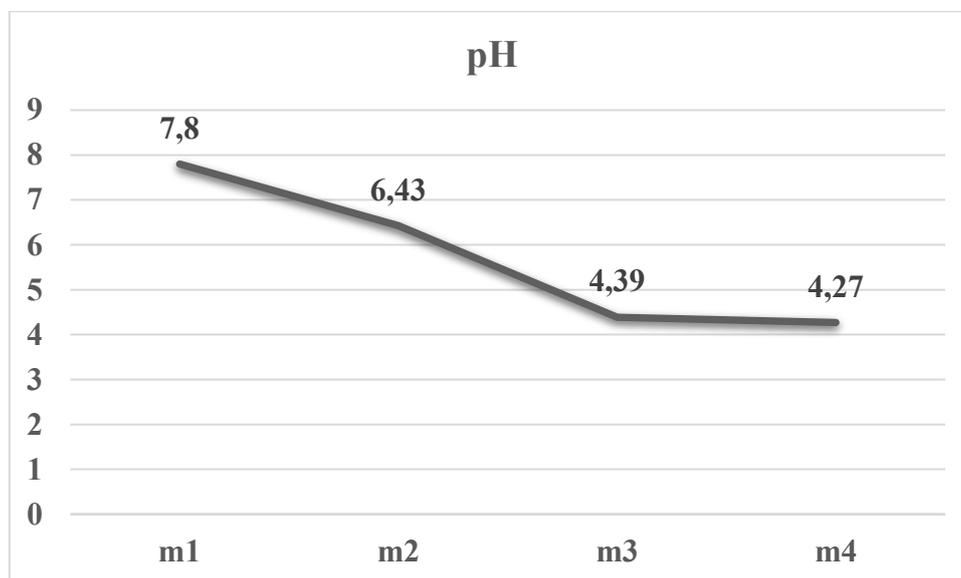


Gráfico 2. Comparación del pH de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

Fuente: Propia

En el **Gráfico 2.** que se presenta, se muestra la medición del parámetro de pH del agua de lluvia en diferentes muestras. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró un pH de 7.8. En la muestra m2, que es agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera*, el pH disminuyó a 6.43, indicando una ligera acidificación del agua debido a la adición de la moringa.

En la muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, se observó una mayor disminución del pH, llegando a 4.39. Este resultado sugiere que los microorganismos eficaces tienen un efecto acidificante considerable en el agua de lluvia.

Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, el pH del agua fue de 4.27. Aunque esta reducción es menos pronunciada en comparación con el uso exclusivo de microorganismos eficaces (pH 4.39), refleja que la combinación de ambos tratamientos también contribuye a la acidificación del agua.

Estos resultados subrayan la relevancia de analizar los efectos combinados de *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces en la modificación del pH del agua de lluvia. Comprender el impacto de cada tratamiento, tanto de forma individual como combinada, resulta esencial para el diseño de estrategias de biorremediación eficaces y seguras. La gestión adecuada del pH no solo es clave para preservar la calidad del agua tratada, sino también para garantizar su idoneidad en el consumo humano, la agricultura u otros usos específicos.

Tabla 16.

Comparación del pH de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua

Muestra	Resultados de laboratorio pH (Unidad de pH)	Estándar de calidad de agua categoría 1-subcategoría A1 pH (Unidad de pH)	Porcentaje según muestra control
m1	7,8	6.5 - 8.5	Muestra control
m2	6.43	6.5 - 8.5	-17.56%
m3	4.39	6.5 - 8.5	-43.72%
m4	4.27	6.5 - 8.5	-45.26%

Fuente: Resultados de laboratorio

Al comparar los resultados con los estándares de calidad del agua, que establecen un rango de pH de 6.5 a 8.5, se pueden hacer las siguientes observaciones. La muestra m1, correspondiente al agua de lluvia sin tratamiento, registró un pH de 7.8, ubicándose dentro del rango aceptable. La muestra m2, que representa el agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera*, mostró un pH de 6.43, ligeramente por debajo del límite inferior del estándar de calidad del agua.

Por otro lado, la muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, presentó un pH de 4.39, indicando un nivel de acidez considerablemente más alto, lo que está muy por debajo del rango aceptable de 6.5 a 8.5. La muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, mostró un pH de 4.27, también muy ácido y fuera del rango establecido en la subcategoría A1.

Estos resultados indican que, si bien la *Moringa oleífera* logra mantener el pH del agua dentro de los estándares de calidad (aunque ligeramente por debajo en algunos casos), los microorganismos eficaces tienden a aumentar significativamente la acidez del agua de lluvia. Esta acidez aumentada puede tener implicaciones negativas para la calidad del agua, haciendo que sea menos adecuada para ciertos usos sin tratamientos adicionales para corregir el pH.

El hecho de que los microorganismos eficaces, por sí solos o en combinación con *Moringa oleífera*, resulten en niveles de pH tan bajos sugiere la necesidad de ajustar las técnicas de tratamiento para equilibrar la acidez y asegurar la conformidad con los estándares de calidad del agua.

4.2.2.3. Conductividad Eléctrica

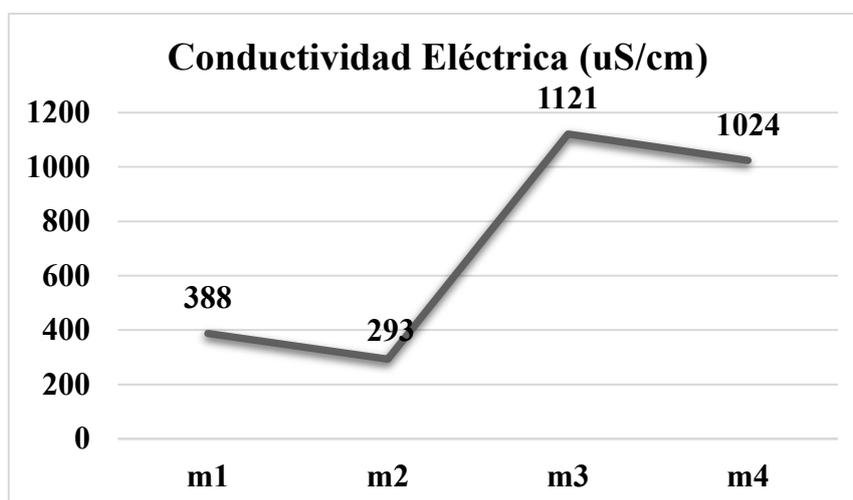


Gráfico 3. Comparación del Conductividad Eléctrica de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

En el **Gráfico 3.** que se muestra, se presenta el parámetro de conductividad eléctrica del agua de lluvia en diferentes muestras. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró una conductividad eléctrica de 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la muestra m2, tratada con *Moringa oleífera*, la conductividad eléctrica disminuyó a 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando un efecto moderador de la moringa sobre la conductividad del agua.

En la muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, se observó un notable incremento en la conductividad

eléctrica, alcanzando 1121 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este resultado sugiere que los microorganismos eficaces aumentan la concentración de iones en el agua, lo que se traduce en una mayor conductividad.

Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, la conductividad eléctrica fue de 1024 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aunque la combinación de ambos tratamientos resultó en una reducción en comparación con la muestra tratada solo con microorganismos, la conductividad sigue siendo significativamente mayor que en las muestras sin tratamiento o tratadas solo con moringa.

Estos resultados destacan la influencia de *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces en la conductividad eléctrica del agua de lluvia. Mientras que los microorganismos eficaces aumentan notablemente la conductividad debido a la mayor presencia de iones, la *Moringa oleífera* puede ayudar a moderar este efecto. La comprensión de estas interacciones es crucial para el desarrollo de estrategias eficaces de tratamiento del agua.

Tabla 17.

Comparación del Conductividad Eléctrica de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua

Muestra	Resultados de laboratorio de Conductividad Eléctrica (uS/cm)	Estándar de calidad de agua	
		Estándar de categoría 1-subcategoría A1 de Conductividad Eléctrica (uS/cm)	Porcentaje según muestra control
m1	388	1500	Muestra control
m2	293	1500	-24.48%
m3	1121	1500	188.91%
m4	1024	1500	163.92%

Fuente: Resultados de laboratorio

Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad del agua como se muestra en la tabla 17, que establecen un límite máximo de conductividad

eléctrica de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se pueden hacer las siguientes observaciones. La muestra m1, correspondiente al agua de lluvia sin tratamiento, presentó una conductividad eléctrica de 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual está cómodamente por debajo del límite establecido. La muestra m2, tratada con *Moringa oleífera*, mostró una reducción en la conductividad eléctrica, registrando 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que también está significativamente por debajo del estándar de calidad del agua.

Por otro lado, la muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, presentó un valor de conductividad eléctrica de 1121 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aunque este valor es más alto que los de las muestras sin tratamiento o tratadas con *Moringa oleífera*, aún se encuentra dentro del límite máximo permitido de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sin embargo, la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, registró una conductividad de 1024 $\mu\text{S}/\text{cm}$, también dentro de los límites aceptables, pero indicando una notable reducción en comparación con la muestra m3.

Estos resultados sugieren que la *Moringa oleífera* es efectiva no solo para reducir la conductividad eléctrica del agua de lluvia por sí sola, sino también para mitigar el incremento de conductividad causado por los microorganismos eficaces cuando se utilizan en conjunto. Aunque el agua de lluvia tratada con microorganismos eficaces sola tiene una conductividad significativamente más alta, sigue estando dentro de los estándares de calidad del agua establecidos.

La importancia de estos hallazgos radica en la validación de la *Moringa oleífera* como un tratamiento viable para mejorar la calidad del agua, tanto de manera independiente como en combinación con otros métodos de biorremediación. Este análisis proporciona una base sólida para la optimización de estrategias de tratamiento del agua, destacando cómo diferentes métodos pueden influir en parámetros esenciales de calidad como la conductividad eléctrica.

4.2.2.4. Dureza Total

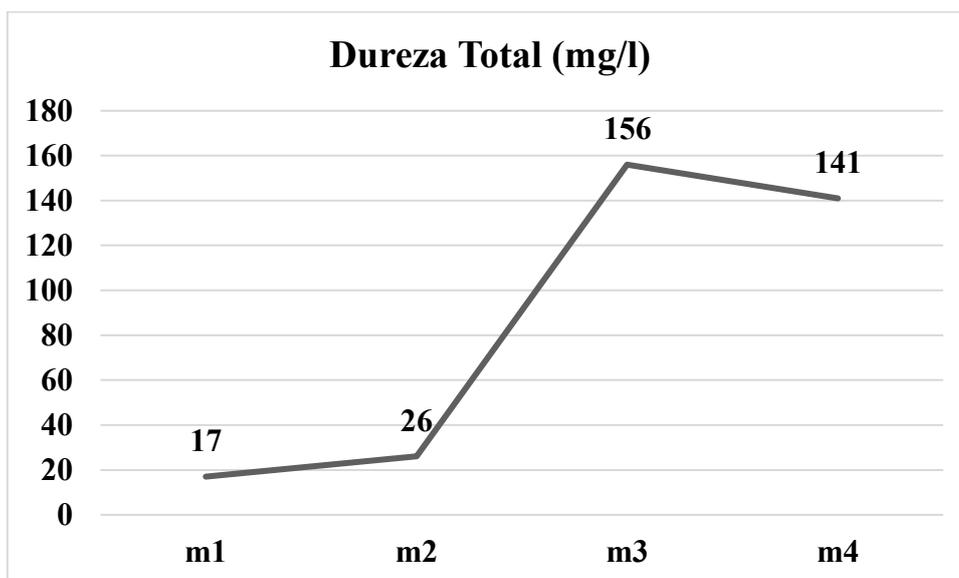


Gráfico 4. Comparación de Dureza Total de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

En el **Gráfico 4.** que se presenta, se muestra el parámetro de dureza total del agua de lluvia en diferentes muestras. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró una dureza total de 17 mg/l. En la muestra m2, tratada con *Moringa oleífera*, la dureza total aumentó a 26 mg/l, lo que indica una ligera adición de minerales debido al tratamiento con moringa.

La muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, mostró un aumento significativo en la dureza total, alcanzando 156 mg/l. Este incremento sugiere que los microorganismos eficaces contribuyen sustancialmente a la disolución de minerales en el agua, aumentando su dureza.

Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, la dureza total se registró en 141 mg/l. Aunque este valor es menor que el observado en la muestra tratada solo con microorganismos, sigue siendo significativamente mayor que en las muestras sin tratamiento o tratadas solo con moringa.

Estos resultados destacan cómo los tratamientos individuales y combinados influyen en la dureza total del agua de lluvia. La *Moringa oleífera* parece

tener un efecto moderador cuando se combina con microorganismos eficaces, reduciendo parcialmente el aumento en la dureza. Comprender estas interacciones es crucial para desarrollar estrategias de tratamiento del agua que equilibren la eficacia en la eliminación de contaminantes con la necesidad de mantener niveles de dureza dentro de límites seguros para diversos usos.

Tabla 18.

Comparación del Dureza Total de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua

Muestra	Resultados de laboratorio de Dureza total (mg/l)	Estándar de calidad de agua categoría1-subcategoría A1 de Dureza total (mg/l)	Porcentaje según muestra control
m1	17	500	Muestra control
m2	26	500	52.94%
m3	157	500	823.53%
m4	141	500	729.41%

Fuente: Resultados de laboratorio

Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad del agua, que establecen un límite máximo de dureza total de 500 mg/l, se pueden hacer las siguientes observaciones. La muestra m1, correspondiente al agua de lluvia sin tratamiento, presentó una dureza total de 17 mg/l, lo cual está muy por debajo del límite establecido. La muestra m2, que representa el agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera*, mostró un incremento en la dureza total a 26 mg/l, manteniéndose aun considerablemente por debajo del estándar de calidad del agua.

Por otro lado, la muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, presentó un valor de dureza total de 157 mg/l. Aunque este valor es más alto que los de las muestras sin tratamiento o tratadas con *Moringa oleífera*, sigue estando por debajo del límite máximo permitido de 500 mg/l. Sin embargo, la muestra m4, que

combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, registró una dureza total de 141 mg/l, también por debajo del límite establecido.

Estos resultados sugieren que la *Moringa oleífera* es efectiva no solo para mantener la dureza del agua de lluvia por debajo del estándar establecido cuando se usa sola, sino también para mitigar el incremento de dureza causado por los microorganismos eficaces cuando se utilizan en conjunto. Aunque el agua de lluvia tratada con microorganismos eficaces sola tiene una dureza total significativamente más alta, sigue estando dentro de los límites de calidad del agua establecidos.

Es crucial considerar estos efectos al planificar y evaluar el uso de tratamientos combinados, ya que el objetivo final es mejorar la calidad del agua de lluvia de manera sostenible y efectiva. La combinación de *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces ofrece una solución prometedora para el manejo de recursos hídricos, garantizando que el agua tratada no solo cumpla con los estándares de calidad, sino que también sea apta para diversos usos prácticos.

4.2.2.5. Cloruros

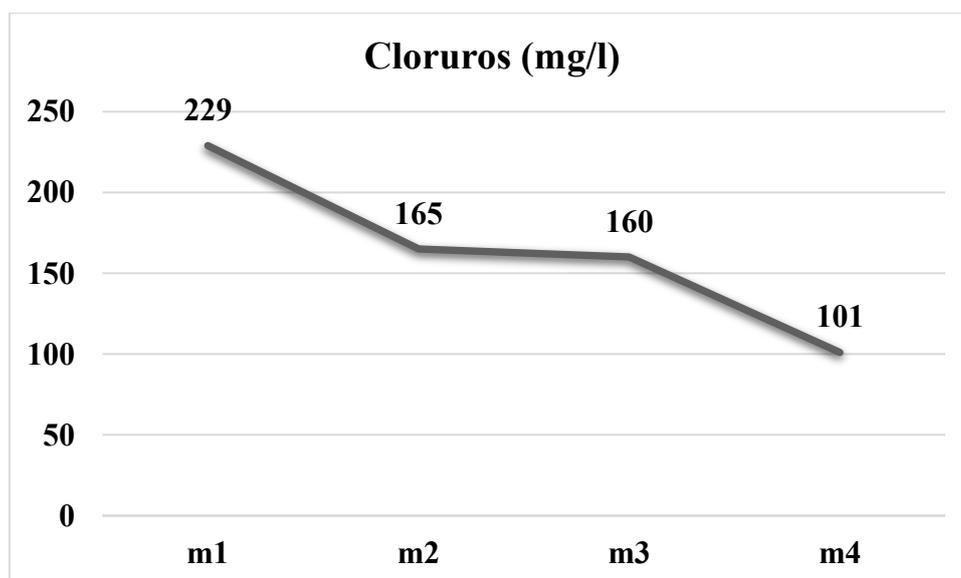


Gráfico 5. Comparación de Cloruros de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

En el **Gráfico 5.** que se presenta, se muestra el parámetro de cloruros del agua de lluvia en diferentes muestras. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró una concentración de cloruros de 229 mg/l. En la muestra m2, tratada con *Moringa oleífera*, la concentración de cloruros se redujo a 165 mg/l, lo que sugiere que la moringa puede ayudar a disminuir los niveles de cloruros en el agua.

La muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, mostró una concentración de cloruros de 160 mg/l. Este resultado indica una reducción en comparación con el agua sin tratamiento, pero no tan efectiva como la observada con la moringa.

Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, la concentración de cloruros disminuyó aún más, alcanzando los 101 mg/l. Este resultado destaca la eficacia de la combinación de ambos tratamientos para reducir significativamente los niveles de cloruros en el agua de lluvia.

Estos resultados sugieren que tanto la *Moringa oleífera* como los microorganismos eficaces tienen el potencial de disminuir la concentración de cloruros en el agua, siendo más efectivo el tratamiento combinado. La disminución de los niveles de cloruros es crucial para mejorar la calidad del agua, haciéndola más adecuada para diversos usos.

Tabla 19.

Comparación de Cloruros de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua

Muestra	Resultados de laboratorio de Cloruros (mg/l)	Estándar de calidad de agua categoría 1-subcategoría A1 de Cloruros (mg/l)	Porcentaje según muestra control
m1	229	250	Muestra control
m2	165	250	27.94%
m3	160	250	30.13%

m4	101	250	55.90%
-----------	-----	-----	--------

Fuente: Resultados de laboratorio

Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad del agua, que establecen un límite máximo de cloruros de 250 mg/l, se pueden hacer las siguientes observaciones. La muestra M1, correspondiente al agua de lluvia sin tratamiento, presentó una concentración de cloruros de 229 mg/l, lo cual está justo por debajo del límite establecido. La muestra M2, que representa el agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera*, mostró una reducción significativa en la concentración de cloruros, registrando 165 mg/l, lo que también está por debajo del estándar de calidad del agua.

Por otro lado, la muestra M3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, presentó un valor de cloruros de 160 mg/l. Aunque este valor es más alto que el de las muestras sin tratamiento o tratadas con *Moringa oleífera*, sigue estando dentro del límite máximo permitido de 250 mg/l. Sin embargo, la muestra M4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, registró una concentración de cloruros de 101 mg/l, lo que se encuentra cómodamente por debajo del límite establecido.

Estos resultados sugieren que la *Moringa oleífera* es efectiva no solo para reducir la concentración de cloruros del agua de lluvia por sí sola, sino también para mitigar la presencia de cloruros cuando se utiliza en conjunto con microorganismos eficaces. Aunque el agua de lluvia tratada solo con microorganismos eficaces tiene una concentración de cloruros relativamente más alta, sigue cumpliendo con los estándares de calidad del agua.

La importancia de estos hallazgos radica en la validación de la *Moringa oleífera* como un tratamiento viable para mejorar la calidad del agua, tanto de manera independiente como en combinación con otros métodos de biorremediación. Este análisis proporciona una base sólida para la optimización de estrategias de tratamiento del agua, destacando cómo diferentes métodos pueden influir en parámetros esenciales de calidad como la concentración de cloruros.

4.2.2.6. Nitratos

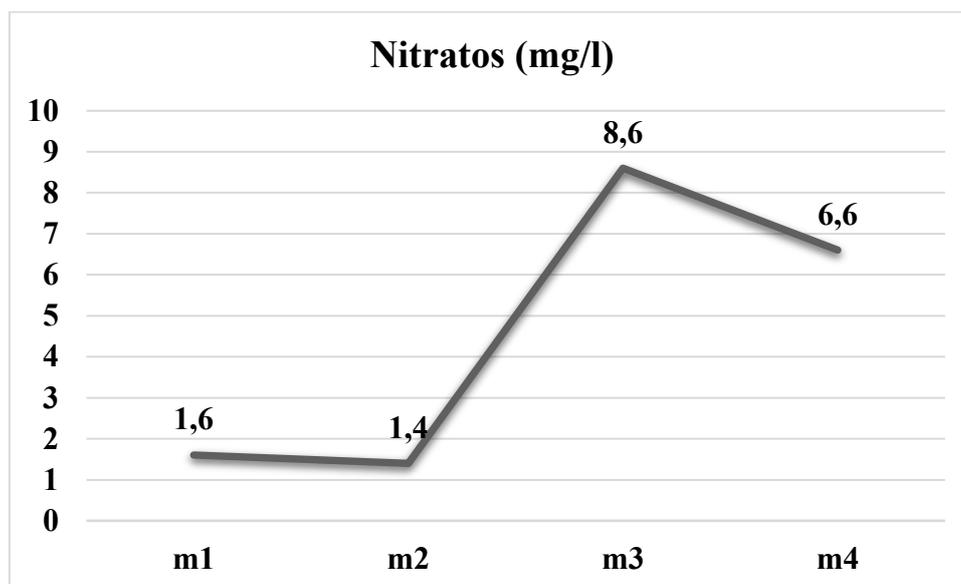


Gráfico 6. Comparación de Nitratos de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

En el gráfico que se presenta, se observa el parámetro de nitratos en diferentes muestras de agua de lluvia. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró una concentración de nitratos de 1.6 mg/l. En la muestra m2, tratada con *Moringa oleífera*, la concentración de nitratos disminuyó ligeramente a 1.4 mg/l, lo que sugiere que la moringa tiene un efecto moderado en la reducción de nitratos en el agua.

La muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, mostró un aumento significativo en la concentración de nitratos, alcanzando 8.6 mg/l. Este incremento considerable indica que los microorganismos eficaces contribuyen a la elevación de los niveles de nitratos en el agua, posiblemente debido a la actividad metabólica de estos microorganismos.

Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, la concentración de nitratos se redujo a 6.6 mg/l. Aunque sigue siendo más alta que en las muestras sin tratamiento o tratadas solo con *Moringa oleífera*, esta combinación de tratamientos muestra una capacidad de reducción de nitratos en comparación con el tratamiento solo con microorganismos eficaces.

Estos resultados resaltan la complejidad de los efectos de diferentes tratamientos sobre los niveles de nitratos en el agua de lluvia. Mientras que los microorganismos eficaces pueden aumentar los niveles de nitratos, la adición de *Moringa oleífera* puede ayudar a mitigar este efecto, mejorando la calidad del agua de lluvia.

Tabla 20.

Comparación de Nitratos de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos con los ECA de agua

Muestra	Resultados de laboratorio de Nitratos (NO₃⁻) (mg/l)	Estándar de calidad de agua categoría1-subcategoría A1 de Nitratos (NO₃⁻) (mg/l)	Porcentaje según muestra control
m1	7.09	50	Muestra control
m2	6.20	50	-12.55%
m3	38.10	50	437.38%
m4	29.20	50	311.85%

Fuente: Resultados de laboratorio

Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de calidad del agua, que establecen un límite máximo de nitratos de 50 mg/l, se deben realizar algunas conversiones específicas para obtener una comparación precisa. Para expresar los resultados del laboratorio en unidades de nitratos (NO₃⁻), es necesario multiplicar el resultado por un factor de 4.43 (11).

La muestra m1, correspondiente al agua de lluvia sin tratamiento, presentó un valor de nitratos de 1.6×4.43 mg/l, lo que resulta en aproximadamente 7.09 mg/l, estando así cómodamente por debajo del límite establecido de 50 mg/l. La muestra m2, que representa el agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera*, mostró un valor de 1.4×4.43 mg/l, resultando en aproximadamente 6.20 mg/l, también significativamente por debajo del estándar de calidad del agua.

Por otro lado, la muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, presentó un valor de

8.6×4.43mg/l, lo que equivale a aproximadamente 38.10 mg/l. Aunque este valor es más alto que los de las muestras sin tratamiento o tratadas con *Moringa oleífera*, sigue estando por debajo del límite máximo permitido de 50 mg/l. La muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, registró un valor de 6.6×4.43 mg/l, resultando en aproximadamente 29.20 mg/l, lo que también se encuentra dentro del límite establecido.

Estos resultados sugieren que la *Moringa oleífera* es efectiva no solo para mantener los niveles de nitratos por debajo del estándar establecido cuando se usa sola, sino también para mitigar el incremento de nitratos causado por los microorganismos eficaces cuando se utilizan en conjunto. Aunque el agua de lluvia tratada solo con microorganismos eficaces tiene un nivel de nitratos más alto, sigue cumpliendo con los estándares de calidad del agua.

4.2.2.7. Calcio

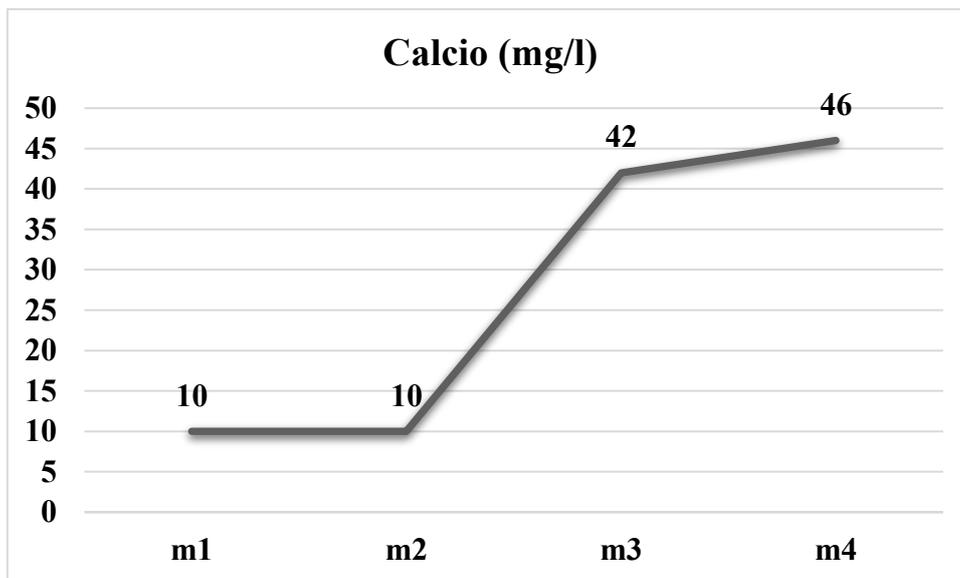


Gráfico 7. Comparación de Calcio de las muestras de agua de lluvia con sus tratamientos

En el **Gráfico 7.** presentado, se muestra el parámetro de concentración de calcio en diferentes muestras de agua de lluvia. La muestra m1, que corresponde al agua de lluvia sin tratamiento, registró una concentración de calcio de 10 mg/l. En la muestra m2, que es agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera*, la concentración de calcio se mantuvo en 10 mg/l, lo que

indica que la adición de moringa no tuvo un efecto significativo en los niveles de calcio en esta muestra.

La muestra m3, correspondiente al agua de lluvia tratada únicamente con microorganismos eficaces, mostró un aumento considerable en la concentración de calcio, alcanzando los 42 mg/l. Este resultado sugiere que los microorganismos eficaces contribuyen de manera significativa a la disolución de compuestos de calcio en el agua, elevando así su concentración.

Por último, en la muestra m4, que combina el tratamiento con microorganismos eficaces y *Moringa oleífera*, la concentración de calcio fue aún mayor, registrándose en 46 mg/l. Esto indica que la combinación de ambos tratamientos puede intensificar la disolución de calcio en el agua de lluvia, resultando en niveles más altos en comparación con las muestras tratadas individualmente.

Estos resultados resaltan la variabilidad en la concentración de calcio en función de los diferentes tratamientos aplicados. Mientras que la *Moringa oleífera* sola no parece afectar significativamente los niveles de calcio, la presencia de microorganismos eficaces, especialmente en combinación con moringa, aumenta considerablemente la concentración de este mineral. La comprensión de estos efectos es crucial para diseñar estrategias de tratamiento del agua que no solo eliminen contaminantes, sino que también controlen los niveles de minerales esenciales para asegurar la adecuación del agua para diversos usos.

En lo que respecta al calcio, es importante destacar que este parámetro es beneficioso para la calidad del agua. El calcio, al ser un mineral esencial, contribuye a la mineralización del agua, mejorando su calidad y haciéndola más adecuada para el consumo humano. Debido a estos beneficios, el calcio no cuenta con un parámetro específico en los estándares de calidad ambiental del agua (ECA), ya que su presencia es deseable.

La presencia de calcio en el agua aporta múltiples beneficios teniendo en cuenta su clasificación de concentración en la ingesta de calcio según la

Tabla 21:

Tabla 21.

Clasificación de acuerdo con su concentración de calcio y porcentaje de aporte

Concentración de calcio (mg/l)	Aporte de calcio a la ingesta recomendada diaria (IRD) (%)	Clasificación
0 – 50	0 a 4,99	Escasa
50 – 100	5 a 9,99	Normal
100 – 150	10 a 14,99	Buena
> 150	> a 15	Muy buena

Fuente: Cuantificación de calcio y magnesio en el agua (34)

a. Mineralización

En las muestras tratadas con microorganismos eficaces y la combinación de estos con *Moringa oleífera* (m3 y m4), se observa un aumento significativo en la concentración de calcio en comparación con el agua sin tratar (m1) o tratada únicamente con *Moringa oleífera* (m2). Este incremento demuestra que los microorganismos eficaces tienen un papel importante en la disolución de compuestos de calcio, elevando la mineralización del agua. Aunque el agua tratada no alcanza niveles de calcio clasificados como "normales" (50-100 mg/l), las muestras m3 y m4 muestran mejoras notables en la concentración de este mineral, situándose en el rango de 0-50 mg/m. Esto significa que, aunque el aporte es "escaso", el tratamiento con microorganismos eficaces y su combinación con *Moringa oleífera* potencialmente mejora la calidad nutricional del agua (34).

b. Salud ósea

El calcio es fundamental para el fortalecimiento de huesos y dientes. Su biodisponibilidad en el agua, lo convierte en una fuente útil para personas que consumen poco calcio a través de alimentos como los lácteos. En niños, adultos jóvenes y mujeres embarazadas, el aporte de calcio a través del agua

puede ser especialmente relevante para prevenir problemas como la osteoporosis (34). Sin embargo, en ciertos casos específicos, como en personas con nefrolitiasis (formación de cálculos renales), un exceso de calcio podría aumentar el riesgo de desarrollar estas condiciones. Por esta razón, aunque el calcio es deseable en niveles moderados, se deben considerar las características individuales y las necesidades de salud al evaluar su consumo (34).

c. Calcio en los ECA

El calcio juega un papel crucial, lo cual es vital para varias funciones fisiológicas, incluyendo la contracción muscular y la transmisión nerviosa (34).

Por estos motivos, el calcio es considerado un parámetro beneficioso en el agua y no necesita ser restringido o comparado con límites establecidos por los ECA debido que no existe parámetros a comparar en los estándares de control de calidad del agua. En lugar de ser considerado un contaminante, su presencia en el agua es una ventaja que puede mejorar la calidad del agua tratada y aportar beneficios adicionales a quienes la consumen.

4.2.3. Hipótesis

Hipótesis Nula (H₀)

"La *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces no influyen 100% en la biorremediación de los contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024."

Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos no logran una eficacia completa en todos los parámetros evaluados, lo que valida esta hipótesis. A continuación, se presentan los detalles por parámetro en relación con la muestra control (m1):

• Bacteriológico

En el análisis bacteriológico, la muestra control (m1) no presentó coliformes totales ni coliformes termotolerantes (0 UFC/100 ml), lo que se toma como referencia del 100%. De manera consistente, las muestras tratadas con

Moringa oleífera (m2), microorganismos eficaces (m3) y el tratamiento combinado (m4) también reportaron valores de 0 UFC/100 ml, manteniendo una reducción del 100% respecto a la muestra control. Esto indica que los tratamientos no aportaron contaminantes adicionales al agua de lluvia ni introdujeron microorganismos bacterianos detectables, garantizando que el agua permanece bacteriológicamente segura.

• **Turbidez**

La turbidez de la muestra control (m1) fue de 2.3 UNT, considerada el 100%. La muestra tratada con *Moringa oleífera* (m2) logró reducirla a 1.1 UNT, lo que representa un -52.17% respecto a m1. Sin embargo, la muestra tratada únicamente con microorganismos eficaces (m3) mostró un aumento significativo a 73.7 UNT, equivalente a un +3014.35%, mientras que el tratamiento combinado (m4) disminuyó parcialmente este valor a 27.7 UNT, pero aún representó un incremento del +1104.35%. Esto refleja que los microorganismos eficaces incrementan considerablemente la turbidez.

• **pH**

El pH de la muestra control (m1) fue de 7.8, cumpliendo con el estándar aceptable. La muestra m2 mostró una disminución a 6.43, equivalente a un -17.56% respecto a m1, quedando apenas fuera del rango permitido. Las muestras m3 y m4 presentaron descensos aún más pronunciados, con pH de 4.39 y 4.27, lo que representa disminuciones del -43.72% y -45.26%, respectivamente. Esto indica que los microorganismos eficaces tienen un efecto acidificante significativo.

• **Conductividad Eléctrica**

La conductividad eléctrica de la muestra control (m1) fue de 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tomada como referencia. La muestra m2 redujo este valor a 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$, equivalente a un -24.48% respecto a m1. Por otro lado, la muestra m3 presentó un aumento notable a 1121 $\mu\text{S}/\text{cm}$, equivalente a un +188.91%, y el tratamiento combinado (m4) mostró una disminución parcial a 1024 $\mu\text{S}/\text{cm}$, equivalente a un +163.92% respecto a la muestra control. Aunque

todos los valores cumplen con los estándares, los microorganismos eficaces incrementaron notablemente este parámetro.

•Dureza Total

La dureza total en la muestra control (m1) fue de 17 mg/l, utilizada como base. La muestra m2 mostró un aumento a 26 mg/l, equivalente a un +52.94%. En contraste, m3 presentó un incremento drástico a 157 mg/l, equivalente a un +823.53%, mientras que m4 redujo ligeramente este valor a 141 mg/l, representando un +729.41% respecto a m1. Esto demuestra que los microorganismos eficaces aumentan significativamente la dureza total.

•Cloruros

La concentración de cloruros en la muestra control (m1) fue de 229 mg/l, tomada como el 100%. La muestra m2 redujo este valor a 165 mg/l, equivalente a un -27.94%, mientras que m3 lo disminuyó a 160 mg/l, lo que representa un -30.13%. El tratamiento combinado (m4) mostró la mayor eficacia, reduciendo los cloruros a 101 mg/l, equivalente a un -55.90% respecto a la muestra control. Este resultado destaca la capacidad de los tratamientos, especialmente del combinado, para reducir los cloruros.

•Nitratos

La muestra control (m1) presentó un nivel de nitratos de 7.09 mg/l, utilizada como referencia. La muestra m2 mostró una ligera disminución a 6.20 mg/l, equivalente a un -12.55%. Por el contrario, m3 incrementó significativamente los niveles de nitratos a 38.10 mg/l, representando un +437.38%, mientras que m4 moderó este valor a 29.20 mg/l, lo que equivale a un +311.85% respecto a m1. Esto evidencia que los microorganismos eficaces aumentan los nitratos en el agua.

•Calcio

La concentración de calcio en la muestra control (m1) fue de 10 mg/l, equivalente al 100%. La muestra m2 no mostró variación respecto a este valor (0% de cambio). Sin embargo, m3 incrementó la concentración a 42

mg/l, representando un +320%, y m4 la incrementó aún más a 46 mg/l, equivalente a un +360% respecto a m1. Aunque no existe un límite estándar para el calcio, estos incrementos pueden considerarse beneficiosos para la mineralización del agua.

Los resultados obtenidos reflejan que, aunque los tratamientos con *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces tienen impactos positivos en ciertos parámetros (como turbidez, cloruros y calcio), otros como pH, dureza total y nitratos no logran cumplir completamente con los estándares de calidad. Esto respalda la Hipótesis Nula (Ho): "La *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces no influyen 100% en la biorremediación de los contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024."

4.3. Discusión de resultados

Los resultados de este estudio sobre la calidad del agua de lluvia tratada con *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces destacan la efectividad y las limitaciones de estos tratamientos, en consonancia con los antecedentes teóricos que sustentan la investigación viendo cada parámetro evaluado:

4.3.1. Turbiedad

De acuerdo a los estudios de Ndabigengesere y Narasiah, la *Moringa oleífera* ha sido ampliamente reconocida por su capacidad coagulante, debido a las proteínas catiónicas presentes en sus semillas (35), que neutralizan las partículas suspendidas. En este estudio, se observó que la turbiedad disminuyó significativamente de 2.3 UNT en el agua sin tratamiento a 1.1 UNT en la muestra tratada con moringa, confirmando su eficacia en la clarificación del agua. Por otro lado, los microorganismos eficaces incrementaron significativamente la turbidez (73.7 UNT), un efecto que puede atribuirse a la actividad biológica que libera partículas en suspensión, como sugieren los antecedentes sobre procesos metabólicos de estos microorganismos según Luvi Checani (8). La combinación de ambos insumos redujo la turbidez a 27.7 UNT, aunque aún por encima del límite establecido de 5 UNT, indicando la necesidad de optimizar esta interacción.

4.3.2. pH

La capacidad de la *Moringa oleifera* para mantener un pH moderado en el agua tratada donde Acevedo Ernesto, quien señala que este insumo no altera significativamente la acidez del agua, pero si lo llega a bajar el pH (14). Los resultados obtenidos, con un pH de 6.43 para la muestra tratada con moringa, se alinean con estos antecedentes debido a que el pH llega a bajar. Por otro lado, los antecedentes Luvi Checani (8), sobre los microorganismos eficaces indican que la producción de ácidos orgánicos como subproducto de la actividad metabólica puede reducir el pH, lo que se refleja claramente en este estudio (4.39 para microorganismos solos y 4.27 en combinación). Estos resultados enfatizan la necesidad de controlar este efecto en aplicaciones prácticas.

4.3.3. Conductividad Eléctrica

En los antecedentes sobre conductividad eléctrica, investigaciones como las de Delgado Rojas (10) destacan el aumento de este parámetro debido a la liberación de iones durante la biodegradación por microorganismos eficaces. Los resultados del presente estudio (1121 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para microorganismos solos) coinciden con esta tendencia. Sin embargo, el efecto moderador de la moringa, que redujo la conductividad a 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$ cuando se usó sola, refleja su capacidad para influir positivamente en este parámetro, lo cual no es ampliamente documentado en los antecedentes.

4.3.4. Dureza Total

En cuanto a la dureza total, los resultados mostraron que tanto la *Moringa oleifera* como los microorganismos eficaces mantienen la dureza por debajo del límite de 500 mg/l. La muestra sin tratamiento presentó una dureza de 17 mg/l, la tratada con *Moringa oleifera* mostró 26 mg/l, mientras que los microorganismos eficaces elevaron la dureza a 157 mg/l. La combinación de ambos tratamientos resultó en una dureza de 141 mg/l. Estos niveles, aunque mayores, permanecen dentro de los límites aceptables, sugiriendo que ambos tratamientos pueden ser efectivos sin sobrepasar los estándares de calidad, pero refiriendo a que en el estudio de esta interacción de unión de los compuestos sugiere que la combinación de ambos insumos, como en este trabajo, podría optimizar la mineralización sin exceder los

límites establecidos donde la *Moringa oleífera* según Lugo José da una disminución de dureza total (15).

4.3.5. Cloruros

La presencia de cloruros fue manejada de manera efectiva por la *Moringa oleífera*, reduciendo su concentración de 229 mg/l en la muestra sin tratar a 165 mg/l enfatizan su capacidad de adsorción para reducir este compuesto como refiere Lugo José (15). Los microorganismos eficaces también disminuyeron la concentración de cloruros a 160 mg/l y, cuando se combinaron con *Moringa oleífera*, la concentración bajó a 101 mg/l, todos por debajo del límite de 250 mg/l. Esto indica que la combinación de tratamientos es eficaz en la reducción de cloruros en el agua de lluvia teniendo en cuenta que al combinar los tratamientos da una disminución de cloruros facilitando la disolución de compuestos minerales.

4.3.6. Nitratos

Para los nitratos, tras ajustar los valores mediante un factor de conversión, se observó que tanto la *Moringa oleífera* como los microorganismos eficaces, solos y en combinación, mantuvieron los niveles de nitratos por debajo del límite de 50 mg/l. La muestra sin tratar presentó $1.6 \times 4.43 = 7.09$ mg/l, la tratada con *Moringa oleífera* $1.4 \times 4.43 = 6.20$ mg/l corroborando lo mencionado por Lugo José (15) , y los microorganismos eficaces elevaron el nivel a $8.6 \times 4.43 = 38.10$ mg/l. La combinación de ambos resultó en $6.6 \times 4.43 = 29.20$ mg/l. Esto indica que ambos tratamientos son efectivos para controlar los niveles de nitratos en el agua de lluvia solo que en el caso de los microorganismos eficaces lo llega a elevar.

4.3.7. Calcio

Finalmente, se analizó la presencia de calcio en el agua, destacando que, a diferencia de otros parámetros regulados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), el calcio no es considerado un contaminante. Por el contrario, es un componente beneficioso que contribuye a la mineralización del agua, mejorando su valor nutricional y haciéndola más adecuada para el consumo humano. Esto se debe a que el calcio desempeña un papel clave en la salud ósea, muscular y metabólica, y su biodisponibilidad en el agua puede complementar la ingesta diaria recomendada, especialmente en poblaciones con consumo limitado de productos

lácteos. Además, su presencia en el agua no solo favorece la nutrición, sino que también incrementa la calidad general del recurso hídrico. Por estas razones, no se considera necesario establecer una regulación específica para este parámetro en los ECA, ya que su presencia en niveles adecuados es deseable y aporta valor al agua destinada para consumo humano (34).

4.3.8. Resultados Bacteriológicos

En cuanto a los resultados bacteriológicos, las pruebas demostraron que ni la *Moringa oleífera* ni los microorganismos eficaces generaron contaminantes adicionales en el agua de lluvia. Sin embargo, la eficiencia de estos tratamientos en términos de reducción bacteriológica no fue evidente. A pesar de ello, es notable que la ausencia de coliformes totales y termotolerantes fue confirmada, sugiriendo que el agua de lluvia cumple con las condiciones necesarias para un tratamiento de desinfección simple.

CONCLUSIONES

1. El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la eficacia de la *Moringa oleifera* y los microorganismos eficaces en la biorremediación de contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024, centrándose en parámetros físico-químicos y bacteriológicos. La caracterización inicial del agua de lluvia mostró una calidad base con valores de turbidez de 2.3 UNT, pH de 7.8, conductividad eléctrica de 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza total de 17 mg/l, cloruros de 229 mg/l, nitratos de 1.6 mg/l y ausencia de coliformes totales y termotolerantes. Estos datos sirvieron como referencia para analizar los efectos de los tratamientos aplicados.
2. La *Moringa oleifera* demostró ser un insumo efectivo en la reducción de parámetros como turbidez, cloruros y nitratos, además de mantener el pH en un rango cercano al permitido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), reduciéndolo de 7.8 a 6.43. lo coloca por debajo del límite aceptable establecido por los ECA (6.5-8.5). Esto resalta que, aunque mejora otros parámetros, el efecto sobre el pH genera una ligera desviación que requeriría ajustes en su aplicación para cumplir con los estándares normativos. Por otro lado, los microorganismos eficaces mostraron un impacto positivo en la mineralización del agua, ya que se encuentra en el rango aceptable, incrementando la concentración de calcio de menos de 10 mg/l a 42 mg/l y la dureza total de 17 mg/l a 157 mg/l. Sin embargo, también generaron un aumento considerable en la turbidez (73.7 UNT) y una acidificación excesiva, reduciendo el pH a 4.39, lo cual indica la necesidad de ajustes en su aplicación para evitar estos efectos adversos.
3. La combinación de ambos insumos mostró resultados prometedores al mitigar algunos de los efectos negativos individuales. Por ejemplo, redujo la turbidez de los microorganismos eficaces a 27.7 UNT y disminuyó los niveles de cloruros a 101 mg/l, demostrando una sinergia que mejora la calidad del agua en ciertos parámetros. A pesar de esto, el pH del agua tratada combinadamente se mantuvo en 4.27, por debajo del rango aceptable, lo que subraya la importancia de optimizar las proporciones y condiciones de tratamiento.
4. En términos bacteriológicos, los tratamientos no generaron contaminantes adicionales en el agua tratada y confirmaron la ausencia de coliformes totales y termotolerantes, validando que el agua cumple con los requisitos para un

tratamiento de desinfección simple. Aunque no se observó una reducción significativa de la carga bacteriana, estos insumos pueden complementarse con procesos de desinfección adicionales para garantizar la potabilidad del agua.

5. En conclusión, este estudio confirma la viabilidad de utilizar la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces como alternativas sostenibles para el tratamiento del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo. Ambos insumos, ya sea de manera individual o combinada, contribuyen a mejorar parámetros clave de calidad del agua, posicionándose como herramientas valiosas para la gestión hídrica en comunidades rurales. No obstante, algunos resultados como la turbidez elevada y la acidificación indican que se requiere un ajuste en las condiciones de aplicación para maximizar su efectividad. Este trabajo aporta una base sólida para futuras investigaciones que busquen optimizar estos tratamientos y expandir su uso en contextos similares, promoviendo soluciones accesibles para mejorar la calidad del agua y el bienestar comunitario.

RECOMENDACIONES

1. Es fundamental evaluar la calidad inicial del agua recolectada para identificar parámetros críticos como la turbidez, el pH, los cloruros y la dureza. Esto permite ajustar el tratamiento según las necesidades específicas de la región.
2. Se deben optimizar las proporciones de ambos insumos, ya que, aunque efectivos, pueden alterar ciertos parámetros como el pH, que quedó fuera del rango permitido en las pruebas realizadas. Ensayos previos son clave para garantizar resultados óptimos.
3. Es necesario fomentar la investigación continua sobre la interacción entre la *Moringa oleífera* y los microorganismos eficaces es vital. Es importante explorar nuevas combinaciones y condiciones de tratamiento que puedan mejorar la eficiencia y efectividad de la biorremediación. Paralelamente, es esencial capacitar a los operadores y técnicos en el manejo adecuado de los tratamientos, asegurando que comprendan las condiciones óptimas para su aplicación y los procedimientos de monitoreo necesarios.
4. Es crucial realizar evaluaciones de impacto ambiental para entender mejor cómo estos tratamientos afectan el ecosistema local, asegurando que las prácticas de biorremediación no tengan efectos adversos no deseados. Además, desarrollar y utilizar modelos predictivos puede ayudar a anticipar los resultados del tratamiento y ajustar las estrategias en consecuencia, optimizando los recursos y maximizando la eficacia del tratamiento. Incluir la evaluación de otros parámetros relevantes, dependiendo de la región y las fuentes de contaminación, asegurará una evaluación integral de la calidad del agua.
5. Publicar los hallazgos y resultados en plataformas académicas y profesionales es fundamental para contribuir al cuerpo de conocimiento existente, permitiendo que otros investigadores y profesionales en el campo aprendan y mejoren sus prácticas. Siguiendo estas recomendaciones, se puede asegurar una mejora continua en la calidad del agua tratada con *Moringa oleífera* y microorganismos eficaces, contribuyendo a la sostenibilidad y salud de las comunidades que dependen de estos recursos hídricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **TORRES, R.** La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. La Habana : riha, Agosto 2019. Vol. 40, 2, pp. 125-139. ISSN: 1680-0338.
2. **EMPRESA Prestadora de servicios de saneamiento SEDAM Huancayo sociedad anónima (EPS SEDAM HUANCAYO S.A.) 2023-2028.** *Proyecto de Estudio Tarifario*. [En línea] 23 de febrero de 2023. [Citado el: 2 de Octubre de 2023.] <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2023/03/PET-EPS-SEDAM-HUANCAYO-S.A.-TEXTO-COMPLETO.pdf>.
3. **ALDANA, E.** Uso del extracto de la semilla de moringa oleífera como coagulante natural primario y ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para el consumo humano. Tesis (Título de Ingeniero Sanitario y Ambiental). Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. pág. 195.
4. **NACIONES Unidas.** *Decenio internacional para la Acción “Agua para el desarrollo sostenible” (2018-2028)*. [En línea] 7 de Febrero de 2017. [Citado el: 1 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://undocs.org/es/A/RES/71/222>.
5. **JIMÉNEZ, G.** Evaluación técnica y económica de un diseño de sistema de aprovechamiento de lluvia para uso doméstico en la comunidad Awajun de Juum del distrito de Imaza, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chachapoyas : Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018. pág. 93.
6. **EMPRESA Prestadora de servicios de saneamiento SEDAM Huancayo sociedad anónima (EPS SEDAM HUANCAYO).** *Plan de contingencia de la EPS SEDAM Huacayo S.A. ante déficit Hidrico 2022-2023*. [En línea] (Informe Técnico), 2022. Disponible en: <https://www.sedamhuancayo.com.pe/wp-content/uploads/2019/09/PLAN-DE-CONTINGENCIA-ANTE-DEFICIT-HIDRICO-2022-2023.pdf>.
7. **CARLOS, G. y GRIJALVA, R.** Riesgos de escasez de agua de Huancayo al año 2030. *Huancayo : Universidad Continental*, 2012. Vol. 2, 1, págs. 15-26. ISSN: 2225-5141.
8. **LUVI, U.** Evaluación de los índices microbiológicos y fisicoquímicos en aguas residuales de la ciudad de Puno-Tratadas con microorganismo nativos. Tesis (Título de

Medico Veterinario y Zootecnista). Puno : Universidad Nacional Del Altiplano, 2014. pág. 65.

9. ALVAREZ, H. Extracto de moringa (*Moringa oleífera*) para la remoción de turbidez de efluentes de la producción de néctar de maracuyá. Tesis de Posgrado (Magíster Scientiae en Ciencias Ambientales). Lima : Universidad Nacional Agraria la Molina, 2019. pág. 69.

10. DELGADO, J. Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo : Universidad Continental, 2019. pág. 181.

11. D.S. N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Diario Oficial El Peruano [En línea] [Fecha de consulta : 29 de Noviembre de 2023.] Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1529835-2>.

12. HERNÁNDEZ, D. y CHAPARRO, T. Tratamiento de agua de lluvia con fines de consumo humano. *Ciencias e Ingeniería Neogranadina*. Bogota : Editorial Neogranadina, 2020. Vol. 30, 2. ISSN: 0124-8170.

13. PARADA, P. y CERVANTES, J. Captación de agua de lluvia y niebla en la época de secas en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México. *Ingeniería de agua*. Veracruz : Universidad Veracruzana, 2017. Vol. 21, 3, págs. 153-163. ISSN: 1886-4996.

14. ACEVEDO, E. Uso de semillas de Moringa (*Moringa oleífera*) como floculante natural para la purificación de aguas crudas de río negro, río de oro y quebrada Floridablanca, Santander. Tesis (Título de Microbiólogo Industrial). Bucaramanga : Universidad de Santander, 2019. pág. 65.

15. LUGO ARIAS, Jose L. Evaluación de alternativas de potabilización a bajo costo en comunidades palafíticas en el caribe norte colombiano. Tesis de Posgrado (Magíster en Ingeniería Ambiental). Barranquilla : Universidad del Norte, 2017. pág. 91.

16. TICONA, W. Propuesta de diseño de la captación de agua de lluvia mediante coberturas en las viviendas rurales, con fines de consumo doméstico en la comunidad pucajrani tiracollo – Ilave. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017. pág. 114.

- 17. PIMENTEL, J.** Diseño y sistema de abastecimiento de agua potable mediante la captación de aguas pluviales en el centro poblado Mantacra distrito de Pampas, Huancavelica 2018. Tesis (Ingeniero Civil). s.l. : Universidad César Vallejo, 2018. pág. 89.
- 18. AGUILAR, O y NAVARRO, B.** Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano de la comunidad de Llañucancha del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Abancay : Universidad Tecnológica de los Andes, 2018. pág. 132.
- 19. ARANDA, L** Diseño del sistema de captación de agua pluvial en techos como Alternativa para el ahorro de agua potable en la ciudad de Huancayo 2014. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Huancayo : Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2015. pág. 120.
- 20. FERNÁNDEZ, V.** Análisis microbiológico del agua potable del reservorio de Umuto, El Tambo - 2018. Tesis (Título de Químico Farmacéutico). Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2019. pág. 47.
- 21. OSPINA, O. y RAMÍREZ, H.** Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en Ibagué, Tolima, Colombia. *Ingeniería Solidaria*. Colombia : s.n., 2014. Vol. 10, 17, págs. 153-163.
- 22. LARREA, J. et al.** Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC*. La Habana : Ciencias Biológicas, 2013. Vol. 44, 3, págs. 24-34. ISSN: 0253-5688.
- 23. CASTILLO, M. y AVENDAÑO, E.** Efecto de las semillas de Moringa (Moringa oleifera Lam.) En las condiciones para la clarificación del agua del Río Sama. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. Tacna : s.n., 2020. Vol. 86, 1, págs. 47-57. 1810-634X.
- 24. VILLARREAL, A. y ORTEGA, K.** Revisión de las características y usos de la planta Moringa oleífera. *Investigación y desarrollo*. 2014. Vol. 22, 2. ISSN: 0121-3261.
- 25. MELO, G. y TURRIAGO, F.** Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de Moringa Oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural del municipio de acacias. Tesis (Título de Ingeniero Agroforestal). Villavicencio : Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2012. pág. 82.

- 26. CEGARRA, J.** *Metodología de la Investigación Científica.* [en línea] (2004). Barcelona : Ediciones Díaz de Santo, 2004. ISBN: 978-84-7978-624-8. Disponible en: <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24111w/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Cientifica%20y%20Tecnologica%20-%20Jose%20Cegarra%20Sanchez.pdf>
- 27. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M.** *Metodología de la Investigación sexta edición.* México : Mc Graw Hill education, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- 28. CENTRO Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.** *Captación De Agua De Lluvia Para Consumo Humano: Especificaciones Técnicas.* [En línea] Marzo de 2003. [fecha de consulta: 3 de Octubre de 2023.] Disponible en: [https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/tecno-ciencia/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano-tecno-ciencia/captacion-de-agua-para-consumo-humano-tecno-ciencia.](https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/tecno-ciencia/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano-tecno-ciencia/captacion-de-agua-para-consumo-humano-tecno-ciencia)
- 29. BAUTISTA, A. y et al.** Calidad Microbiológica del Agua Obtenida por Condensación de la Atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. Mexico : Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 2013. Vol. 29, 2. ISSN: 0188-4999.
- 30. AUCCATINCO, R.** Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cusco : Universidad Continental, 2021. pág. 110.
- 31. DE LA VEGA, M.** *Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.* s.l. : Refugia Centro para la Conservación de la Ecobiodiversidad A, 2012. ISBN: 5590-2977.
- 32. BUSTAMANTE, G. y CORDON, C.** Amortiguadores (BUFFERS). La Paz : Rev. Act. Clin. Med, 2014. Vol. 40, 40, págs. 2087-2091. ISSN: 2304-3768.
- 33. CRUZ, M.** Evaluación del Nivel de Cotaminación de los principales parámetros microbiológicos de control sanitario del agua potable del distrito ilave 2021-2022. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental) Puno : Universidad Privada San Carlos, 2023. pág. 109.
- 34. LÓPEZ, C.** Cuantificación del Calcio y Magnesio en agua para consumo humano y el aporte en su alimentación. Tesis de posgrado (Doctoris Scientiae en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente). Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2018. pág. 84.

35. NDABIGENGESERE, A. y NARASIAH, S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Water research*. Gran Bretaña : Elsevier Science, 1998. Vol. 32, 3. ISSN: 0043-1354.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA	MUESTRA	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis General	Variables			
¿Cuál es la influencia de <i>Moringa oleifera</i> y microorganismos eficaces en la biorremediación de los contaminantes de agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024?	Analizar la influencia de la <i>Moringa oleifera</i> y microorganismos eficaces en la biorremediación del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024	La <i>Moringa oleifera</i> y microorganismos eficaces influyen 100% en la biorremediación de los contaminantes del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024.	Variable independiente: <ul style="list-style-type: none"> <i>Moringa oleifera</i> Microorganismos eficaces Variable dependiente: <ul style="list-style-type: none"> Biorremediación del agua de lluvia 	Tipo de investigación: <ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada Nivel de investigación: <ul style="list-style-type: none"> Nivel explicativo Método General: <ul style="list-style-type: none"> Hipotético deductivo Diseño de Investigación: <ul style="list-style-type: none"> Diseño experimental no 	El proyecto no tendrá población ni muestra, debido a que el trabajo tiene como finalidad realizar una aplicación de diversos estudios demostrando con datos de laboratorio, teniendo en cuenta que la lluvia no se puede realizar un muestreo por sector ni población	Técnica de investigación: <ul style="list-style-type: none"> Observación Instrumento de investigación <ul style="list-style-type: none"> Lista de cotejo
Problemas Específicos	Objetivo Específicos		Indicadores de variables			
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las propiedades físicas y microbiológicas del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024? ¿Cuáles son las propiedades físicas de la <i>Moringa oleifera</i> en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024? ¿Cuáles son las propiedades microbiológicas de los Microorganismos eficaces en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024? 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades físicas y microbiológicas del agua de lluvia en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024. Describir las propiedades físicas de la <i>Moringa oleifera</i> en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024. Describir las propiedades microbiológicas de los Microorganismos eficaces en el distrito de El Tambo, Huancayo – 2024. 		Variable independiente: <ul style="list-style-type: none"> Concentración de <i>Moringa oleifera</i> Concentración de microorganismos eficaces Variable dependiente: <ul style="list-style-type: none"> Turbiedad PH Conductividad eléctrica Dureza total Cloruros Nitratos Calcio 			

Anexo 2: Cargo de solicitud para muestras bacteriológicas y fisicoquímicas

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Huancayo, 25 de octubre del 2024

CARTA N°01

Señor

DR. CHRISTIAN DANY MATAMOROS VERA
Director de la Dirección Regional de Salud Junín

ASUNTO : Solicitud de Análisis Bacteriológico y Físicoquímico de Agua
ATENCIÓN : DESAIA-LABORATORIO

Estimados señores:

Me dirijo a ustedes para solicitar la realización de cuatro análisis bacteriológicos y cuatro análisis fisicoquímicos de agua, correspondiente a la muestra de Agua de lluvia, debido a un desarrollo de trabajo de investigación de tesis.

Datos de la muestra:

- **Tipo de muestra:** Agua de lluvia
- **Cantidad:** 8 muestras
- **Lugar de muestreo:** Distrito de El Tambo
- **Fecha de recolección:** 28 de octubre del 2024

Además, adjunto los 8 boucher del derecho de pago por el servicio solicitado, conforme a los requisitos establecidos por su entidad.

Agradezco su atención y quedo a la espera de su pronta respuesta para coordinar los detalles necesarios para el análisis.

Sin otro particular, me despido cordialmente.

Atentamente,

ROJAS CEVALLOS IVAN ALEXIS
N° DE CONTACTO: 925917263



Anexo 3: Resultados de análisis bacteriológicos del agua de lluvia



DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE MUESTRA DE AGUA DE LLUVIA

ENSAYO N° 013 – 2024



GOBIERNO REGIONAL JUNÍN Gerencia Regional de Salud
 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante	: IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS	
Dirección	: Jr.Tumbes-El Tambo Huancayo	
Responsable del muestreo	: Ivan Alexis Rojas Cevallos	
Fecha y Hora de llegada al Laboratorio	28 / 10 / 2024	11:00 a.m

II. DATOS DEL MUESTREO

Código de Lab.	Origen de la muestra/Punto de muestreo	Localidad/Distrito/Provincia/Departamento.	Muestreo Fecha /Hora
013-BRD-24	Agua de lluvia	El Tambo / Huancayo/ Junín	27/10/24 23:31 p.m.

Nota 1: Datos I y II proporcionado por el solicitante.

III. RESULTADOS

Código de Lab.	Coliformes Totales UFC/100mL	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL
013-BRD-24	0	0

Método: NTP 214.031-2001(revisada el 2016). Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes total. Método Filtro de membrana y NTP 214.32(revisada el 2016)

Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes termotolerantes Método Filtro de membrana.



Huancayo, 06 de Octubre 2024

NSR/nsr
c.c Archivo

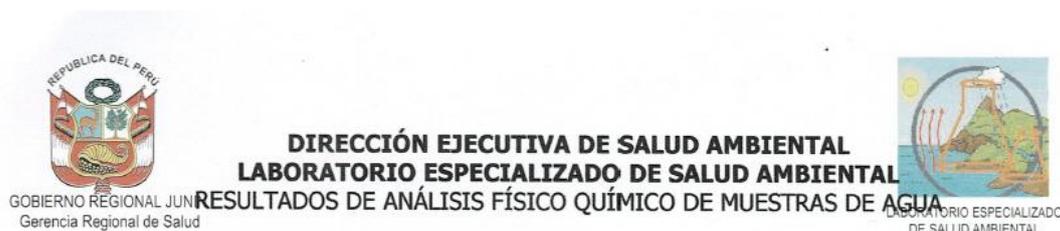

Mg. Nadya Salas Rojas
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP: 165761

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)
 Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891

E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com

Anexo 4: Resultados de análisis Físico químico del agua de lluvia



INFORME DE ENSAYO N° 14- 2024

LOCALIDAD : El Tambo N° DE REFERENCIA : 14-BRD-24
 DISTRITO : El Tambo FECHA DE MUÉSTREO : 27/10/24
 PROVINCIA : Huancayo FECHA DE INGRESO AL LAB.: 28/10/24
 DEPARTAMENTO : Junín FECHA DE ANÁLISIS : 28/10/24
 SOLICITANTE : IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS
 DIRECCIÓN : Jr. Tumbes-El Tambo Huancayo
 NOMBRE DE LA FUENTE : **Agua de Lluvia**
 PUNTO DE MUESTREO : Agua de lluvia sola
 MUESTREADO POR : Ivan Alexis Rojas Cevallos

ASPECTO	: CRISTALINO	COLOR	: < 1 UNIDAD DE COLOR
OLOR	: SUI GENERIS	SABOR	: SUI GENERIS
PH	: 7.80	TURBIEDAD	: 2.3 UNT
CONDUCTIVIDAD	: 388 uS/cm.		

ALCALINIDAD TOTAL	(CaCO ₃)	14.00	
DUREZA TOTAL	(CaCO ₃)	17.00	mg/l.
DUREZA CÁLCICA	(CaCO ₃)	61.00	mg/l.
COLOR LIBRE	HOCL	----	mg/l.
COLOR TOTAL	CL	----	mg/l.
CLORUROS	(Cl)	229.00	mg/l.
SULFATOS	(SO ₄ =)	13.00	mg/l.
NITRATOS	(N-NO ₃)	1.60	mg/l.
CALCIO	(Ca)	<10.0	mg/l.
MAGNESIO	(Mg)	<5.0	mg/l.
CADMIO	(Cd)	----	mg/l.
COBRE	(Cu)	Ausente	mg/l.
CROMO	(Cr)	Ausente	mg/l.
HIERRO	(Fe)	0.08	mg/l.
MANGANESO	(Mn)	Ausente	mg/l.
PLOMO	(Pb)	----	mg/l.
ZINC	(Zn)	0.04	mg/l.
SODIO	(Na)	----	mg/l.



Huancayo, 06 de Octubre del 2024

Nadya S.
 Mg. Nadya Salas Rojas
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP: 165781

NSR/CCP/nsr
 c.c. Archivo

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)

Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891

E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com

Anexo 5: Resultados de análisis Bacteriológico del agua de lluvia y *Moringa oleifera*



GOBIERNO REGIONAL JUNIN
Gerencia Regional de Salud

DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL
RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE MUESTRA DE AGUA INFORME DE ENSAYO N° 015 – 2024

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante		: IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS	
Dirección	: Jr.Tumbes-El Tambo Huancayo		
Responsable del muestreo	: Ivan Alexis Rojas Cevallos		
Fecha y Hora de llegada al Laboratorio	28 / 10 / 2024	11:00 a.m	

II. DATOS DEL MUESTREO

Código de Lab.	Origen de la muestra/Punto de muestreo	Localidad/Distrito/Provincia/Departamento.	Muestreo Fecha /Hora
015-BRD-24	Agua de lluvia y Moringa	El Tambo / Huancayo/ Junín	27/10/24 23:46 p.m.

Nota 1: Datos I y II proporcionado por el solicitante.

III. RESULTADOS

Código de Lab.	Coliformes Totales UFC/100mL	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL
015-BRD-24	0	0

Método: NTP 214.031-2001(revisada el 2016). Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes total. Método Filtro de membrana y NTP 214.32(revisada el 2016)

Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes termotolerantes Método Filtro de membrana.



NSR/nsr
c.c Archivo

Huancayo, 06 de Octubre 2024

Madya Rojas
Mg. Madya Salas Rojas
INGENIERO QUÍMICO
CIP: 165761

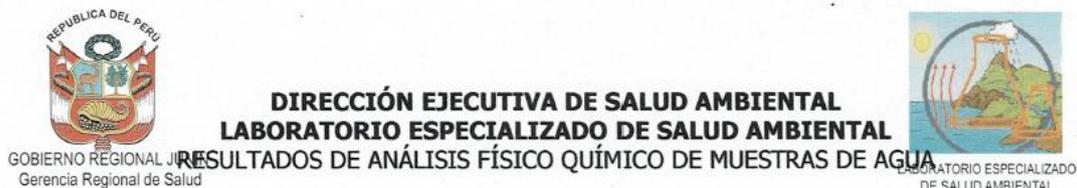
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)

Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891

E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com

Anexo 6: Resultados de análisis Físico químico del agua de lluvia y *Moringa oleifera*



**DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL**

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA

INFORME DE ENSAYO N° 16- 2024

LOCALIDAD : El Tambo N° DE REFERENCIA :16-BRD-24
 DISTRITO : El Tambo FECHA DE MUÉSTREO : 27/10/24
 PROVINCIA : Huancayo FECHA DE INGRESO AL LAB.:28/10/24
 DEPARTAMENTO : Junín FECHA DE ANÁLISIS : 28/10/24
 SOLICITANTE : IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS
 DIRECCIÓN : Jr. Tumbes-El Tambo Huancayo
 NOMBRE DE LA FUENTE : **Agua de Lluvia y Moringa**
 PUNTO DE MUESTREO : Agua de lluvia y Moringa
 MUESTREADO POR : Ivan Alexis Rojas Cevallos

ASPECTO	: CRISTALINO	COLOR	: < 1 UNIDAD DE COLOR
OLOR	: SUI GENERIS	SABOR	: SUI GENERIS
PH	: 6.43	TURBIEDAD	: 1.1 UNT
CONDUCTIVIDAD	: 293 uS/cm.		

ALCALINIDAD TOTAL	(CaCO ₃)	11.00	
DUREZA TOTAL	(CaCO ₃)	26.00	mg/l.
DUREZA CÁLCICA	(CaCO ₃)	61.00	mg/l.
COLOR LIBRE	HOCL	----	mg/l.
COLOR TOTAL	CL	----	mg/l.
CLORUROS	(Cl)	165.00	mg/l.
SULFATOS	(SO ₄ =)	12.00	mg/l.
NITRATOS	(N-NO ₃)	1.40	mg/l.
CALCIO	(Ca)	<10.0	mg/l.
MAGNESIO	(Mg)	<5.0	mg/l.
CADMIO	(Cd)	----	mg/l.
COBRE	(Cu)	Ausente	mg/l.
CROMO	(Cr)	Ausente	mg/l.
HIERRO	(Fe)	0.08	mg/l.
MANGANESO	(Mn)	Ausente	mg/l.
PLOMO	(Pb)	----	mg/l.
ZINC	(Zn)	0.02	mg/l.
SODIO	(Na)	----	mg/l.



Huancayo, 06 de Octubre del 2024

Medyca
 Mg. Nadya Salas Rojas
 INGENIERO QUIMICO
 CIP: 165761

NSR/CCP/nsr
 c.c. Archivo

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)

Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891

E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com

Anexo 7: Resultados de análisis Bacteriológico del agua de lluvia y Microorganismos eficaces



DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE MUESTRA DE AGUA INFORME DE ENSAYO N° 019 – 2024



GOBIERNO REGIONAL JUNÍN Gerencia Regional de Salud

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

I. DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante	: IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS	
Dirección	: Jr.Tumbes-El Tambo Huancayo	
Responsable del muestreo	: Ivan Alexis Rojas Cevallos	
Fecha y Hora de llegada al Laboratorio	28 / 10 / 2024	11:00 a.m

II. DATOS DEL MUESTREO

Código de Lab.	Origen de la muestra/Punto de muestreo	Localidad/Distrito/Provincia/Departamento.	Muestreo Fecha /Hora
019-BRD-24	Agua de lluvia y EM.1	El Tambo / Huancayo/ Junín	27/10/24 23:55 p.m.

Nota 1: Datos I y II proporcionado por el solicitante.

III. RESULTADOS

Código de Lab.	Coliformes Totales UFC/100mL	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL
017-BRD-24	0	0

Método: NTP 214.031-2001(revisada el 2016). Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes total. Método Filtro de membrana y NTP 214.32(revisada el 2016) Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes termotolerantes Método Filtro de membrana.

Huancayo, 06 de Octubre 2024

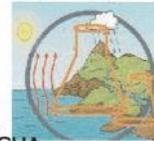
NSR/nsr
c.c Archivo





Mg. Nadya Salas Rojas
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP: 165761

Anexo 8: Resultados de análisis Físico químico del agua de lluvia y Microorganismos eficaces



**DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL
RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° 20- 2024

LOCALIDAD	: El Tambo	N° DE REFERENCIA	:20-BRD-24
DISTRITO	: El Tambo	FECHA DE MUÉSTREO	: 27/10/24
PROVINCIA	: Huancayo	FECHA DE INGRESO AL LAB.:	28/10/24
DEPARTAMENTO	: Junín	FECHA DE ANÁLISIS	: 28/10/24
SOLICITANTE	: IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS		
DIRECCIÓN	: Jr. Tumbes-El Tambo Huancayo		
NOMBRE DE LA FUENTE	: Agua de Lluvia y EM.1		
PUNTO DE MUESTREO	: Agua de lluvia y Moringa		
MUESTREADO POR	: Ivan Alexis Rojas Cevallos		

ASPECTO	: CRISTALINO	COLOR	: < 1 UNIDAD DE COLOR
OLOR	: SUI GENERIS	SABOR	: SUI GENERIS
PH	: 4.39	TURBIEDAD	: 73.7 UNT
CONDUCTIVIDAD	: 1121 uS/cm.		

ALCALINIDAD TOTAL	(CaCO ₃)	9.00	
DUREZA TOTAL	(CaCO ₃)	141.00	mg/l.
DUREZA CÁLCICA	(CaCO ₃)	61.00	mg/l.
COLOR LIBRE	HOCL	-----	mg/l.
COLOR TOTAL	CL	-----	mg/l.
CLORUROS	(Cl)	160.00	mg/l.
SULFATOS	(SO ₄ =)	128.00	mg/l.
NITRATOS	(N-NO ₃)	8.60	mg/l.
CALCIO	(Ca)	42.0	mg/l.
MAGNESIO	(Mg)	10.0	mg/l.
CADMIO	(Cd)	----	mg/l.
COBRE	(Cu)	Ausente	mg/l.
CROMO	(Cr)	Ausente	mg/l.
HIERRO	(Fe)	0.08	mg/l.
MANGANESO	(Mn)	Ausente	mg/l.
PLOMO	(Pb)	----	mg/l.
ZINC	(Zn)	0.00	mg/l.
SODIO	(Na)	----	mg/l.



Huancayo, 06 de Octubre del 2024

Mg. Nadya Salas Rojas
INGENIERO QUÍMICO
CIP: 185761

NSR/CCP/nsr
c.c. Archivo

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)
Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891
E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com

Anexo 9: Resultados de análisis Bacteriológico del agua de lluvia, *Moringa oleifera* y Microorganismos eficaces



GOBIERNO REGIONAL JUNÍN
Gerencia Regional de Salud

DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL
RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE MUESTRA DE AGUA **INFORME DE**
ENSAYO N° 017 – 2024

I. DATOS DEL SOLICITANTE

: IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS	
Solicitante	
Dirección	: Jr.Tumbes-El Tambo Huancayo
Responsable del muestreo	: Ivan Alexis Rojas Cevallos
Fecha y Hora de llegada al Laboratorio	28 / 10 / 2024 11:00 a.m

II. DATOS DEL MUESTREO

Código de Lab.	Origen de la muestra/Punto de muestreo	Localidad/Distrito/Provincia/Departamento.	Muestreo Fecha /Hora
017-BRD-24	Agua de lluvia y Moringa y EM.1	El Tambo / Huancayo/ Junín	27/10/24 23:52 p.m.

Nota 1: Datos I y II proporcionado por el solicitante.

III. RESULTADOS

Código de Lab.	Coliformes Totales UFC/100mL	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL
017-BRD-24	0	0

Método: NTP 214.031-2001(revisada el 2016). Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes total. Método Filtro de membrana y NTP 214.32(revisada el 2016)
Agua para Consumo humano por detección y recuento de coliformes termotolerantes Método Filtro de membrana.



NSR/nsr
c.c Archivo

Huancayo, 06 de Octubre 2024

Mg. Nadya Salas Rojas
INGENIERO QUÍMICO
CIP: 165761

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

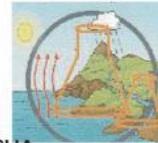
Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)
Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891
E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com

Anexo 10: Resultados de análisis Físico químico del agua de lluvia, *Moringa oleifera* y Microorganismos eficaces



GOBIERNO REGIONAL JUNÍN
Gerencia Regional de Salud

**DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL**



LABORATORIO ESPECIALIZADO
DE SALUD AMBIENTAL

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA

INFORME DE ENSAYO N° 18- 2024

LOCALIDAD : El Tambo N° DE REFERENCIA :18-BRD-24
 DISTRITO : El Tambo FECHA DE MUÉSTREO : 27/10/24
 PROVINCIA : Huancayo FECHA DE INGRESO AL LAB.:28/10/24
 DEPARTAMENTO : Junín FECHA DE ANÁLISIS : 28/10/24
 SOLICITANTE : IVAN ALEXIS ROJAS CEVALLOS
 DIRECCIÓN : Jr. Tumbes-El Tambo Huancayo
 NOMBRE DE LA FUENTE : **Agua de Lluvia ,Moringa Y EM.1**
 PUNTO DE MUESTREO : Agua de lluvia y Moringa
 MUESTREADO POR : Ivan Alexis Rojas Cevallos

ASPECTO	: CRISTALINO	COLOR	: < 1 UNIDAD DE COLOR
OLOR	: SUI GENERIS	SABOR	: SUI GENERIS
PH	: 4.27	TURBIEDAD	: 27.7 UNT
CONDUCTIVIDAD	: 1024 uS/cm.		

ALCALINIDAD TOTAL	(CaCO ₃)	11.00	
DUREZA TOTAL	(CaCO ₃)	156.00	mg/l.
DUREZA CÁLCICA	(CaCO ₃)	61.00	mg/l.
CLORO LIBRE	HOCL	----	mg/l.
CLORO TOTAL	CL	----	mg/l.
CLORUROS	(Cl)	101.00	mg/l.
SULFATOS	(SO ₄ =)	110.00	mg/l.
NITRATOS	(N-NO ₃)	6.60	mg/l.
CALCIO	(Ca)	46.0	mg/l.
MAGNESIO	(Mg)	11.0	mg/l.
CADMIO	(Cd)	----	mg/l.
COBRE	(Cu)	Ausente	mg/l.
CROMO	(Cr)	Ausente	mg/l.
HIERRO	(Fe)	0.08	mg/l.
MANGANESO	(Mn)	Ausente	mg/l.
PLOMO	(Pb)	----	mg/l.
ZINC	(Zn)	0.00	mg/l.
SODIO	(Na)	----	mg/l.



Huancayo, 06 de Octubre del 2024

NSR/CCP/nsr
c.c. Archivo

Mg. Nadya Salas Rojas
INGENIERO QUÍMICO
CIP: 165761

LABORATORIO ESPECIALIZADO DE SALUD AMBIENTAL

Oficinas Administrativas: Jirón Julio C. Tello N° 488, El Tambo – Huancayo, Telefax 064-481270 (Anexo 240)

Laboratorio: Calle Real N° 1445-Cuarto Piso – Huancayo Telf. 064 365891

E-mail: laboratoriodesa@hotmail.com