

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos, Huánuco-2024”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Valentin Matto, Vil Arnold

ASESOR: Valdivia Martel, Perfecta Sofia

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Disciplina: Biorremediación, Biotecnologías de diagnóstico en la gestión ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72363311

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención

en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002- 7194-3714

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDO S Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública.	22511841	0000-0002- 5671-1907
2	Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002- 3013-8532
3	Gamez Penadillo, Joel	Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión	23018222	0000-0003- 4228-565X



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 14 del mes de mayo del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Presidente)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario)
- Mg. Joel Gamez Penadillo (Vocal)

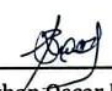
Nombrados mediante la **Resolución N° 0908-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEDIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1® Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO-2024"**, presentado por el (la) Bach. VALENTIN MATTO, VIL ARNOLD; para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobado Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de suficiente (Art. 47)

Siendo las 19:05 horas del día 14 del mes de mayo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Mg. Raul Cajahuanca Torres
DNI: 22511841
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Presidente


Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia
DNI: 46378040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Secretario


Mg. Joel Gamez Penadillo
DNI: 23018222
ORCID: 0000-0003-4228-565X
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: VIL ARNOLD VALENTÍN MATTO, de la investigación titulada "Comparación de la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos, Huánuco-2024", con asesor(a) PERFECTA SOFIA VALDIVIA MARTEL, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2154-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 23 de abril de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

131. Valentin Matto, Vil Arnold.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	22%	6%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe	5%
	Fuente de Internet	
2	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Católica de Santa María	1%
	Trabajo del estudiante	
4	Submitted to Universidad de Huanuco	1%
	Trabajo del estudiante	



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A Dios, por protegerme en cada momento y brindarme la fortaleza necesaria para alcanzar cada uno de los objetivos que me propuse.

A mis queridos padres, Wilder Valentin y Sebastiana Matto, por su amor incondicional, su constante apoyo y por ser el pilar que ha sostenido mis sueños y aspiraciones.

A mis hermanos, por ser una fuente constante de motivación, soporte esencial y aliento en mi camino hacia el logro de mis metas.

A ellos dedico con gratitud mi proyecto, que representa el fruto de su apoyo y mi esfuerzo. Sin su respaldo y sacrificio, alcanzar mis metas no habría sido posible.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco al Dios creador por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto y avanzar en mi camino formativo.

A la Universidad de Huánuco, por ser un pilar fundamental en mi crecimiento profesional y por los valiosos recuerdos que llevaré conmigo.

A mi asesor, el Mg. Valdivia Martel, Perfecta Sofia por compartir su vasto conocimiento y experiencia, los cuales fueron clave para el desarrollo exitoso de este proyecto.

A mis jurados, el Mg. Raúl Cajahuanca Torres, el Mg. Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar y Mg. Gamez Penadillo, Joel, por sus valiosas sugerencias, aportes, tiempo y experiencia que enriquecieron significativamente este trabajo.

Finalmente, a mis amigos, quienes de diversas maneras estuvieron presentes durante la ejecución de este proyecto, ofreciéndome su apoyo y compañía.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRAC	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2PROBLEMA ESPECIFICO	15
1.3 OBJETIVO GENERAL	15
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.5.1JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	15
1.5.2JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	16
1.5.3JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	16
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
MARCO TEÓRICO	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.1ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
2.1.2ANTECEDENTES NACIONALES.....	21

2.1.3	ANTECEDENTES LOCALES	25
2.2	BASES TEÓRICAS.....	26
2.2.1	MICROORGANISMOS EFICIENTES	26
2.2.2	EM•1®.....	35
2.2.3	MICROORGANISMOS DE MONTAÑA.....	37
2.2.4	SUELOS RICOS EN MICROORGANISMOS EFICIENTES...	43
2.2.5	PROPIEDADES DEL SUELO.....	44
2.2.6	EFEECTO DE LOS AGROQUÍMICOS EN EL SUELO.	50
2.2.7	ECA DE SUELO	51
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	52
2.4	SISTEMA DE HIPOTESIS	53
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL.....	53
2.5	VARIABLES	54
2.5.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	54
2.5.2	VARIABLE DEPENDIENTE	54
2.6	CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	55
CAPÍTULO III		56
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		56
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
3.1.1	ENFOQUE	56
3.1.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.1.3	DISEÑO	56
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA POBLACIÓN.....	57
3.2.1	POBLACIÓN	57
3.2.2	MUESTRA	57
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	58
3.3.1	TÉCNICAS.....	58

3.3.2 INSTRUMENTOS	59
3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	59
CAPÍTULO IV	60
RESULTADOS	60
4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS	60
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	63
CAPITULO V	69
DISCUSION DE RESULTADOS	69
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalizacion de variables	55
Tabla 2 Cuadro de georeferenciación.....	57
Tabla 3 Características físicas del suelo contaminado	60
Tabla 4 Características químicas del suelo contaminado	61
Tabla 5 Prueba de normalidad.....	62
Tabla 6 Prueba de hipotesis	64
Tabla 7 Tabla interpretativa del efecto sobre el suelo agrícola contaminado	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Características físicas del suelo contaminado	60
Figura 2 Características químicas del suelo contaminado.....	61

RESUMEN

El presente estudio titulado “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1® Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO-2024”. Tuvo como **objetivo** general comparar la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña para la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos, Huánuco, 2024. Es un estudio experimental, longitudinal, analítico, prospectivo, cuantitativo y aplicativo. Como **metodología**, se realizó la extracción del suelo contaminado en 5 puntos, 4 puntos en cada lado del perímetro y un punto en el medio de un área de 1000 m², la excavación será de 30 a 40 cm de profundidad. Los **resultados** fueron, en cuanto a la arena, se redujo en EM1 en un 4% y en MM en un 1.6%. En de arcilla, se incrementó en EM1 en un 1.6% y en el grupo de MM en un 6.4%. En limo se incrementó considerablemente en EM1 en un 15.2% y en el MM en un 8.4%. En pH, se incrementó en EM1 en un 0.386 y en MM en un 0.646. En CE, se incrementó en EM1 en un 4.424 y en MM en un 5.446. En MO, se incrementó en EM1 en un 0.326 y en MM en un 0.158. En N, se incrementó en EM1 en un 0.01 y en MM en un 0.01. En C, se incrementó en EM1 en un 14.889 y en MM en un 13.75. En P, se incrementó en EM1 en un 6.28 y en MM se reduce en un 1.607 y en óxido de potasio un incremento en EM1 en un 80.13 y en MM en un 8.996. En **conclusión**, que la eficacia biorremediadora del EM1 y los MM es diferente respecto al indicador de arcilla, limo, P y K₂O y respecto a los indicadores arena, pH, CE, MO, N y C es igual en ambos grupos experimentales.

Palabras clave: Comparación, agroquímicos, biorremediación, microorganismos eficientes, contaminación, eficacia.

ABSTRAC

The present study titled "COMPARISON OF THE BIOREMEDIATION EFFICACY OF EM.1® EFFICIENT MICROORGANISMS AND MOUNTAIN MICROORGANISMS (MM) FOR THE IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF SOIL CONTAMINATED BY AGROCHEMICALS, HUÁNUCO-2024". Its general **objective** was to compare the bioremediation effectiveness of efficient EM1 microorganisms and mountain microorganisms for improving the quality of soil contaminated by chemicals, Huánuco, 2024. It is an experimental, longitudinal, analytical, prospective, quantitative and applicative study. As a **methodology**, the extraction of the contaminated soil was carried out at 5 points, 4 points on each side of the perimeter and one point in the middle of an area of 1000 m², the excavation will be 30 to 40 cm deep. The **results** were, as for sand, it was reduced in EM1 by 4% and in MM by 1.6%. %. In clay, it increased in EM1 by 1.6% and in the MM group by 6.4%. In silt it increased considerably in EM1 by 15.2% and in MM by 8.4%. In pH, it increased in EM1 by 0.386 and in MM by 0.646. In CE, it increased in EM1 by 4,424 and in MM by 5,446. In MO, it increased in EM1 by 0.326 and in MM by 0.158. In N, it increased in EM1 by 0.01 and in MM by 0.01. In C, it increased in EM1 by 14.889 and in MM by 13.75. In P, it increased in EM1 by 6.28 and in MM it was reduced by 1.607 and in potassium oxide an increase in EM1 by 80.13 and in MM by 8.996. In **conclusion**, the bioremediation the EM1 and the MM is different with respect to the clay, silt, P and K₂O indicator and with respect to the sand, pH, EC, MO, N and C indicators it is the same in both experimental groups.

Keywords: Comparison, agrochemicals, bioremediation, efficient microorganisms, contamination, efficacy.

INTRODUCCIÓN

Los suelos de la agricultura están contaminados por el uso intensivo de agroquímicos que constituye un desafío crítico para la salud ambiental y la salud alimentaria. Este problema afecta directamente a la productividad de los suelos, altera su equilibrio ecológico y arriesga la salud humana y de los ecosistemas. Viendo ello, nace la idea de implementar estrategias de remediación efectivas y sostenibles que permitan recuperar la calidad del suelo y garantizar su funcionalidad a futuro.

Los microorganismos biorremediadores, como los Microorganismos Eficientes (EM.1®) y los Microorganismos de Montaña (MM), representan alternativas prometedoras debido a su capacidad para degradar contaminantes, mejorar en cuanto a las propiedades físicas y químicas del suelo y favorecer el equilibrio microbiológico. Sin embargo, es esencial evaluar y comparar la eficacia de estas tecnologías en escenarios específicos para determinar su viabilidad y optimizar su uso.

Esta investigación tuvo como objetivo comparar la eficacia biorremediadora de los Microorganismos Eficientes (EM.1®) y los Microorganismos de Montaña (MM) en su capacidad para mejorar la calidad de suelos que están contaminados por agroquímicos en la región de Huánuco durante el año 2024. A través de esta investigación, se busca generar información relevante sobre el impacto de estas tecnologías en indicadores clave del suelo, como su composición microbiológica, contenido de nutrientes y propiedades mecánicas, con el fin de proponer soluciones concretas para la mitigación de la contaminación.

Esta investigación es importante porque contribuye al conocimiento técnico-científico sobre métodos de biorremediación aplicados a suelos agrícolas contaminados, así como en su potencial para informar políticas públicas y prácticas agrícolas más sostenibles en regiones afectadas como Huánuco. De esta manera, se espera fomentar el uso sostenible de los recursos naturales y garantizar la conservación de los suelos como base fundamental para el desarrollo agrícola y ambiental.

La población de estudio estuvo comprendida por el suelo contenido en un área de 1000m², suelo contaminado por agroquímicos, dicho suelo está

ubicado en el caserío de Huaguín, distrito de Chinchao y departamento de Huánuco. Con una muestra de 5 kg de suelo contaminado por cada unidad de análisis. Además, las limitaciones fueron superados satisfactoriamente para la ejecución de la investigación.

Al culminar la investigación, se concluyó que existe una diferencia significativa en los indicadores de arcilla, limo, fósforo (P) y óxido de potasio (K_2O) al comparar el uso de Microorganismos Eficientes (EM1) con los Microorganismos de Montaña (MM) en la biorremediación de suelos contaminados.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La problemática en general de los suelos actualmente se ve afectado por las actividades y mal manejo del hombre, como la tala excesiva de bosques, contaminación del agua, uso de productos químicos y entre otros.

El suelo es un ecosistema activo y en constante transformación, caracterizado por albergar una diversidad de organismos que desempeñan trabajos importantes en la descomposición de residuos orgánicos. Dentro de este ecosistema, los organismos edáficos constituyen una reserva biológica de nutrientes, siendo fundamentales para la conservación de la calidad del suelo. Debido a su interacción directa con el entorno, estos microorganismos actúan como indicadores sensibles, permitiendo evaluar la presencia de compuestos agroquímicos, en el suelo (Tenorio, 2020).

Hoy en día las industrias, asociaciones, empresas grandes y/o pequeñas, mayoristas, campesinos y todo aquello relacionado con la agricultura, por lo general conllevan al uso desmedido de productos químicos agropecuarios como: herbicidas, plaguicidas, fungicidas, fertilizantes, etc. Esta práctica contamina generalmente a los suelos cultivables, dañando los suelos, disminuyendo su fertilidad, cambios de estructura de la tierra, muerte de microorganismos del suelo y productos de cultivos contaminados ya que en un periodo determinado quedaran presentes los elementos químicos.

Según la organización mundial de la salud (OMS) a nivel mundial se manejan más de 1000 plaguicidas para prevenir que las plagas deterioren los cultivos o dañen los alimentos; en el cual cada plaguicida tiene propiedades y efectos toxicológicos diferentes (OMS, 2018). Según la OMS, en el 2024 murieron un aproximado de 346 000 personas, a causa de intoxicación al intestino por uso de plaguicidas. De estas muertes, el 91% se produjo en países de ingreso bajo y mediano (Barranco & Guzmán, 2020).

Los impactos de estos productos químicos utilizado en cultivos agrícolas cambian de acuerdo a la composición química y a los metabolismos que generan cuando estos se descomponen o degradan. Estos metabolitos

son capaces de superar a la sustancia inicial en toxicidad. También se conoce que los agroquímicos por lo general tienen esa facultad de bioacumularse y biomagnificarse en el ecosistema, por ende, su persistencia en el ambiente es de mucho tiempo, con consecuencias capaces de ser letales, como por ejemplo la extinción de aves, a causa de uso de DDT en la década de los 50. De igual manera los impactos de estas sustancias dependen también de las condiciones climáticas, del tipo de suelo, las características físico químico del agroquímico y de su solubilidad en el agua, estas sustancias químicas presentes se le consideran tóxicos para los factores abióticos y bióticos en el suelo (Vivas Darío, 2020).

En la localidad de Huaguin, que se encuentra en el distrito de Chinchao, la agricultura es la actividad más importante para la economía, con un 85% de la población dedicada a ella. La problemática relacionada con el uso de agroquímicos en la agricultura es un tema de gran relevancia en la localidad de Huaguin, Distrito de Chinchao, Provincia y Región Huánuco. En esta zona, la agricultura representa la principal actividad económica, ocupando aproximadamente al 85% de toda la población. Debido a esta dependencia del sector agrícola, los agricultores recurren al uso de productos agroquímicos como pesticidas, herbicidas y fungicidas para el tratamiento de los cultivos, con el fin de mejorar la productividad y combatir diversas problemáticas agronómicas como plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales en las plantas. La aplicación inadecuada de estos productos agroquímicos, debido al desconocimiento de prácticas agrícolas sostenibles, ha provocado cambios negativos en el suelo, como compactación, pérdida de materia orgánica, pérdida de ecosistema, muerte de microorganismos eficientes existentes y alteración del pH. Esto afecta a la captación de alimentos nutritivos por las plantas, resultando en cultivos de menor calidad.

Para mitigar estos efectos, es crucial promover el uso responsable de agroquímicos, capacitar a los agricultores en técnicas sostenibles y fomentar políticas públicas que regulen su aplicación. Para abordar esta problemática, es fundamental implementar estrategias que promuevan un manejo amigable con el ambiente, suelo y el uso responsable de agroquímicos. Enseñar a los agricultores en el uso de técnicas sostenible, el uso de fertilizantes orgánicos y la rotación de cultivos pueden contribuir a mitigar los efectos negativos en el

suelo y obtener productos sanos y saludables. Asimismo, el desarrollo de políticas públicas orientadas en el control en cuanto al uso de estos productos químicos e incentivar a prácticas ecológicas agrícolas que podría ser clave para garantizar un buen ambiente en la agricultura en la región de Huánuco y la seguridad alimentaria de la población.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña para la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos, Huánuco, 2024?

1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO

¿Cuáles son las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña?

¿Cuáles son las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña para la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos, Huánuco, 2024.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña.

Describir las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En este estudio se comparó la eficacia de los microorganismos

eficientes EM.1 y los microorganismos de montaña en la aplicación sobre los suelos lo cual se cuenta con antecedentes necesaria y actualizada sobre estos microorganismos y su comportamiento en el suelo al momento de aplicarlo en ella. Para ello se apegará a un seguimiento constante a todos los parámetros e indicadores.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Este trabajo será de carácter importante ya que se brindará información de contribución al cuidado del suelo, la investigación será de manera práctica supervisada por mi persona en todo el proceso lo cual nos arrojará datos informativos sobre el comportamiento de ambas sustancias que se aplicará en dicha investigación.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El apoyo de este trabajo se basó en las metodologías técnicas y científicas para garantizar resultados confiables al momento de estudiar el comportamiento en el suelo de dichas sustancias que son los microorganismos eficientes. al ser una investigación de un diseño experimental, se someterá a diferentes pruebas de laboratorio antes y después de su aplicación de los microorganismos al suelo contaminado por productos químicos.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Unos de los obstáculos que se presentó en dicha investigación es la distancia desde la ciudad hasta el lugar donde están los suelos contaminados, ya sea para el estudio en el mismo lugar o traer las cantidades exactas hasta la ciudad para su estudio determinado.

La limitación posible en este trabajo fue al momento del proceso de elaboración de los microorganismos de montaña listo para su aplicación al suelo, el proceso de elaboración toma tiempo y trabajo para hacerlo de manera correcta, a esto se suma el desconocimiento de la dosis adecuada al aplicar estos microorganismos al suelo para comprender las diferencias de comportamiento de ambos microorganismos.

De manera que se realizó pruebas de laboratorio para apreciar

y comprender los resultados lo cual la Universidad de Huánuco aun no implementa un laboratorio para análisis de suelo lo cual se optó por otras opciones en otras universidades.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es viable ya que es de importancia y amplio en su estudio, lo cual contribuye a la información sobre la calidad de suelo.

Para el apoyo de este trabajo se tuvo en cuenta materiales como páginas webs, artículos científicos, revistas, libros, etc. Lo cual contiene información requerida y actualizada.

Para el avance de este trabajo se contó con los microorganismos eficientes EM.1 ya listo para su activación ya que en la ciudad existe una distribuidora autorizada muy confiable dirigido por ingenieros capacitados.

Para la obtención de hojarascas para la elaboración de los microorganismos de montaña serán favorables por que naturalmente en los campos de cultivos están presentes árboles, arbustos y uno que otras especies de fauna lo cual nos facilita su recolección.

Con este trabajo se brindará información necesaria sobre el uso de microorganismos en suelos con contaminantes lo cual nos ayudará profesionalmente a comprender más sobre la calidad del suelo.

Esta investigación tuvo un tiempo de 3 a 4 meses hasta la finalización y obtención de los resultados requeridos.

El financiamiento de este proyecto es por los recursos de mismo investigador, considerando el antes, durante y después de la ejecución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Alvarez, (2021). La investigación evaluación de la eficiencia de los microorganismos eficientes (EM•1®) y los microorganismos de montaña en distintas concentraciones sobre el desarrollo de plantines de café (*Coffea arabica* L.) en Caranavi, La Paz, Bolivia. El objetivo principal fue determinar el impacto de estos microorganismos en el crecimiento de los plantines, aplicándolos en diferentes concentraciones y comparando sus efectos con un grupo control. En la metodología del estudio se diseñó con seis tratamientos y un grupo testigo, utilizando distintas concentraciones en el desarrollo foliar, altura de la planta, diámetro del tallo, dimensiones de las hojas, longitud de la raíz y número de pares de hojas al momento del trasplante. Resultados, indicaron que el tratamiento T6 (MM al 6 %) fue el más eficiente, ya que mejoró la porosidad del sustrato, aumentó el contenido de materia orgánica y mantuvo un pH cercano a la neutralidad. Además, la aplicación de microorganismos estimuló significativamente el crecimiento de los plantines, con valores superiores al testigo en los tratamientos T1, T2, T4, T5 y T6. En conclusión, la aplicación de microorganismos de montaña al 6 % mejora las propiedades fisicoquímicas del sustrato y optimiza el desarrollo de los plantines de café en la etapa de vivero. El uso de estos microorganismos representa una alternativa viable para mejorar la calidad del suelo y mitigar el impacto negativo de las prácticas agrícolas convencionales en los ecosistemas.

Romero et al., (2020). La investigación sobre el efecto de los microorganismos de montaña en el desarrollo y productividad del cultivo de pimienta en condiciones de campo en Cuba, tuvo como objetivo evaluar la influencia de estos microorganismos en el crecimiento y rendimiento del cultivo. La metodología del estudio se llevó a cabo en una zona de producción privada entre febrero y mayo

de 2019. La aplicación del bioproducto se realizó manualmente utilizando una mochila de 20 litros de capacidad, con una frecuencia semanal. Las labores de manejo del cultivo siguieron las directrices establecidas en el Instructivo Técnico para el Cultivo del Pimiento. Se evaluaron 15 plantas por tratamiento, considerando parámetros productivos como peso, ancho y longitud del fruto, grosor del pericarpio y número de semillas. El diseño experimental correspondió a bloques al azar con tres repeticiones, y el análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de clasificación simple, con comparaciones de medios mediante la prueba de rangos Múltiples de Tukey ($p < 0.05$), utilizando el software Statgraphic Plus versión 5.1. Los resultados indicaron que los mejores valores en cuanto a peso y ancho del fruto se obtuvieron con la aplicación del bioproducto al 5 %, mientras que para la longitud del fruto, las concentraciones del 5 % y 10 % mostraron los mayores beneficios. En términos generales, la mayor efectividad del bioproducto se evidencia con concentraciones bajas (5 % y 10 %), lo que sugiere que su aplicación en dosis moderadas favorece el desarrollo del cultivo. Se concluye que la utilización de microorganismos de montaña mejora significativamente los parámetros morfológicos y productivos del pimiento, alcanzando los mejores resultados con la concentración del 5%, lo que valida su potencial como alternancia.

Valencia & Anaya, (2022). En su estudio titulado "Microorganismos de montaña, una alternativa para la biofertilización de cultivos agrícolas en Colombia", como objetivo fue analizar el impacto y la viabilidad del uso de estos microorganismos como una estrategia sostenible para la producción agrícola. La investigación tuvo como propósito identificar experiencias relacionadas con la aplicación de microorganismos de montaña (MM) en distintos cultivos, evaluando su potencial como alternativa ecológica a los fertilizantes convencionales. La metodología empleada consistió en una revisión sistemática de literatura científica sobre el uso de estos microorganismos, con especial enfoque en América Latina y Colombia. A partir del análisis de diversas bases de datos, se examina el progreso

y la efectividad de su implementación en la biofertilización agrícola. Los resultados indicaron que la incorporación de microorganismos de montaña como biofertilizantes no solo favorece la productividad de los cultivos, incrementando la biomasa y mejorando la eficiencia en la producción de alimentos orgánicos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental. En conclusión, su uso representa una alternativa viable para reducir la dependencia.

Tanya & Leiva, (2019). En la investigación Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas-Ecuador. Cuyo objetivo de este artículo académico es resaltar y profundizar sobre los microorganismos eficientes, dando así su comprobación de su funcionalidad y eficiencia en la agricultura. La metodología usada en este artículo se llevó a cabo en una evaluación de la literatura científica de la última década en relación con las minorías étnicas, haciendo Énfasis en grupos de microorganismos. editor, características principales, los atributos funcionales que realizan y sus aplicaciones agrícolas. Se referencian artículos científicos de revistas indexadas en Web of Science (SCI, SCOPUS), en bases de datos especializadas reconocidas internacionalmente Springer, Elsevier, Pascal, Medline, EBSCO, Biological Abstract, CAB International, Scimago y en la base de datos de empresas especializadas reconocidas regionalmente como como: Scielo, Redalyc y Latindex. Se ve como resultado que Los grupos de microorganismos que componen EM Estan formado por cinco grupos. microorganismos en general: a-) bacterias ácidas bacterias del ácido láctico, b-) bacterias fotosintéticas, c-) levadura, d-) actinomicetos, e-) hongos filamentosos fermentables. Y en sus funcionalidades como la fijación de Nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos orgánicos, mejora de la reserva de P del suelo sin perturbar negativamente la microflora, efectos sobre la fotosíntesis, la retención del agua en los suelos a causa de la aplicación de EM, etc. Son resultados benéficos en la agricultura tanto para el suelo y las plantas. En conclusión, los microorganismos eficientes comprenden una gran diversidad, tienen numerosas aplicaciones

agrícolas en gran beneficio para los suelos en desventajas y las plantaciones realizadas por el hombre.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Ramos & Mamani, (2020). La investigación titulada *"Determinación de la concentración óptima de microorganismos eficientes (EM) para la restauración de suelos en cultivos de manzano en la Hacienda Casa Blanca de Huaral – Lima"*, tuvo como **objetivo** establecer la dosis más adecuada de microorganismos eficientes (EM) para la recuperación de suelos degradados. El estudio se centró en identificar la concentración óptima de estos microorganismos para la restauración de suelos de manzanos afectados por el exceso de nutrientes, generado por el uso prolongado de productos químicos. La investigación se llevó a cabo en la Hacienda Casa Blanca, ubicada en Huaral – Lima, con el fin de evaluar estrategias sostenibles que permitan mejorar la calidad del suelo y reducir los impactos negativos de la fertilización química en los cultivos frutales. La **metodología** que se ve en este trabajo es la aplicación de microorganismos eficientes (EM) al 5%, 7.5% y 10% en un periodo de 7 días, 15 días y 30 días. Para ellos se elaboró la sustancia que se empleará a los cultivos de manzano con la dosis mencionada, en este método se escogió 9 plantas aleatoriamente donde se incluye el testigo para su aplicación de las dosis mencionadas, se demarco el área de estudio con un cordel para su determinación y con letreros de señalización, la aplicación de estos microorganismos eficientes activado se dio cada 7 días, 15 días y 30 días durante 3 meses, ya que se toma 9 plantas de manera aleatoria se hizo grupo de 3, a lo cual a 3 plantas se le aplicó los (EM) cada 7 días al 5%, 7.5% y 10% y a los siguientes 3 plantas se le aplicó cada 15 días al 5%, 7.5% y 10% y a los últimos 3 plantas se le aplicó cada 30 días al 5%, 7.5% y 10%. A continuación, se toma las muestras respectivas de manera correcta para realizar un estudio determinado en el laboratorio para comprender sus cambios y propiedades del suelo. Los **resultados** de la investigación determinaron que la aplicación óptima de microorganismos eficientes (EM) se alcanza con

una concentración del 10%, aplicada con una frecuencia de cada 15 días. Bajo estas condiciones, se obtuvo un pH de 7,52, contenido de nitrógeno del 0,13%, fósforo de 36,60 ppm, potasio de 203 ppm, materia orgánica del 2,33%, conductividad eléctrica de 1,4 dS/m y una capacidad de intercambio catiónico de 12,85 meq/100 g. Se **concluye** que la aplicación al 10% por el periodo de 15 días brinda resultados favorables a los manzanos y al buen cuidado del suelo ya que ayuda en la recuperación de los componentes del suelo.

Angulo Pinedo & Garcia Arirama, (2022). En la investigación Aplicación de microorganismos eficientes (EM) y *Trichoderma harzianum* para la biorremediación de suelos de arroz contaminados con Carbofuran, Morales–Cacatachi-Tarapoto. Se menciona la aplicación de 2 sustancias biorremediadoras de suelos de arroz contaminado por el uso de Carbofuran, uno de los productos químicos utilizado en la agricultura, el objetivo de este trabajo es la evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes (EM) y *Trichoderma harzianum* para la biorremediación de suelos de arroz contaminados con Carbofuran. En la metodología se utiliza la estadística descriptiva y inferencial, se aplicó al suelo estas sustancias biorremediadoras primero solo el microorganismo eficiente (EM) aplicado a 3 grupos de estudio al 40 ml/kg, 80ml/kg y 120ml/kg de concentración de Carbofuran más 3 grupos de testigo, la segunda aplicación fue la mezcla de los microorganismos eficientes (EM) más el *Trichoderma harzianum* aplicado a 3 grupos de estudio al 40 ml/kg, 80ml/kg y 120ml/kg de concentración de Carbofuran más 3 grupos de testigo, por último se aplicó solo la *Trichoderma harzianum* a 3 grupos de estudio al 40 ml/kg, 80ml/kg y 120ml/kg de concentración de Carbofuran más 3 grupos de testigo, ellos en 2 tiempos de 20 y 40 días, obteniendo un total de 36 macetas de estudio lo cual registraron resultado diferentes. Los resultados obtenidos revelan que la aplicación de microorganismos eficientes (EM) después de 20 días alcanza una eficiencia del 97.95 % (0.82 mg/kg) en C3, mientras que en C1 y C2 la concentración se reduce a valores inferiores a 0.01 mg/kg., lo que equivale a una

eliminación del 100 %. En cuanto a los tratamientos, T2 logró disminuir la concentración de 120 mg/kg a 0,81 mg/kg, mientras que T3 con C3 alcanzó un valor similar de 0,81 mg/kg. Respecto a las propiedades físicas del suelo, el porcentaje de arcilla mostró diferencias significativas entre los suelos tratados (ST) y el grupo testigo, a los 40 días. En términos de características químicas, se observará un incremento significativo en el contenido de materia orgánica (MO) y humedad a lo largo del mismo período, mientras que el pH se mantenga estable. Se concluye que la aplicación de estas sustancias biorremediadoras muestran resultados favorables para el cuidado y el buen manejo de los suelos en los cultivos de arroz.

García, (2022). La investigación titulada "Efecto de los microorganismos en la remediación de suelos agrícolas en Tumulaca – Moquegua" tuvo como objetivo evaluar el impacto de estos microorganismos en la recuperación y mejora de la calidad del suelo agrícola. La metodología del estudio se llevó a cabo mediante un enfoque experimental, con la recolección de muestras de suelo en la zona de El Común. Se aplicó una prueba T de una muestra para la caracterización molecular, complementada con un diseño completamente al azar (DCA), que incluyó siete tratamientos y tres repeticiones. El experimento se desarrolló entre marzo y junio de 2019, aplicando diferentes concentraciones de soluciones nutritivas de microorganismos a los 100 días posteriores a la plantación de fresa. Los tratamientos evaluados fueron: T0 (antes de la aplicación), T1 (manejo convencional del agricultor), T2 (1,25 %), T3 (2,50 %), T4 (3,75 %), T5 (5,00 %) y T6 (EM1 comercial al 5,00 %). Los resultados mostraron que la caracterización molecular de la solución nutritiva identificó 28 bacterias, 7 hongos, 2 actinomicetos y 2 levaduras. En cuanto a la remediación del suelo, se evidencia que el uso de microorganismos reduce la conductividad eléctrica. Además, el análisis químico indicó que la concentración del 3.75 % mejoró significativamente la disponibilidad de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, mientras que las concentraciones de 1.25 % y 2.50 %

favorecieron la disponibilidad de fósforo en los suelos de Tumulaca. No se observaron diferencias significativas en el pH del suelo. Se concluye que la aplicación de microorganismos contribuye de manera positiva a la recuperación del suelo, mostrando eficiencia en la reducción de la conductividad eléctrica y en el incremento de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, lo que representa una alternativa sostenible. para el manejo agrícola.

Chavarría et al. (2023). En su investigación Remediación de suelos del botadero cerro San Cristóbal mediante los microorganismos (*Bacillus cereus*) en Pampas Tayacaja. El presente estudio tiene como objetivo la restauración de suelos contaminados por botaderos ilegales mediante la aplicación del microorganismo *Bacillus cereus*. Para ello como metodología, se analizaron cinco muestras de suelos contaminados, realizando experimentos que permitieron contrastar los resultados y evaluar la eficacia de este microorganismo como agente biorremediador. Los resultados revelaron que los botaderos ilegales, causados por la inadecuada gestión de residuos sólidos, generan una problemática ambiental significativa, especialmente en el distrito de Pampas, específicamente en el cerro San Cristóbal. En la investigación se evaluó una muestra de suelo de esta zona, cuyas condiciones iniciales presentaban un pH de 7.5, una temperatura de 22°C y una textura arcillosa. Tras aplicar el método de remediación con *Bacillus cereus*, se observaron cambios favorables: el pH disminuyó a 6.6, la temperatura bajó a 21°C, y la textura evolucionó hacia una composición franco-arenosa. En conclusión, se comprobó que *Bacillus cereus* es un microorganismo eficaz para la biorremediación de suelos contaminados, logrando mitigar la presencia de contaminantes provenientes de los residuos sólidos. Estos resultados reflejan su capacidad para restaurar las propiedades del suelo, evidenciada en los cambios positivos de pH, temperatura y textura, contribuyendo así a la recuperación ambiental de áreas degradadas.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Víncula, (2019). En la investigación titulada *"Determinación de microorganismos eficientes a partir de los desechos de hojarasca en la montaña de la margen derecha del río Cozo, Distrito de Quisqui, Provincia y Departamento de Huánuco"*, tuvo como **objetivo** identificar microorganismos eficientes (MEM) presentes en la hojarasca de montaña, con el objetivo de evaluar su potencial biotecnológico. Para alcanzar este propósito, se empleó una **metodología** de enfoque mixto, combinando análisis cualitativos y cuantitativos. Se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), analizando una única muestra experimental. La identificación de microorganismos se llevó a cabo a través de cultivos en placas Petri con medios de cultivo específicos, empleando una solución de 1 ml extraída de diferentes tubos de ensayo. Se aislaron y caracterizaron *Bacillus* spp., *Lactobacillus* spp., actinomicetos y *Pseudomonas* spp. Los principales **resultados** fueron, Selección y recolección de hojarasca en la zona Paccha, ubicada en la margen derecha del río Cozo. Para este proceso, se realizaron tres actividades específicas dentro del período establecido en la investigación. Con los dos sacos de hojarasca recolectados, se elaboró una mezcla de cultivo de MEM, basada en una metodología adaptada del CNEAO-INA. Después de 30 días de reposo, se inició el proceso de aislamiento de microorganismos, utilizando cultivos específicos. Se identifican cinco tipos de medios de cultivo: Agar Sabouraud (para levaduras), Agar Nutritivo (para *Bacillus* spp.), Agar Avena (para actinomicetos), Agar cetrimida (para *Pseudomonas* spp.) y Agar Rogosa (para *Lactobacillus* spp.). Finalmente, se realizó la caracterización in vitro decoloración Gram. En **conclusión**, se logró identificar microorganismos benéficos de montaña con importancia biotecnológico, lo que prácticas agrícolas sostenibles y en la mejora de la calidad del suelo.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 MICROORGANISMOS EFICIENTES

2.2.1.1 ORIGEN DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES

Los microorganismos eficientes (EM) son descubiertos en la década de los 70 por el profesor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Esta tecnología se refiere a un grupo mezclado de microorganismos como levaduras, bacterias fotosintéticas y bacterias ácido lácticas, que trabajan en conjunto para mejorar la salud del suelo y promover el desarrollo correcto de las plantas. Los EM aumentan la biodiversidad microbiana, favorecen en la transformación de restos orgánicos y mejor salud del suelo, resultando en el aumento y calidad de la producción. Además, su uso contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas sintéticos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles. Desde su creación, los EM han sido aplicados en diversas áreas de la agricultura y la ingeniería, mostrando beneficios tanto para la agricultura orgánica como para la biorremediación y el tratamiento de aguas. (Vega et al., 2021)

EM es la abreviatura mediante la cual se puede reconocer a los microorganismos eficientes de origen natural sin manipulación genética, los mismos que forman un exuberante grupo de microorganismos existentes en los ecosistemas naturales donde no ha existido aún actividad humana, siendo así seleccionados por sus beneficios y compatibilidad en cultivos mixtos. El **EM** contiene una mezcla de microorganismos benéficos, los cuales son:

- Lactobacillus, estos se asemejan a los que son usados en producción de queso y yogurt, que favorecen la fermentación y la salud del suelo.
- Levaduras, como las empleadas en la elaboración de pan, cerveza o vino, que ayudan a descomponer los restos orgánicos para producir compuestos bioactivos.

- Bacterias fototróficas o fotosintéticas, son los que están generalmente en el suelo y raíces, encargados de ayudar a recuperar la calidad de su hábitat.

Además de estos microorganismos, los EM también incluyen actinomicetos y hongos fermentadores, con función importante en la descomposición y enriquecimiento del suelo.

Lo más destacado de esta tecnología es que los microorganismos involucrados no son tóxicos, nocivos ni modificados genéticamente. Por el contrario, son completamente naturales, beneficiosos para el medio ambiente y altamente eficientes en sus funciones. El descubrimiento del Dr. Higa se basó en encontrar la manera de que coexistan y trabajen juntos estos 3 grupos microbianos en una sinergia metabólica, es decir, que el efecto conjunto de estos microorganismos es mucho más efectivo que la suma de sus acciones individuales. Esto les permite maximizar los beneficios para la agricultura y otros campos de aplicación (BID, 2009).

2.2.1.2 GRUPO MICROBIANO QUE CONFORMAN LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

- Las Bacterias Ácido Lácticas (BAL)

Son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros (Torres et al., 2015).

Estos son representados por varios géneros que generalmente tienen en común sus características morfológicas, fisiológicas y metabólicas, naturalmente son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles anaeróbicos, microaerofílicos o aerotolerantes; oxidasa, catalasa, y benzidina negativas, no reducen de nitrato a nitrito y producen ácido láctico como el producto responsable de la fermentación de los carbohidratos (Vázquez et al., 2009).

- Las bacterias ácido lácticas

Son ácidos tolerantes, así como que algunos crecen de un pH bajo de 3.2, otros en altos valores como 9.6, y en su gran mayoría en un pH de 4 y 4.5 (Carr et al., 2002).

Estos están esparcidos en el la naturaleza, para que estos se multipliquen requieren de azúcares como la Glucosa y Lactosa fuera de los aminoácidos, vitaminas y entre otras cosas que favorecen su crecimiento. Algunos alimentos como la Leche, masas de cereales, vegetales y la carne son excelentes medios de crecimiento y producción de metabolitos y bacterias lácticas (Vázquez et al., 2009).

- Las Bacterias Fotosintéticas

Estas bacterias fotosintéticas son agrupadas por *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, lo cual son microorganismos autótrofos facultativos. La fuente de carbono de estas bacterias son las raíces de las plantas y la fuente de energía son la luz solar y la energía calorífica del suelo (Su et al., 2017).

Las bacterias fotosintéticas son procariotas con sistema fotosintético y amplia distribución en el medio ambiente según el manual de Bergey de Bacteriología están divididos en 27 géneros distribuidos en 3 familias, tiene características como; bacterias Gram negativas, con una diversidad de formas como esféricas, bastones o espirales, la dimensión de estos se encuentra entre los 0.3 y 1.5 μm de diámetro, su reproducción se da mediante gemación o fisión binaria, tienen colores brillantes como purpura, rojo o marrón rojizo (Madukasi et al., 2011).

Por lo general, las bacterias fotosintéticas son Gram negativas, lo cual se encuentran demasiadas dispersas en el árbol filogenético. En su gran mayoría de estas bacterias no son proteobacterias. Se clasifican de la siguiente manera (Microbiología, 2023)

A) Bacterias Fotosintéticas no Proteobacterias

- *Fotótrofos oxigénicos*
 - Cianobacterias: Gloeotheca, Synechococcus, Nostoc, Anabaena, Oscillatoria
 - Proclorófitos: Prochloron
- *Fotótrofos anoxigénicos*
 - Bacterias Verdes del azufre: Chlorobium
 - Bacterias Verdes no del azufre: Chloroflexus
 - Heliobacterias: Heliophilum

B) Proteobacterias Fotosintéticas

- *Fotótrofos anoxigénicos*
 - Bacterias Rojas del azufre: Chromatium
 - Bacterias Rojas no del azufre: Rhodospirillum

- Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares que forman colonias pastosas, compuestas principalmente por células aisladas que pueden tener diversas formas, como esféricas, ovoideas, elipsoideas o alargadas. En algunos casos, pueden presentar estructuras filamentosas llamadas hifas. Las dimensiones de las células cambian depende a las especies, la nutrición, la edad y más factores, y pueden medir de 1 a 9 μm de ancho y hasta más de 20 μm de largo. La reproducción de las levaduras ocurre a través de la formación de conidios, que son esporas asexuales que se desarrollan mediante diferentes tipos de conidiogénesis. En especies como *Saccharomyces*, una célula madre produce yemas en varios puntos de su superficie, y cada una da lugar a una célula hija. En otros géneros, como *Rhodotorula* o *Cryptococcus*, todos los brotes surgen desde un único punto en la célula madre (Ancasi, 2008).

Algunas especies, como *Saccharomyces*, tienen una célula apiculada, y los conidios brotan repetidamente de cada extremo de la célula. En levaduras hifales, como *Trichosporon* o *Geotrichum*, se generan artroconidios (artrosporas) a través de

la formación de septos en las hifas, que luego se escinden. Estos hongos son fundamentales en procesos industriales como la fermentación (pan, cerveza, vino) y también pueden ser patógenos en plantas y animales. La capacidad de las levaduras para descomponer materia orgánica y producir compuestos útiles las hace cruciales en aplicaciones biotecnológicas y ecológicas. Las levaduras están en las 2 clases de hongos: ascomicetos y basidiomicetos, muchas veces se encuentran en su forma imperfecta. Las ascomicéticas forman ascas con esporas que resisten al calor y a la desecación de las células vegetativas, ayudando a mantener la viabilidad de la especie ante cambios ambientales diferentes que puedan afectar en su desarrollo. El proceso de diploidización en estas levaduras puede ser entre una célula y su brote, o mediante la fusión de dos células independientes (Ancasi, 2008).

Las levaduras basidiomicéticas, como *Filobasidium* y *Sporobolomyces*, tienen características como la formación de esporas en la punta de una protuberancia. Las levaduras son principalmente aerobias, aunque algunas como *Cryptococcus* y *Rhodotorula* no son fermentadoras. Las especies fermentadoras, como *Saccharomyces*, pueden fermentar azúcares bajo condiciones anaeróbicas, mientras que otras especies, como *Dekkera*, fermentan más rápido en presencia de oxígeno. Algunas levaduras producen compuestos indeseables en procesos como la fermentación de vino. Pocas levaduras, como *Schwanniomyces* y *Lipomyces*, pueden hidrolizar almidón. Además, muchas sintetizan vitaminas, pero algunas requieren compuestos específicos como la biotina. Existen levaduras asesinas que secretan polipéptidos tóxicos para otras especies, pudiendo ser un problema en la fermentación si no se controlan adecuadamente, aunque también se pueden usar para suprimir levaduras no deseadas (Ancasi, 2008).

- Actinomicetos

Los actinomicetos son bacterias filamentosas que crecen formando un micelio ramificado y tienen características similares a los hongos. Muchos viven libremente en el suelo y juegan un papel crucial en la descomposición de la pared celular de plantas, hongos e insectos, lo que los hace esenciales en el compostaje y la formación de suelos. Algunos actinomicetos son endófitos en plantas, contribuyendo a su nutrición y protección. Especies como *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son importantes tanto por sus propiedades antibióticas como por su rol en los microorganismos eficientes (ME), ayudando en la mejora del suelo y el crecimiento de las plantas (Vurukonda et al., 2018).

Especies de actinomicetos, especialmente del género *Streptomyces*, son agentes efectivos de control biológico debido a su capacidad para producir compuestos antifúngicos. Estos compuestos incluyen enzimas hidrolíticas extracelulares como quitinasas y β -1,3-glucanasas, que descomponen las paredes celulares de hongos patógenos como *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia minor* y *Sclerotium rolfsii*. Esta actividad inhibe el crecimiento de los hongos y los convierte en una herramienta útil en la agricultura sostenible, reduciendo la dependencia de productos químicos (Chauracia et al., 2018).

- Hongos Fermentadores

Este tipo cumple una función importante para el proceso de mineralización del carbono orgánico en el suelo, descomponiendo materia orgánica y liberando nutrientes esenciales para las plantas. Además, muchos hongos son antagónicos de especies fitopatógenas, lo que les permite proteger a las plantas al inhibir el crecimiento de patógenos que podrían causar enfermedades. Estos hongos se reproducen de dos maneras, de sexual y asexualmente. La reproducción asexual, que ocurre a través de la producción de esporas o conidios, el cual eso les permite una multiplicación rápida en

óptimas condiciones como en sustratos rico en carbono y ácidos. Por otro lado, la reproducción sexual se da con mayor frecuencia en condiciones desfavorables, lo que les permite asegurar su supervivencia a largo plazo al generar esporas resistentes (Yang et al., 2017).

Una característica importante de los hongos es su bajo requerimiento de nitrógeno, lo que genera ventaja para descomponer materiales ricos en carbono, como madera y paja. Esta capacidad les permite colonizar y descomponer estos materiales con mayor eficacia que otros organismos que requieren niveles más altos de nitrógeno. Esto también contribuye a su papel vital en el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas (Yang et al., 2017).

Entre los principales representantes de estos hongos se encuentran especies como *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp y *Mucor hiemalis* Wehmer. *A. oryzae* es un hongo microscópico, aeróbico y filamentosos que ha sido utilizado durante milenios en la gastronomía de China, Japón y otras naciones del este asiático, especialmente para la fermentación de soja y arroz, aunque también posee actividad celulítica. Por otro lado, varias especies del género *Penicillium* son notables por su capacidad para degradar lignina y celulosa, especialmente en ecosistemas tropicales. Estas especies se destacan por su habilidad para secretar enzimas extracelulares, su adaptación a ambientes ácidos y estresantes en términos de disponibilidad de agua, así como por su rápido crecimiento (El-Gendy et al., 2017).

Las especies del género *Trichoderma* son hongos saprófitos que descomponen materia orgánica en suelos con diferentes cantidades de esta. Son anaerobios facultativos, lo que les otorga gran plasticidad ecológica y les permite adaptarse a diversas condiciones. Su amplia distribución global, desde zonas polares hasta ecuatoriales, se debe a su alta capacidad

enzimática, metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. Además, *Trichoderma* ejerce varios mecanismos de biocontrol, como la competencia por nutrientes, el micoparasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia, lo que los convierte en agentes eficaces para controlar patógenos en cultivos (Haney et al., 2015).

2.2.1.3 PREPARACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)

La preparación de los EMs sigue un proceso básico que incluye 1 litro de leche, 2 litros de melaza y 100 gramos de levadura. Estos ingredientes se mezclan y se dejan reposar durante 10 a 15 días en un recipiente cubierto con una tela, permitiendo que los gases se liberen y evitando la entrada de moscas. Para fortalecer la actividad de los microorganismos beneficiosos, algunos añaden una dosis equivalente a un puñado de sustrato de un ecosistema natural (como el de una zona montañosa no intervenida) en una media panty de mujer, similar a una bolsa de té. Después de este periodo, la mezcla se cuela para eliminar los residuos sólidos. Las dosis recomendadas son: 1 litro por cada bomba de 16 litros de agua para uso agrícola, 1 cc por litro de agua cada 15 días como abono foliar, y 20 cc cada 15 días en inodoros y sistemas de drenaje domésticos. Este proceso ayuda a mejorar la salud del suelo y las plantas, y también tiene aplicaciones beneficiosas para la higiene y mantenimiento en el hogar (Moya, 2012).

2.2.1.4 LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN RELACIÓN CON LOS SUELOS CULTIVABLES

Los suelos destinados al cultivo suelen requerir nutrientes esenciales para asegurar una producción óptima de los cultivos. Las prácticas agrícolas globales han demostrado ser efectivas cuando los suelos están adecuadamente enriquecidos con estos nutrientes, destacando la importancia de los microorganismos benéficos. Estos organismos cumplen un papel importante no

solo en el buen rendimiento de los productos agrícolas, sino también en el cuidado adecuado del suelo, ya que no presentan modificaciones químicas.

Los microorganismos eficientes, al ser utilizados como activador, restauran el ambiente microbiológico en el suelo, mejorando sus propiedades físico-químicas, lo que resulta en un aumento de la productividad de los cultivos y una mejor protección contra plagas y enfermedades. Además, contribuyen a la conservación de los recursos naturales, promoviendo así una agricultura sostenible (Moya, 2012).

Los suelos cultivables requieren nutrientes esenciales para garantizar una producción óptima de cultivos, y su enriquecimiento adecuado con estos nutrientes mejora los resultados agrícolas. Los microorganismos benéficos, como los microorganismos eficientes (EM), son cruciales para mantener el equilibrio microbiológico del suelo y mejorar sus propiedades físico-químicas. Al actuar como inoculantes microbianos, restauran el suelo, aumentan la productividad de los cultivos y protegen contra plagas y enfermedades, promoviendo una agricultura sostenible al conservar los recursos naturales y mejorar la biodiversidad microbiana, lo que garantiza la salud a largo plazo del suelo y el medio ambiente (AgroSpray, 2021).

Actualmente el uso desmedido de los productos químicos al suelo tiende a modificar de manera desfavorable a las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Algunos plaguicidas son más tóxicos para estos organismos que otros, con capacidad de sobrevivir en el suelo por mucho tiempo, lo que afecta la fertilidad y la biodiversidad. La persistencia de los plaguicidas depende del tipo de suelo y del producto utilizado. Esto resalta la necesidad de prácticas agrícolas más sostenibles, como el uso de microorganismos eficientes (EM), para restaurar el equilibrio del suelo sin dañar su ecosistema (NPIC, 2015).

La aplicación de microorganismos eficientes al suelo tiene un impacto positivo en su calidad y conservación. Estos microorganismos contribuyen a la mejora de la estructura del suelo, ayudando a la agregación de partículas y reduciendo su endurecimiento o compactación, lo que aumentan los espacios con poros y optimiza la infiltración del agua. Como resultado, se reduce la necesidad de riego, ya que los suelos pueden almacenar o absorber de hasta 24 veces más agua de lluvia, lo que también ayuda a prevenir la erosión causada por el arrastre de partículas. En cuanto a la microbiología del suelo, los microorganismos eficientes suprimen o controlan las poblaciones de microorganismos patógenos mediante competencia, al mismo tiempo que aumentan la biodiversidad microbiana, creando un entorno favorable para el desarrollo de los microorganismos benéficos nativos. (Moya, 2012).

2.2.2 EM•1®

El *EM•1®* es un bioinoculante natural diseñado para fortalecer el crecimiento vegetal y proteger las plantas contra plagas y enfermedades. Su formulación se basa en microorganismos benéficos que actúan en simbiosis, sin modificaciones genéticas ni síntesis química. Este probiótico combina levaduras, bacterias ácido-lácticas y fotosintéticas, las cuales impulsan la descomposición de resto orgánica a través de una fermentación antioxidante. Como resultado, se favorece la regeneración del suelo y se restablece el equilibrio de su microbiota, optimizando su salud y productividad (Biopunto.cl, 2020).

Según El Ganadero (2023), el *EM•1®* cuenta con muchos beneficios agrícolas en el campo:

- Estimula el desarrollo foliar, la floración y la fructificación óptima de los cultivos.
- Potencia la fotosíntesis y mejora el crecimiento vegetal, al tiempo que protege contra plagas y enfermedades.

- Mejora la estructura y porosidad del suelo, enriqueciendo su microbiota y optimizando la disponibilidad de nutrientes.
- Reducir la salinidad, la presencia de metales pesados y los residuos de agroquímicos en el suelo.
- Es ideal para la restauración de suelos degradados y la producción de abonos orgánicos.
- Se puede aplicar a través de ferti-riego, facilitando su incorporación en distintos cultivos.
- Contribuye a la regeneración de la fertilidad natural y la biodiversidad del suelo.
- Acelera la evaluación de rastrojos y residuos orgánicos sin generar malos olores, liberando sustancias beneficiosas para las plantas.
- Refuerza el sistema inmunológico vegetal, aumentando su resistencia a enfermedades y condiciones adversas.
- Favorece la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, promoviendo el desarrollo radicular.
- Mejora la germinación, el crecimiento de raíces y la producción de hojas y frutos.
- Aumente la tolerancia de las plantas a períodos de estrés ambiental.

Su funcionamiento en el ecosistema es de promover y agilizar la descomposición de la materia orgánica, lo cual acelera la ruptura de los compuestos como las proteínas, azúcares, grasas, minerales y fibras, el proceso que se da es la fermentación mas no la putrefacción de residuos.

Se activa de la siguiente manera: se mezcla 5% de EM•1® (1 galón) mas 5% de melaza (1 galón) y 90% de agua dulce, esto tienen que ser de acuerdo a la capacidad del envase, lo cual sellar herméticamente (sin presencia de aire) el envase y dejar en reposo por 5 a 7 días en la sombra sin manipulaciones,

el pH que debe de tener la sustancia tiene que encontrarse hasta 3.5 lo cual es efectivo y listo para usar.

Las sustancias comerciales se presentan en envases de 1 y 5 litros, y su alcance depende de factores como la concentración del producto, el tipo de cultivo o suelo y las recomendaciones del fabricante. Un litro o cinco litros pueden ser suficientes para tratar un área determinada, pero es crucial seguir las dosis recomendadas y para asegurar la efectividad y evitar desperdicios que pueden causar alteraciones en el suelo.

- 1 litro EM•1® (5%) se activa en 18 litros de AGUA (90%) y un 1 Litro de Melaza (5%).
- Un Galón de 5 Litros EM•1® se activa en 90 Litros de AGUA (90%) y 5 Kilos de Melaza (5%).
- Aplicación:
- Inoculación de suelos: Aplicaciones de 2 – 5% por hectárea de EM•1® Activado.
- Control de malos olores: Aplicación al 5% de EM•1® Activado al inicio; 2% conforme resultados.
- Elaboración de abonos orgánicos: Aplicaciones de 5% al 10% de EM•1® Activado de acuerdo a las características del material.
- Dosis de uso:
- 1 litro de EM•1® activado por bomba de Fumigación de 20 Litros.
- 10 litros de EM•1® Activado por cilindro de 200 Litros
- 20 litros de EM•1® Activado por cilindro de 400 Litros

2.2.3 MICROORGANISMOS DE MONTAÑA

Los microorganismos de montaña (MM) Los microorganismos de montaña (MM) son inóculos microbianos con altas poblaciones principalmente de hongos, bacterias y actinomicetos, que se encuentran naturalmente en el suelo (Camacho et al., 2018).

Estos reemplazan a los fertilizantes químicos ya que son

económicos y contribuyen a la mejora de la calidad de suelo como las propiedades físicas y químicas (GDM, 2022).

Estos microorganismos se los puede encontrar en la primera capa del suelo donde está todo el sustrato orgánico, generalmente en suelos sin intervención del hombre, suelos que en su mayor parte no recibieron tratamiento con agroquímicos, que no fueron incinerados frecuentemente y sometidos a trabajos de agricultura, ganadería y monocultivo. De manera a que no se interviene a este suelo, con el pasar de un cierto periodo de tiempo, este suelo se caracteriza un suelo de calidad por la conservación de microfaunas, bacterias y hongos, lo cual aceleran la descomposición de la materia orgánica y a la degradación de sustancias tóxicas y así conservar las características fisicoquímicas de los suelos que los hacen más fértiles y productivos (Valencia & Anaya, 2022).

2.2.3.1 FUNCIONES DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM)

Los microorganismos de montaña mejoran la calidad del suelo y las plantas al colonizarlo con microorganismos benéficos, aumentando la biodiversidad y desplazando patógenos. Ayuda a descomponer la materia orgánica, facilitando en la liberación de nutrientes importantes que favorecen el crecimiento, la floración y la germinación. Además, inhibe microorganismos dañinos, controla plagas y enfermedades, reduce malos olores y la presencia de moscas. Su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico optimiza la nutrición vegetal, disminuyendo el uso de fertilizantes sintéticos e incentivando a un desarrollo sostenible en la agricultura.

2.2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM)

Los microorganismos de montaña (MM) viven y se encuentran en suelos generalmente boscosas, mayormente lugares sombreados y sitio donde mínimo 3 años no se haya

utilizados para fines de la agricultura, ya que estos se desarrollan de manera natural y en un ambiente natural. (GDM, 2022)

Estos se identifican normalmente debajo de las hojarascas caídas y caducas de los árboles, ya que en una zona boscosa difícilmente se interviene para la agricultura debido a los bosques y a la purma, esto conlleva que las propiedades físicas y biológicas del suelo no se alteren, es muy fácil de reconocer en el suelo por la formación de micelios blancos debajo de las hojarascas.

Debido a su reconocimiento e identificación es muy factible extraer y juntar para la producción de estos microorganismos y aplicarlo en los suelos dañados por los agroquímicos que carecen de la presencia de estos microorganismos.

2.2.3.3 REPRODUCCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM)

A) MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) EN MEDIO SÓLIDO

La reproducción de estos microorganismos se efectuará con la finalidad de obtener la sustancia en estado sólido para la aplicación al suelo.

- **INGREDIENTES NECESARIOS**

Se muestra los ingredientes necesarios para 50 kilogramos de esta sustancia benéfica.

- Un costal y medio de sustrato de sólido nutritivo de acuerdo a la disposición de cada uno, estos pueden ser, sémola de arroz, trigo o maíz, cascarilla de arroz o trigo, harina de maíz o trigo, etc.
- Un costal y medio de los microorganismos de montaña (MM)
- 8 litros de melaza

- 5 kilogramos de harina de rocas
- Agua no clorada
- MATERIALES Y HERRRAMIENTAS
 - Pala
 - Cubeta de 20 litros
 - Palo de madera para remover
 - costal vacío para la recolección
 - 2 tambos o barriles de plásticos con tapa hermética y aro de metal.
- PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE MICRORGANISMOS DE MONTAÑA (MM)

Paso 1. Identificar la zona de donde se va a recolectar estos microorganismos, zona boscosa y con sombra, recolectar la materia orgánica como las hojarascas ya caducas en estado de descomposición con las características de que estos ya este descomponiéndose y que contenga partes blanquecinas por la evidencia del crecimiento microbiano.

Paso 2. Extender y desmenuzar la muestra en un plástico y a su vez agregar el sustrato nutritivo y añadir poco a poco 10 litros de melaza.

Paso 3. Mezclarlo de manera homogénea con la finalidad de tener una mezcla humedecida. Verificar esta humedad con el puño, de manera que al empuñarlo con fuerza esto debe formar una masa compacta sin segregar líquidos.

Paso 4. Luego con las manos espolverar harina de roca. Si se requiere recuperar la humedad correcta, añadir la melaza probando con el puño la humedad.

Paso 5. En el timbo o barril de plástico agregar la mezcla y compactarlo con un palo, lo que se quiere lograr es compactar la mezcla para expulsar todo el aire que hay entre partículas. Luego cerrar herméticamente el timbo y almacenar en un lugar fresco durante 30 días, sin destaparlo. Luego pasado los 30 días se obtendrá esta sustancia es estado sólido.

B) MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) EN MEDIO LÍQUIDO.

También a conveniencia se utiliza estos microorganismos activos es el estado líquido. Este proceso se da una vez obtenido los microorganismos de montaña (MM) en su fase sólida.

Paso 1. En un recipiente con 10 litros de agua, se deben diluir 4 litros de melaza (o, en su defecto, 4 kilogramos de piloncillo rallado o triturado). Esta solución servirá como fuente de energía para la multiplicación de los microorganismos.

Paso 2. Se deben recolectar 5 kilogramos de MM sólidos, los cuales pueden encontrarse en suelos ricos en materia orgánica, como bosques húmedos, donde la descomposición de hojas y raíces genera una alta concentración de bacterias y hongos benéficos. Una vez recolectados, se colocan dentro de un costal de tela porosa (como un saco de yute o manta de cielo) y se ata firmemente para evitar que el material sólido se disperse en la mezcla.

Paso 3. En un timbo o barril de plástico limpio, seco y con capacidad suficiente, se vierte la solución de melaza diluida. Evitar la contaminación del timbo para no alterar el ambiente microbiano.

Paso 4. Se introduce el costal o bolso con los microorganismos sólidos dentro del tambor y se llena

completamente con agua no clorada. Es importante que el agua utilizada sea de lluvia, de pozo o reposada por al menos 24 horas para eliminar el cloro, ya que este compuesto puede afectar la actividad microbiana. Luego, se cierra herméticamente el tanque para evitar la entrada de aire en exceso y se deja reposar durante cuatro días, permitiendo que los microorganismos se multipliquen mediante la fermentación anaeróbica. Durante este período, la mezcla se activará y desarrollará un olor ligeramente dulce y fermentado, lo que indica que los microorganismos están activos y listos para ser aplicados en el suelo o cultivos.

Características de Producto Final de Producción de los Microorganismos de Montaña (MM). Después de haber realizado los pasos correctos para la producción y activación de los MM, es necesario saber las características del producto final de esta sustancia.

C) RESULTADO DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN MEDIO SÓLIDO

Luego de 30 días de reposo, la capa de la superficie del sustrato que se introdujo al barril debe de presentar un color blanquecino y el olor debe de ser similar a tierra natural de bosque.

D) RESULTADO DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN MEDIO LÍQUIDO

En este punto debe tener un color similar a naranja oscuro o marrón claro, con un aroma a fermentado agradable. Si el color es violeta y/o azul significa que es de mala calidad y se deberá tirar. (GDM, 2022)

E) BENEFICIO AL USAR LO MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM)

El beneficio efecto de los (MM) sobre suelos cultivables y productivos es muy beneficioso. Los resultados que brindan estos sustratos no solamente se ven en la buena producción orgánica de las plantas, sino también en la mejora de la calidad del suelo (Umaña et al., 2017).

Ya que una de las funciones es la mejora de las condiciones físicas y biológicas del suelo, ayudando a esto en sí a la conservación de los suelos y a la producción segura y confiable de los cultivos. A parte de esta acción, el uso de estos microorganismos reemplaza a los fertilizantes químicos lo cual limita al uso de este producto químico lo cual trae consecuencias no favorables al suelo y a la agricultura, por eso es muy beneficioso al optar el uso en la agricultura este sustrato beneficioso que es los microorganismos de montaña.

2.2.4 SUELOS RICOS EN MICROORGANISMOS EFICIENTES.

Según la FAO, el suelo es un recurso esencial compuesto por minerales, materia orgánica, microorganismos, aire y agua, formado lentamente a lo largo de siglos. Su fertilidad depende de la presencia de microorganismos benéficos, que descomponen la materia orgánica y enriquecen su estructura. Sin embargo, factores como el cambio climático, desastres naturales y actividades humanas (deforestación, agricultura intensiva y uso excesivo de agroquímicos) han degradado su calidad, reduciendo la biodiversidad microbiana. Para preservar la salud del suelo, es clave evitar la incineración de residuos y el abuso de agroquímicos, promoviendo prácticas sostenibles como el uso de microorganismos eficientes, que mejoran la estructura, fertilidad y capacidad productiva del suelo de manera natural.

Estos suelos, ubicados en zonas boscosas y alejadas de la actividad humana, han permanecido en su estado natural, conservando un equilibrio ecológico que favorece la biodiversidad. Gracias a la mínima intervención, mantienen una microfauna diversa y una alta presencia de microorganismos benéficos, fundamentales para la

regeneración del suelo. La abundante cubierta vegetal en estos ecosistemas contribuye a la acumulación de materia orgánica, que, al descomponerse, enriquece el suelo con nutrientes esenciales. La actividad microbiana en estos suelos desempeña una función importante para una buena degradación de restos orgánicos, transformándola en compuestos disponibles para nuevas generaciones de plantas, promoviendo así un ciclo natural de fertilidad y resiliencia ambiental.

Los suelos con cubierta vegetal son altamente fértiles debido a la interacción entre la flora, la fauna y los microorganismos presentes. Un claro ejemplo de esto son los bosques, donde las raíces de los árboles cumplen una función crucial al sujetar la tierra, evitando la erosión y estabilizando el suelo. Al mismo tiempo, el follaje de las copas actúa como una barrera natural que regula la intensidad de la lluvia y disminuye la fuerza del viento, reduciendo el impacto sobre la superficie del suelo. En el suelo forestal, la acumulación de hojarasca, restos de animales y sus desechos genera un proceso natural de descomposición, impulsado por microorganismos, que da origen al humus. Este material orgánico es un fertilizante natural que aporta múltiples beneficios al suelo, como el aumento de la porosidad superficial, lo que mejora la aireación y facilita el desarrollo radicular de las plantas. Además, el humus tiene una gran capacidad para absorber y retener el agua, permitiendo que el suelo permanezca húmedo por más tiempo. Esto evita el escurrimiento excesivo del agua, reduciendo la pérdida de nutrientes y previniendo el arrastre de tierra. Como resultado, estos suelos mantienen su fertilidad de forma sostenible, favoreciendo un ecosistema saludable y equilibrado (FAO, 1996).

2.2.5 PROPIEDADES DEL SUELO.

2.2.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS

- Profundidad: Es importante en el desarrollo de las plantas, ya que determina hasta qué punto las raíces pueden penetrar en busca de nutrientes y agua. En suelos profundos, las plantas tienen un mayor acceso a reservas

de agua y nutrientes almacenados en capas más profundas, lo que les permite mantenerse saludables, especialmente en períodos de sequía. La profundidad será medida mediante: se cava un agujero en el suelo y se mide la distancia con una cinta métrica o flexómetro. Suelos bien profundos y aireados facilitan el crecimiento radicular y la disponibilidad de nutrientes, mejorando la fertilidad y la capacidad de soporte para las plantas (García, 2017).

- Textura: Se refiere a la proporción de partículas de diferentes tamaños, como arena, limo y arcilla, que hay en el sustrato. Esta característica influye en la facilidad de manejo del suelo, su capacidad para retener agua y aire, así como en la velocidad de infiltración y circulación del agua a través de él (FAO, 2013).
- Estructura del Suelo: Es la organización en tres dimensiones de las partículas primarias que lo componen, es decir, la manera en que estas partículas se agrupan y se enlazan entre sí. Esta disposición influye en las características del suelo, como su porosidad, su capacidad de retención de agua y la circulación de aire. Factores clave que determinan la estructura del suelo incluyen su textura (la proporción de arena, limo y arcilla) y el contenido de materia orgánica, que contribuye a la formación de enlaces entre las partículas. En función de cómo se agrupan estas partículas, se puede diferenciar entre suelos con una estructura de grano suelto, donde las partículas están separadas y dispersas, y suelos con estructura agregada, donde las partículas se agrupan formando agregados o grumos que mejoran la aireación y la circulación del agua (Agroarecha, 2022).
- Densidad del Suelo: Está relacionada con el peso en un volumen específico y está estrechamente vinculada a la

porosidad del suelo, es decir, la cantidad de espacios vacíos o poros presentes en él. Existen dos tipos de densidad: la densidad aparente (DA) y la densidad real (DR). La densidad aparente se refiere al volumen total que ocupa el suelo, incluyendo tanto los sólidos como los poros, lo que da una idea de cuán compactado está el suelo. Por otro lado, la densidad real se refiere exclusivamente a la masa de los sólidos del suelo, sin contar el volumen ocupado por los poros. Esta diferencia es importante, ya que la densidad aparente ayuda a entender la compactación del suelo y su capacidad para retener agua y aire, mientras que la densidad real está más relacionada con la composición del suelo y su capacidad de alojar nutrientes (fertilab, 2019).

- Temperatura: La temperatura del suelo está determinada por la cantidad de calor que absorbe, en relación con las pérdidas de humedad derivadas de la radiación y la evapotranspiración de las plantas. Esta cantidad de calor presente en el suelo varía según factores como el clima, el color del suelo, la altitud y la cobertura vegetal existente (Lopez & Estrada, 2015)
- Porosidad: Contempla al porcentaje del volumen del suelo que está ocupado por agua, nutrientes, aire y gases, los cuales pueden circular o almacenarse en los poros del suelo. Esta propiedad es crucial ya que influye en la capacidad de retención de agua, lo cual a su vez afecta la transpiración y la fotosíntesis de las plantas, procesos esenciales para su crecimiento y salud. Un suelo con una porosidad adecuada permite que las raíces de las plantas accedan a los nutrientes y al agua necesarios, mientras que también facilita la circulación de gases que apoyan el metabolismo de las plantas y microorganismos del suelo. Por lo tanto, la porosidad juega un papel clave en la

fertilidad y vitalidad de los ecosistemas terrestres(fertilab, 2019).

- **Color:** El color del suelo puede proporcionar información sobre el origen de la materia parental, la cantidad de materia orgánica, la capacidad de infiltración y la presencia de sales y carbonatos en el sustrato. Esta característica facilita la diferenciación entre los diversos perfiles y horizontes del suelo. Aunque no influye directamente en el crecimiento de las plantas, el color del suelo puede modificar aspectos clave como la temperatura y la humedad del mismo, impactando indirectamente las condiciones en las que las plantas se desarrollan. (FAO, 2019).

2.2.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** Es una propiedad química fundamental del suelo que se refiere a la cantidad total de cargas negativas disponibles en la superficie de las partículas del suelo. También puede definirse como el número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener, lo cual está relacionado directamente con la carga negativa presente en las partículas del suelo. Conocer la CIC de un suelo es esencial, ya que este valor indica su capacidad para retener e intercambiar nutrientes, especialmente cationes como calcio, magnesio, potasio y sodio. Un suelo con alta CIC tiene mayor capacidad para almacenar nutrientes, lo que favorece el crecimiento de las plantas. Además, la CIC tiene un impacto directo en la cantidad y la frecuencia de aplicación de fertilizantes, ya que un suelo con una CIC alta puede requerir menos fertilización, mientras que uno con una CIC baja podría necesitar aplicaciones más frecuentes o de mayor cantidad para asegurar una nutrición adecuada (Intagri, 2015).

- Conductividad Eléctrica (CE): Mide su capacidad para conducir corriente eléctrica, lo cual está influenciado por la cantidad de sales disueltas o ionizadas presentes en la solución del suelo. Un mayor valor de CE indica un mayor contenido de sales en el suelo. (Lopez & Estrada, 2015). De acuerdo con Warnecke y Krauskopf (1983), un rango óptimo de conductividad eléctrica (CE) en los sustratos es de 1 a 2 dS/m. Para suelos con altos niveles de sales, se sugiere el uso de riego abundante con agua de baja concentración de sales con el fin de reducir la CE y mejorar las condiciones del suelo (fertilab, 2019).
- PH: El pH del suelo mide la capacidad del suelo para absorber iones positivos (cationes) de las partículas presentes en él, lo cual influye directamente en la acidez o alcalinidad del suelo. Este parámetro es esencial, ya que determina el entorno químico del suelo, lo que afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica en el sustrato. Un pH bajo (ácido) puede hacer que ciertos nutrientes se vuelvan más solubles, pero también puede limitar la disponibilidad de otros elementos esenciales para las plantas. Por otro lado, un pH alto (alcalino) puede dificultar la absorción de algunos nutrientes vitales, como el hierro y el fósforo

2.2.5.3 PROPIEDADES BIOLÓGICAS

La parte biológica del suelo se refiere a los componentes vivos presentes en él, que desempeñan funciones cruciales para su fertilidad y la salud del ecosistema en general. Según la UNC, (2020) estos componentes incluyen:

- Raíces de las plantas: Son fundamentales en los suelos agrícolas, ya que constituyen el vínculo entre el suelo y la planta. Las raíces vivas alteran el ambiente edáfico de diversas maneras. Absorben nutrientes y agua de la

solución del suelo, participan en la respiración, liberando CO₂ en la atmósfera del suelo, y proporcionan restos orgánicos a través de la exudación y la descamación de células epidérmicas. Además, las raíces contribuyen a la agregación de partículas minerales, favoreciendo la estructura del suelo, y desempeñan un papel clave en la nutrición vegetal y la ciclicidad de los nutrientes.

- **Fauna:** Se refiere a los animales que habitan en el suelo y se alimentan de los restos orgánicos presentes. La fauna del suelo representa aproximadamente el 15% de la biomasa total del suelo, aunque esta proporción puede variar dependiendo de factores como el clima y las prácticas de manejo del suelo. Estos organismos son principalmente detritívoros, es decir, se alimentan de materia orgánica y la metabolizan a través de la respiración aeróbica, liberando CO₂ y agua. A diferencia de los microorganismos, la fauna del suelo no tiene la capacidad de liberar nutrientes inorgánicos ni degradar moléculas recalcitrantes, pero desempeñan una función importante en la descomposición de la materia orgánica y en la creación de canales que facilitan la circulación de agua y aire. La fauna del suelo se clasifica según el tamaño de los organismos en: microfauna, mesofauna y macrofauna.
- **Microorganismos:** Son los descomponedores principales de los restos orgánicos, transformándolos en compuestos inorgánicos, lo que permite el cierre del ciclo de los elementos. Los microorganismos constituyen aproximadamente el 85% de la fracción viva del suelo. Aunque son microscópicos y su peso individual es muy bajo, la enorme cantidad de individuos genera una biomasa total considerablemente grande. Estos organismos son esenciales para la descomposición de

materia orgánica, la mineralización de nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Su presencia y actividad favorecen la circulación de nutrientes y aseguran la sostenibilidad del ecosistema edáfico.

2.2.6 EFECTO DE LOS AGROQUÍMICOS EN EL SUELO.

La agricultura es esencial para abastecer las necesidades alimentarias globales, pero el uso frecuente de agroquímicos como pesticidas, fungicidas y plaguicidas para mejorar la productividad agrícola está afectando la calidad del suelo. Estos productos alteran la estructura natural del suelo, reducen su fertilidad y destruyen microorganismos benéficos necesarios para el ciclo de nutrientes. A medida que aumenta el uso de estos químicos, los suelos pierden su capacidad de regenerarse y mantener su salud, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de la agricultura a largo plazo (Izquierdo, 2017).

El suelo se ve afectado por el uso de productos químicos, ya que el empleo inapropiado de estos compuestos altera su fertilidad. En su mayoría, para asegurar el adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos, se utilizan fertilizantes, que en su gran parte están compuestos por productos químicos inorgánicos como amoníaco, nitrato de amonio y sulfato, además de algunos productos orgánicos como la urea. Los reguladores del crecimiento, que se emplean para mejorar el enraizamiento y el volumen de las plantas, representan solo una fracción de los productos agroquímicos. Por otro lado, los plaguicidas son la parte más relevante dentro de la industria agroquímica (Sanz, 2014).

El uso de plaguicidas se ha incrementado como respuesta al control de plagas y enfermedades que afectan los cultivos. Estos productos, entre los que se incluyen insecticidas, fungicidas y herbicidas, son aplicados principalmente mediante aerofumigación, lo que genera que hasta el 50% de las sustancias químicas se queden almacenadas en el suelo. La degradación de estos compuestos en el suelo se desarrolla en tres fases: latencia, donde el plaguicida se mantiene a una concentración constante durante un breve período;

disipación, en la cual su descomposición ocurre rápidamente, y persistencia, donde el plaguicida se degrada lentamente, afectando a largo plazo la calidad del suelo. Durante la fase de persistencia, el plaguicida puede alterar el equilibrio biológico del suelo, dañando su microfauna y reduciendo la capacidad del suelo para sustentar el crecimiento vegetal, afectando su fertilidad y la biodiversidad del ecosistema. (Castillo et al., 2020).

2.2.7 ECA DE SUELO

Los ECAs son herramientas clave para evaluar la calidad del medio ambiente. Su función principal es medir la concentración de sustancias, elementos u otros compuestos en el aire, agua o suelo. Este instrumento de gestión ambiental se utiliza para establecer umbrales a partir de los cuales se considera que la presencia de estas sustancias podría tener un impacto negativo en el entorno.

Según el MINAM (2017), que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), el ECA para suelos incluye 21 parámetros que permiten medir la concentración de elementos químicos presentes en el suelo. Estos parámetros son esenciales para evaluar la calidad ambiental de los suelos y garantizar que no contengan niveles peligrosos de sustancias químicas. Las mediciones se expresan en mg/kg, y se aplican a suelos de distintos usos, tales como agrícolas, residenciales y comerciales. Cada tipo de suelo tiene establecidos valores máximos específicos para cada parámetro, los cuales no deben ser superados para que el suelo sea considerado de buena calidad ambiental. Estos estándares son fundamentales para proteger tanto la salud humana como los ecosistemas, asegurando que los suelos mantengan sus funciones naturales sin verse comprometidos por la acumulación de sustancias tóxicas o contaminantes.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos en Perú se aplican a proyectos y actividades que puedan generar riesgos de contaminación del suelo. Las muestras de suelo deben ser analizadas por laboratorios acreditados por INDECOPI, siguiendo los métodos establecidos en la norma. Si no se dispone de laboratorios

acreditados, se podrán utilizar laboratorios aceptados por las autoridades competentes. Asegura que los resultados sean confiables para tomar decisiones sobre la gestión y protección del suelo.

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **MICROORGANISMOS EFICIENTES**

Los microorganismos eficientes o ME (del inglés Efficient Microorganism) consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos, algunas especies son aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden completarse (Hoyos et al., 2008).

- **BIORREMEDIACIÓN**

La biorremediación es una disciplina dentro de la biotecnología que emplea organismos vivos, como microorganismos, para degradar o eliminar contaminantes y toxinas presentes en el suelo y el agua. Esta técnica es particularmente útil para abordar problemas ambientales, como derrames de petróleo e hidrocarburos o la contaminación del agua subterránea. (Darwin, 2020).

- **SUELO CONTAMINADO**

Suelo cuyas características han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes químicos de carácter peligroso procedentes de la actividad humana en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medioambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que se determinen y así se haya declarado mediante resolución expresa (RAE, 2019).

- **EM.1®**

Es un inoculante biológico para las plantas elaborado a base de microorganismos con acción simbiótica, para promover el crecimiento de las plantas y prevenir la presencia de plagas y enfermedades (Bioem, 2019).

- **MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM)**

Los microorganismos de montaña (MM) son principalmente colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en diferentes ecosistemas (Vinces Moreira, 2014).

- **CALIDAD DEL SUELO**

Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales (Ministerio del Ambiente, 2014).

- **AGROQUÍMICOS**

Se denomina a cualquier sustancia o combinación de sustancias, tanto naturales como sintéticas, empleadas en la actividad agrícola con el propósito de prevenir, eliminar o controlar plagas, enfermedades o malezas. Estas sustancias son comunes conocidas como plaguicidas o pesticidas, y también se les refiere como fitosanitarios o productos para la protección de cultivos. Dentro de esta categoría se incluyen diversos productos como insecticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, entre otros (ADMIN, 2021).

- **MELAZA**

Sustancia viscosa que se genera como residuo durante la producción de azúcar. Se trata de un líquido pegajoso de sabor dulce y una tonalidad oscura (Perez Porto & Gardey, 2019).

2.4 SISTEMA DE HIPOTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H1. La eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

H0. La eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® no es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de

suelo contaminado por agroquímicos.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Biorremediación

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del suelo

2.6 CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEDIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1 Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO, 2024”

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable de calibración	Indicadores	Valor Final	Tipo de variable
Biorremediación	Tipos de microorganismos	Microorganismos eficientes EM1 Microorganismos de Montaña	Nominal dicotómica
Variable evaluativa	Indicadores	Valor Final	Tipo de variable
Calidad del suelo	Parámetros físicos		Numérica continua
	-Arena	%	
	-Arcilla	%	
	-Limo	%	
	Parámetros químicos		
	-pH	0-14	
	-CE	Ds/m	
	-Materia orgánica	%	
	-Nitrógeno	%	
	-Carbono	%	
	-Fosforo	ppm	
	-Oxido de potasio	ppm	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se clasificó en varias tipologías: prospectivo, ya que observó la evolución de factores a futuro; transversal, porque las mediciones de las variables se realizaron en un solo momento; analítico, ya que analizó varias variables y sus relaciones; y experimental, dado que el investigador intervino directamente en las variables para observar los efectos. Asimismo, el estudio es de tipo cuantitativo, según la necesidad del uso de la estadística (Supo & Zacarías, 2020).

3.1.1 ENFOQUE

Este estudio presentó un enfoque cuantitativo por que se obtuvo resultados de datos numéricos y estadísticos (Supo & Zacarías, 2020).

3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue de nivel explicativo ya que este proyecto buscó relacionar la causalidad de como los microorganismos eficientes mostraron diversas eficiencias en el efecto de la calidad del suelo (Supo & Zacarías, 2020).

3.1.3 DISEÑO

El presente estudio es de diseño experimental, debido a que se manipuló de manera intencional una o más variables consideradas independientes, con la posibilidad de evaluar el impacto de la variable independiente sobre la variable dependiente (Supo & Zacarías, 2020).

El siguiente esquema ilustra el diseño de la investigación.

GC...O1-----X1-----O2

GE...O1-----X2-----O2

GC: Grupo Control

GE: Grupo Experimental

X1: Intervención con Microorganismos Eficientes EM.1®

X2: Intervención con Microorganismos de Montaña (MM)

O1 y O2: Observación Inicial y Final

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA POBLACIÓN

3.2.1 POBLACIÓN

La población de estudio estuvo comprendida por el suelo contenido en un área de 1000m², suelo contaminado por agroquímicos, dicho suelo está ubicado en el caserío de Huaguín, distrito de Chinchao y departamento de Huánuco. Las coordenadas son las siguientes:

Tabla 2

Cuadro de georeferenciación

Georreferenciación del lugar donde se sacarán las muestras para el pretest, DATUM: WGS 84 Zona 18 L				
ITEM	Puntos del terreno Área 1000 m2	coordenadas		Altitud (msm)
		Este (m)	Norte (m)	
01	Punto 01	380713	8922687	2494
02	Punto 02	380713	8922654	2496
03	Punto 03	380743	8922655	2504
04	Punto 04	380743	8922687	2502
05	Punto 05	380729	8922670	2498

Nota: Presentación de las coordenadas de muestreo.

3.2.2 MUESTRA

Según Supo (2014), la selección de una muestra basada en criterios específicos responde a dos enfoques principales: el criterio del investigador, también denominado criterio discrecional, y el criterio basado en la evaluación de un grupo de expertos, conocido como juicio de expertos. Este tipo de muestreo permite seleccionar los elementos de estudio de manera intencionada, en función de la naturaleza del problema y los objetivos de la investigación.

En este contexto, el presente estudio adoptó un enfoque de muestreo no probabilístico, específicamente un muestreo por criterio del investigador. Esta elección se debió a la dificultad de abordar la totalidad de la población afectada por la contaminación del suelo con hidrocarburos, lo que haría inviable un estudio exhaustivo a gran escala (Hernández-Sampieri et al., 2018).

En función de estos criterios, se definió como muestra una

cantidad de 5 kg de suelo contaminado por cada unidad de análisis. La elección de esta cantidad facilitó la manipulación del material, asegurando una distribución homogénea de los agentes biorremediadores y permitiendo un monitoreo más preciso de los cambios fisicoquímicos del suelo durante el proceso experimental.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1 TÉCNICAS

La técnica en este trabajo se usó como referencia bibliográfica la guía para el muestreo de suelos lo cual se aprobó con la Resolución Ministerial N° 85-2014-MINAM.

- **ETAPA PRELIMINAR**

En esta etapa se realizó la identificación de los suelos contaminados por agroquímicos y también se indagó sobre la información correcta del terreno y su uso sobre las actividades agrícolas en los últimos 5 años, también se buscó información sobre las sustancias tanto como los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM).

- **ETAPA DE TRABAJO DE CAMPO**

En esta etapa se realizó la visita a campo identificado en la etapa preliminar para el estudio correspondiente del proyecto.

Se realizó la extracción del suelo contaminado en 5 puntos, 4 puntos en cada lado del perímetro y un punto en el medio de un área de 1000 m², la excavación fue de 30 a 40 cm de profundidad tal como lo indicó la guía para muestreo de suelos MINAM 2014.

- **ETAPA DE MANEJO DE MUESTRA.**

Las muestras se manejaron de acuerdo a los pasos de la guía para muestreo de suelo, que consistió en el guardado, adecuado, transportado, el etiquetado, la ficha de muestreo, la cadena de custodia y las condiciones seguras para la muestra.

- **ETAPA DE RESULTADOS**

Para obtener los resultados se sometieron a prueba de laboratorio lo cual se efectuó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.2 INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se utilizó son:

- Pico: Para poder profundizar el excavado a 30 o 40 cm de suelo agrícola.
- Lampa: Para poder limpiar con cuidado la materia orgánica y residuos excedentes de vegetales.
- Pala: Se usó al momento de extraer la tierra lo cual se llevará en un costalillo para las pruebas necesarias.
- Costalillo: Fue útil para el traslado de las muestras.
- GPS: Con este instrumento georreferenciaremos las coordenadas de los puntos de donde se extrajo la muestra.
- Etiquetas: Se usó para el rotulado adecuado para el laboratorio.
- Ficha de custodia: Para el pre test se realizó la ficha cadena custodio que fue necesario para el ingreso al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria de la selva.

3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento y análisis de toda la información recopilado, se utilizó el software IBM SPSS, versión 26, que facilitó el análisis de datos mediante medidas descriptivas como la tendencia central y dispersión. Además, se aplicó procedimientos estadísticos avanzados para la contratación de hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

Tabla 3

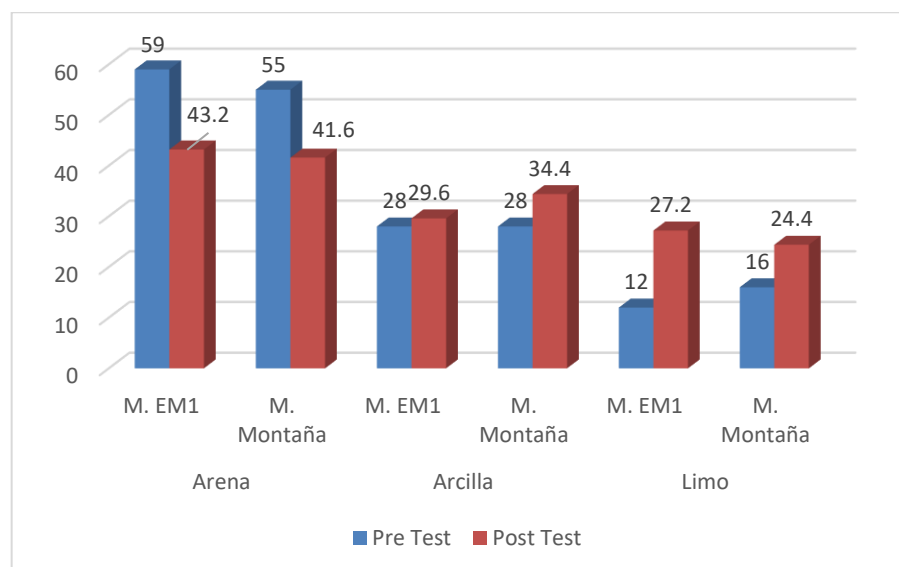
Características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña

		Pre Test (%)	Post Test (%)	% de variación	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Arena	M. EM1	59	43.2	-26.8%	0.8	40.98	45.42
	M. Montaña	55	41.6	-24.4%	1.16	38.3	44.8
Arcilla	M. EM1	28	29.6	5.7%	0.979	26.88	32.32
	M. Montaña	28	34.4	22.9%	0.748	32.32	36.47
Limo	M. EM1	12	27.2	126.7%	0.8	24.978	29.42
	M. Montaña	16	24.4	52.5%	1.166	21.16	27.637

Nota. Datos procesados con el software SPSS versión 26. Estos datos son de las características físicas del antes y después del análisis, donde se indica el porcentaje de variación y límites.

Figura 1

Características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña



Nota. Se aprecia los resultados procesados estadísticamente que en ambos tratamientos se ha reducido el valor del porcentaje de arena, asimismo en ambos tratamientos se ha incrementado el porcentaje de arcilla y de limo. Obtenidos del

software SPSS versión 26. En la Figura 1, se aprecian los resultados de cada grupo experimental de los datos obtenidos del laboratorio de la etapa pre test y post test, para posterior procesamiento en el software SPSS versión 26 (tabla 3), al realizar la comparación de ambos grupos, se observa lo siguiente: En cuanto a la cantidad (%) de arena, se observa que en ambos tratamientos se ve reducido, considerando el pre test y post test, en el grupo de EM1 en un 4% y en el grupo de MM en un 1.6%. En la cantidad de arcilla, se observa el incremento del porcentaje, considerando el pre test y post test, en el grupo de EM1 en un 1.6% y en el grupo de MM en un 6.4%. Por último, en el porcentaje de limo también se observa con un incremento considerable en cada grupo del pre test y post test, en el grupo de EM1 en un 15.2% y en el grupo de MM en un 8.4%.

Tabla 4

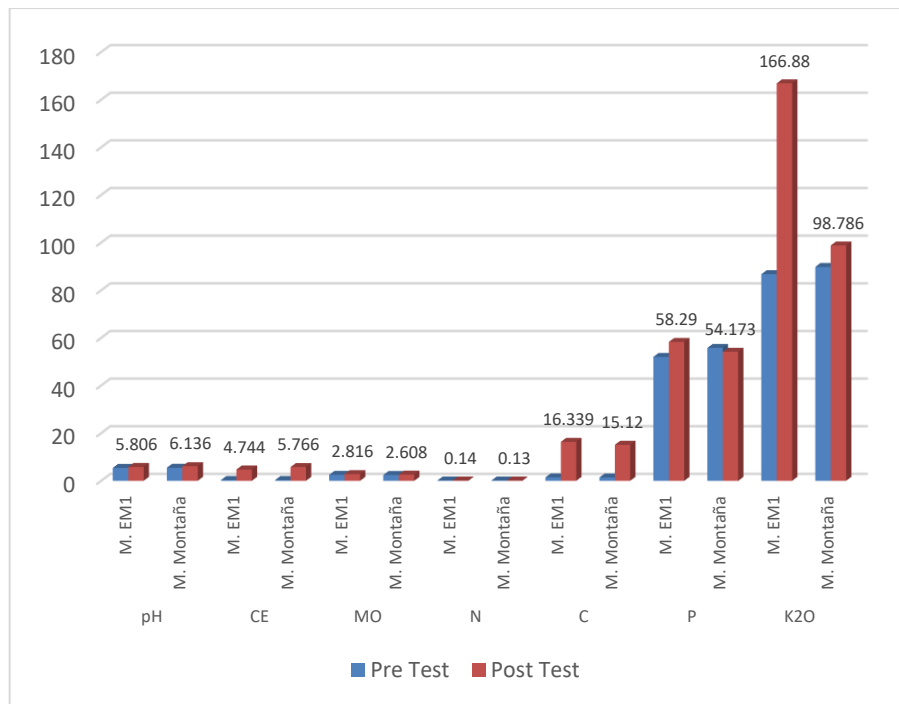
Características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña

	Tratamiento	Pre Test	Post Test	%de Variación.	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
pH (1-14)	M. EM1	5.42	5.806	7.1%	0.167	5.339	6.272
	M. Montaña	5.49	6.136	11.8%	0.174	5.652	6.619
CE (dS/m)	M. EM1	0.32	4.744	1382.5%	0.419	3.58	5.907
	M. Montaña	0.32	5.766	1701.9%	0.478	4.436	7.096
MO (%)	M. EM1	2.49	2.816	13.1%	0.139	2.427	3.204
	M. Montaña	2.45	2.608	6.4%	0.031	2.52	2.695
N (%)	M. EM1	0.13	0.14	7.7%	0.007	0.121	0.16
	M. Montaña	0.12	0.13	8.3%	0.0015	0.126	0.134
C (%)	M. EM1	1.45	16.339	1026.8%	0.819	14.06	18.61
	M. Montaña	1.41	15.12	972.3%	0.182	14.61	15.63
P (ppm)	M. EM1	52.01	58.29	12.1%	0.345	57.337	59.257
	M. Montaña	55.78	54.173	-2.9%	0.281	53.39	54.95
K ₂ O (ppm)	M. EM1	86.75	166.88	92.4%	4.857	153.39	180.36
	M. Montaña	89.79	98.786	10.0%	0.444	97.55	100.02

Nota. Datos procesados con el software SPSS versión 26. La tabla presenta datos del pre y post test de las características químicas de ambos grupos de estudio, con su porcentaje de variación y límites.

Figura 2

Características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña.



Nota. Los resultados señalan que el pH se ha incrementado con ambos tratamientos, lo mismo ha ocurrido con cada uno de los otros indicadores evaluados, destacando el EM1 que es el que más incremento ha provocado. En la Figura 2, se aprecian los resultados cada grupo experimental de los datos obtenidos del laboratorio de la etapa pre test y post test para posterior procesamiento en el software SPSS versión 26 (tabla 4), al realizar la comparación de ambos grupos, se observa lo siguiente: En cuanto al pH, se observa que en ambos tratamientos se incrementó, considerando el pre test y post test, en el grupo de EM1 en un 0.386 y en el grupo de MM en un 0.646. En CE, se observa el incremento en el grupo de EM1 en un 4.424 y en el grupo de MM en un 5.446. En materia orgánica, se observa el incremento en el grupo de EM1 en un 0.326 y en el grupo de MM en un 0.158. En nitrógeno, se observa el incremento en el grupo de EM1 en un 0.01 de igual manera en el grupo de MM en un 0.01. En carbono, se observa el incremento en el grupo de EM1 en un 14.889 y en el grupo de MM en un 13.75. En fósforo, se observa el incremento en el grupo de EM1 en un 6.28 y en el grupo de MM se reduce en un 1.607. Por último, en óxido de potasio también se observa con un incremento considerable en cada grupo del pre test y post test, en el grupo de EM1 en un 80.13 y en el grupo de Microorganismos de montaña en un 8.996.

Tabla 5

Prueba de normalidad

Tratamiento		Kolmogorov-Smirnov ^c			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	Microorganismo o EM1	0.317	5	0.111	0.777	5	0.052

	Microorganism o de montaña	0.282	5	,200*	0.808	5	0.095
CE	Microorganism o EM1	0.202	5	,200*	0.945	5	0.703
	Microorganism o de montaña	0.265	5	,200*	0.899	5	0.404
MO	Microorganism o EM1	0.194	5	,200*	0.925	5	0.561
	Microorganism o de montaña	0.254	5	,200*	0.913	5	0.485
N	Microorganism o EM1	0.191	5	,200*	0.928	5	0.580
	Microorganism o de montaña	0.250	5	,200*	0.905	5	0.440
C	Microorganism o EM1	0.190	5	,200*	0.929	5	0.587
	Microorganism o de montaña	0.250	5	,200*	0.905	5	0.438
P	Microorganism o EM1	0.280	5	,200*	0.857	5	0.217
	Microorganism o de montaña	0.271	5	,200*	0.886	5	0.339
K2O	Microorganism o EM1	0.313	5	0.122	0.823	5	0.123
	Microorganism o de montaña	0.240	5	,200*	0.908	5	0.453

Nota. Prueba realizada con el test de Kolmogorov-Smirnov corregida por Lilliefors. De acuerdo con los p-valores obtenidos, cada uno de los indicadores sigue una distribución normal, ya que, al considerar un nivel de significancia estándar del 5% (0.05), todos los p-valores están por encima de dicho umbral. En consecuencia, se opta por emplear un procedimiento estadístico paramétrico, como la prueba de Student para muestras independientes, el cual se utilizará a continuación para la contratación de la hipótesis.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HI. La eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

H0. La eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® no es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Nivel de significancia: 5%

Estadístico de prueba: T de Student para muestras independientes

Tabla 6

Prueba de hipótesis

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Arena	1.258	0.295	-1.697	8	0.128	-2.40000	1.41421
Arcilla	2.169	0.179	-3.893	8	0.005	-4.80000	1.23288
Limo	0.612	0.456	4.808	8	0.001	6.80000	1.41421
pH	0.282	0.610	-1.074	8	0.314	-0.26000	0.24204
CE	0.028	0.870	-1.606	8	0.147	-1.02200	0.63642
MO	4.726	0.061	1.171	8	0.275	0.16800	0.14342
N	4.760	0.061	1.033	8	0.332	0.00748	0.00724
C	4.772	0.060	1.404	8	0.198	1.17820	0.83941
P	0.728	0.418	17.690	8	0.000	7.89080	0.44606
K2O	35.175	0.000	14.583	8	0.000	71.13100	4.87780

Nota. Cuadro estadístico mediante la prueba de T student. Esta tabla muestra los resultados de cada indicador según la prueba de hipótesis. De acuerdo a ello se realizará la interpretación en los siguientes.

Respecto a la arena, con una probabilidad de error del 12,8% la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

INTERPRETACIÓN: En este indicador (arena), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son iguales para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto a la arcilla, con una probabilidad de error del 0.5%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado. **INTERPRETACIÓN:** En este indicador (arcilla), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son diferentes para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al limo, con una probabilidad de error del 0.1%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la

eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado. **INTERPRETACIÓN:** En este indicador (limo), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son diferentes para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al pH, con una probabilidad de error del 31.14%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado. **INTERPRETACIÓN:** En este indicador (pH), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son iguales para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al CE, con una probabilidad de error del 14.7%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos. **INTERPRETACIÓN:** En este indicador (CE), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son iguales para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al MO, con una probabilidad de error del 27.5%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos. **INTERPRETACIÓN:** En este indicador (MO), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son iguales para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al N, con una probabilidad de error del 27.5%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

INTERPRETACIÓN: En este indicador (N), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son iguales para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al C, con una probabilidad de error del 19.8%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

INTERPRETACIÓN: En este indicador (C), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son iguales para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al P, con una probabilidad de error del 0.0%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

INTERPRETACIÓN: En este indicador (P), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son diferentes para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Respecto al K₂O, con una probabilidad de error del 0.0%, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

INTERPRETACIÓN: En este indicador (K₂O), considerando el nivel de significancia, la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) son diferentes para mejorar la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.

Tabla 7

Tabla interpretativa del efecto sobre el suelo agrícola contaminado antes y luego de las intervenciones

Propiedad del suelo	Indicador	Estándar		Pre test		Interpretación	Post test		Interpretación
		Valor	Rango Recomendado	EM1	MM		EM1	MM	
Análisis mecánico	Arena %	20-45	Normal	59	55	Ambos grupos superan el estándar, por lo que encuentra en nivel alto. No recomendado.	43.2	41.6	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – normal. Recomendado.
	Arcilla %	27-40	Normal	28	28	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – normal. Recomendado.	29.6	34.4	Ambos grupos superan el rango permitido ubicándose en el rango alto. Recomendado.
	Limo %	15-40	Normal	12	16	El grupo de EM1 está por debajo del estándar en el rango pobre no recomendada y el grupo MM cumple el estándar normal. Recomendado.	27.2	24.4	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – normal. Recomendado.
Propiedad Química	pH (1:1)	6,6–7,3	Neutro	5.42	5.49	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – neutro. Recomendado.	5.806	6.136	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – neutro. Recomendado.
	CE (dS/m)	0.8-3	Medio	0.32	0.32	Ambos grupos se encuentra por debajo del rango recomendado – pobre. No recomendado.	4.744	5.766	Ambos grupos superan el rango permitido ubicándose en el rango alto. No recomendado.

MO (%)	2-4	Medio	2.49	2.45	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – medio. Recomendado.	2.816	2.608	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – medio. Recomendado.
N (%)	0.07-0.15	Medio	0.13	0.12	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – medio. Recomendado.	0.14	0.13	Ambos grupos se encuentra en el rango permitido – medio. Recomendado.
P (ppm)	30-50	Medio	52.01	55.78	Ambos grupos superan el estándar por lo que se encuentra en rango alto. No recomendado	58.29	54.173	Ambos grupos superan el estándar por lo que se encuentra en rango alto. No recomendado

Fuente: Eca para suelo, FAO, Guía para muestreo de Suelo (estado peruano)

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

➤ CON RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña para la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos, Huánuco, 2024.

Se encontró que existe una diferencia significativa en los indicadores de arcilla, limo, fósforo (P) y óxido de potasio (K_2O) al comparar el uso de Microorganismos Eficientes (EM1) con los Microorganismos de Montaña (MM) en la biorremediación de suelos contaminados. Esto sugiere que ambos tipos de microorganismos presentan mecanismos y efectos diferenciados sobre los indicadores ya mencionados de las propiedades mecánicas y microbiológicas del suelo.

Angulo Pinedo & Garcia Arirama (2022), en su investigación sobre la Aplicación de microorganismos eficientes (EM) y *Trichoderma harzianum* para la biorremediación de suelos de arroz contaminados con Carbofuran en la región de Morales–Cacatachi-Tarapoto, plantearon como objetivo la evaluación del uso de estos microorganismos en la remediación de suelos contaminados por Carbofurano. Los resultados revelaron que las condiciones edafoclimáticas, especialmente los porcentajes de arena, limo y arcilla, influyen directamente en la efectividad de los tratamientos, ya que pueden crear un entorno propicio o desfavorable para el desempeño óptimo de los Microorganismos Eficientes (EM). Además, se observará un aumento considerable en los niveles de materia orgánica (MO), mientras que el pH del suelo se mantuvo constante durante el desarrollo del estudio.

Como se puede observar en el antecedente citado, se investigó el impacto de las características mecánicas del suelo en el desempeño de los Microorganismos Eficientes (EM). Este antecedente también reportó un incremento en los niveles de materia orgánica (MO), lo cual se asocia con una mejora en la calidad del suelo, y se constató que el pH permaneció dentro de un rango neutro, lo que favorece las condiciones óptimas para la actividad

microbiana. A diferencia del presente estudio no solo confirmó el impacto de las características mecánicas, sino que amplió el análisis al evaluar específicamente los porcentajes y rangos recomendados de elementos clave como arena, limo y arcilla. Ambos estudios coinciden en que los microorganismos eficientes aumentan los niveles de materia orgánica, mejorando la fertilidad y sostenibilidad del suelo, mientras que el pH se mantiene neutro, favoreciendo su compatibilidad con suelos equilibrados.

Alvarez (2021), en la investigación Evaluación de la eficiencia de microorganismos eficientes (em•1®) y microorganismos de montaña a diferentes concentraciones en plantines de café (*coffea arábica* L.) en Caranavi - La Paz. Bolivia. Se tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los microorganismos eficientes EM.1 y los microorganismos de montaña a diferentes concentraciones en las plantaciones de café en la Paz-Bolivia. Se llegó a la conclusión de que la aplicación de EM•1® y MM como inoculantes microbianos favorece la mejora de las propiedades físico-químicas del sustrato y estimula el desarrollo morfológico de los plantines de café, en comparación con el tratamiento control (T0). Este resultado se respalda por las mejoras observadas en diversas variables agronómicas, tales como el número de hojas al momento del trasplante, el ancho y la longitud de la lámina de la hoja, el diámetro del tallo, así como la longitud de las raíces principales y laterales, lo cual son características indicativas de un buen plantín de café.

Como se puede observar en el antecedente mencionado, se evaluó la influencia de los microorganismos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, poniendo énfasis en aspectos relacionados con las mejoras en las características morfológicas y fisiológicas de los cultivos. En contraste, el presente estudio centró su análisis en la eficacia de los microorganismos a través de un análisis detallado en laboratorio que abarcó tanto las características mecánicas como las características microbiológicas. A pesar de las diferencias en los enfoques metodológicos, ambos trabajos de investigación llegaron a conclusiones favorables respecto al impacto de los microorganismos eficientes en los suelos. En el antecedente, se demostró que los microorganismos contribuyen de manera significativa al crecimiento saludable y al desarrollo de las plantas, mejorando su capacidad de

adaptación y rendimiento. Por otro lado, el presente estudio confirmó la eficacia de los microorganismos eficientes, particularmente EM1 y MM, en la mejora de las propiedades del suelo, lo que refuerza su importancia en la biorremediación de suelos contaminados y en la restauración de suelos degradados.

Romero et al. (2020), en la investigación efecto de los microorganismos de montaña en el desarrollo y productividad del cultivo de pimienta en condiciones de campo-Cuba. El objetivo principal de este estudio fue evaluar el impacto de los microorganismos de montaña en el desarrollo y productividad del cultivo de pimienta. Tras la aplicación del bioproducto basado en estos microorganismos, se observará una mejora significativa en diversos parámetros morfoproductivos del pimienta. Los resultados mostraron un aumento en el crecimiento y vigor de las plantas, así como una mayor producción de frutos. Los mejores resultados se lograron cuando el bioproducto fue aplicado a una concentración del 5%, lo que favoreció un incremento en todos los parámetros evaluados, tales como el tamaño y calidad de los frutos, la cantidad de ramas, la altura de las plantas y el rendimiento total del cultivo.

En el antecedente mencionado, se evaluó el efecto de los microorganismos sobre los parámetros morfoproductivos, centrándose en aspectos como el crecimiento, desarrollo, y rendimiento de las plantas. Este enfoque permitió analizar cómo los microorganismos influían directamente en el desarrollo visible de los cultivos, como el aumento en la altura de las plantas, el número de hojas, el peso de la biomasa, y otros indicadores relacionados con su productividad agrícola. Por otro lado, el presente estudio adoptó un enfoque diferente, al evaluar la eficacia de los microorganismos en base a características mecánicas y microbiológicas mediante un análisis detallado en laboratorio. Este enfoque permitió explorar el impacto de los microorganismos sobre las propiedades físicas y microbiológicas del suelo. A pesar de las diferencias en los objetivos y métodos de análisis, ambos estudios arrojaron resultados favorables, demostrando la eficacia de los microorganismos eficientes en contextos distintos.

➤ **CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

Describir las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña.

Se encontró que no existe diferencia en el indicador de arena, lo que indica que ambos tratamientos con (EM1) y (MM) no afectan significativamente la proporción de partículas gruesas en el suelo. Sin embargo, sí se identificó una diferencia significativa en los indicadores de arcilla y limo, lo cual sugiere que ambos tipos de microorganismos presentan mecanismos y efectos diferenciados sobre las características físicas durante la biorremediación de suelos contaminados.

Chavarría et al. (2023) realizó un estudio sobre la remediación de suelos contaminados en el botadero Cerro San Cristóbal, ubicado en Pampas Tayacaja, utilizando el microorganismo *Bacillus cereus* con el objetivo de restaurar la calidad del suelo. Concluyó que inicialmente mostraba un suelo arcilloso y después de la intervención cambió a franco – arenosa, la cual es muy favorable en la restauración.

En el antecedente se muestra un análisis pre y post test de los indicadores, específicamente en la arcilla muestra un cambio favorable. A diferencia el presente estudio en el indicador arcilla ya sea en el pre y post tes con la intervención de ambos microorganismos mostró un aumento mínimo, el cual, considerando la arena, limo y arcilla el suelo queda en el rango permitido y recomendado como suelo fértil.

➤ **CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

Describir las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña.

Se encontró que no existe diferencia significativa en los indicadores de pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitrógeno total (N) y carbono orgánico (C) al comparar el uso de Microorganismos Eficientes (EM1) con los Microorganismos de Montaña (MM) en la biorremediación de suelos

contaminados. Esto indica que ambos tipos de microorganismos no generan alteraciones significativas en estos parámetros generales del suelo en las condiciones estudiadas. Sin embargo, se identificó una diferencia significativa en los indicadores de fósforo (P) y óxido de potasio (K_2O), lo que sugiere que ambos microorganismos presentan mecanismos y efectos diferenciados sobre las características microbiológicas y la disponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo.

García (2022), García (2022) investigó el efecto de los microorganismos en la remediación de suelos agrícolas en Tumilaca – Moquegua. Los resultados mostraron que la aplicación de microorganismos reduce la conductividad eléctrica del suelo. Las concentraciones de 3,75 % fueron más efectivas para mejorar la disponibilidad de nitrógeno, mientras que las concentraciones de 1,25 % y 2,50 % aumentaron la disponibilidad de fósforo. No se observó un cambio significativo en el pH del suelo.

Como se observa en el antecedente citado, se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes (EM) sobre las propiedades del suelo, observándose una reducción en la conductividad eléctrica (CE) y resultados favorables en los niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P), manteniéndose el pH en un rango estable. A diferencia, el presente estudio adoptó un diseño más estructurado mediante el uso de un pre-test y post-test, lo que permitió realizar comparaciones más precisas antes y después de la aplicación de los microorganismos. Los resultados mostraron un aumento significativo en la CE, así como en los niveles de N y P, todos ellos dentro del rango permitido para garantizar un suelo saludable y productivo. Además, el pH se mantuvo neutro a lo largo del experimento.

CONCLUSIONES

➤ CON RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

Se concluye que la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña es diferente respecto al indicador de arcilla, limo, P y K_2O en la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos.

➤ CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Se concluye que las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación respecto al indicador arcilla y limo es diferente en ambos grupos experimentales.

Se concluye que las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación respecto al indicador arena es igual en ambos grupos experimentales.

➤ CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Se concluye que las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación respecto al indicador P y K_2O es diferente en ambos grupos experimentales.

Se concluye que las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación respecto al indicador pH, CE, MO, N y C es igual en ambos grupos experimentales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda promover investigaciones enfocadas en la recuperación de suelos degradados, priorizando el análisis de propiedades microbiológicas más complejas e incorporando indicadores que no han sido abordados en este estudio.

Se recomienda explorar con mayor profundidad la capacidad de diferentes microorganismos para descomponer contaminantes derivados de productos químicos que se encuentran en el suelo, lo que contribuiría significativamente a mitigar los efectos adversos que estos generan en el medio ambiente.

Dado que la mayoría de los estudios previos se han desarrollado en condiciones controladas, como maceteros o invernaderos, se recomienda realizar investigaciones de biorremediación directamente en campo. Este enfoque permitirá evaluar con mayor precisión el comportamiento de los microorganismos bajo condiciones reales, teniendo en cuenta variables climáticas, meteorológicas y las características específicas de los contaminantes.

Después de la intervención con microorganismos, se sugiere utilizar especies vegetales adaptadas a suelos contaminados, como malezas con alta tolerancia a condiciones adversas, para acelerar el proceso de descontaminación y alcanzar niveles de calidad del suelo que cumplan o superen los estándares de calidad.

Recomiendo evaluar la efectividad de los microorganismos eficientes (ME) en combinación con otras estrategias de biorremediación, con el objetivo de generar soluciones más integrales y viables para la recuperación de suelos contaminados.

En el caso de la región de Huánuco, se recomienda experimentar con distintas dosis de microorganismos para adaptarlas a las características locales de los suelos.

Se sugiere a las autoridades gubernamentales a apoyar e impulsar proyectos de investigación orientados a la recuperación de suelos contaminados, priorizando iniciativas que permitan restaurar los espacios

degradados.

Se recomienda a la Universidad de Huánuco implementar un laboratorio especializado en análisis de suelos, lo que fortalecería la investigación regional y respaldaría estudios futuros sobre el manejo sostenible de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADMIN. (2021). *¿Qué son los agroquímicos?*
<https://fundacionsolon.org/2021/03/17/que-son-los-agroquimicos/>
- Agroarecha. (2022). *La Estructura del Suelo*. Agrometálicas Arecha.
https://agroarecha.com/pdf/Estructura_del_suelo.pdf
- AgroSpray. (2021). Suelo productivo Vs. Suelo fértil ¿Qué necesito?
AgroSpray Blog. <https://agrospray.com.ar/blog/suelo-productivo/>
- Alvarez, A. M. (2021). Evaluación de la Eficiencia de Microorganismos Eficientes (EM•1®) Y Microorganismos de Montaña a Diferentes Concentraciones en Plantines de Café (Coffea arábica L.) en Caranavi-La Paz [Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26147/T-2904.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ancasi, E. (2008). Levaduras. (Microbiota) Manual de Microbiología de los Alimentos, 4(1).
- Angulo Pinedo, S. J., & García Arirama, J. M. (2022). Aplicación de microorganismos eficientes (EM) y trichoderma harzianum para la biorremediación de suelos de arroz contaminados con carbofuran, Morales–Cacatachi, 2022 [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93190>
- Barranco, M. J. C., & Guzmán, A. C. J. (2020). Evaluación Ambiental por el uso y Manejo de Productos Agroquímicos [Universidad de la Costa].
<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/7746/EVALUACION%20N%20AMBIENTALES%20POR%20EL%20USO%20Y%20MANEJO%20DE%20PRODUCTOS%20AGROQU%20MICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BID. (2009). Manual Práctico de Uso de EM. Oisca Uruguay.
https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf

- Bioem. (2019). EM•1®. bioem.com.pe. <http://www.bioem.com.pe/em1.html>
- Biopunto.cl. (2020). Ficha técnica EM•1® – Biopunto. <https://www.biopunto.cl/2020/08/03/ficha-tecnica-em1/>
- Camacho, F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K., & Kinyua, M. (2018). Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). UNED Research Journal. https://www.researchgate.net/publication/327898054_Bio-optimizacion_del_compost_con_cultivos_de_microorganismos_de_montana_MM_y_lodos_digeridos_de_biodigestor_LDBIO
- Carr, F. J., Chill, D., & Maida, N. (2002). The lactic acid bacteria: A literature survey. *Critical Reviews in Microbiology*, 28(4), 281-370.
- Castillo, B., Ruiz, J., Manrique, M., & Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). 11.
- Chauracia, A., Meena, B. R., & Tripathi, A. N. (2018). Inomycetes: An unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(9), 132.
- Chavarría Marquez, E. Y., Chávez De La Torre, M. Y., López Yupanqui, G. M., Orellana Reyes, D. E., Pérez Hjar, J. B., Rodas Riveros, N. M., & Sanchez Moratillo, L. A. (2023). Remediación de suelos del botadero cerro San Cristóbal mediante los microorganismos (*Bacillus cereus*) en Pampas Tayacaja. *TAYACAJA*, 6(2), 18–29. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v6i2.210>
- Darwin. (2020). ¿Qué es la biorremediación? <https://darwinbioprospecting.com/2020/04/17/que-es-la-biorremediacion/>, <https://darwinbioprospecting.com/2020/04/17/que-es-la-biorremediacion/>
- El Ganadero. (2023). EM•1® Microorganismos Eficaces ® 1 Litro. El

Ganadero. <https://elganadero.pe/product/em/>

El-Gendy, M. A., Al-Zahrani, S. H. M., & El-Bondkly, A. M. A. (2017). Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 183(1), 30-50.

FAO. (1996). Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>

FAO. (2013). Textura del Suelo. Food and Agriculture Organization. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

FAO. (2019). Propiedades Físicas del Suelo. Portal de suelos de la FAO. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

FAO. (2023). Propiedades Físicas del Suelo. Portal de Suelo de la FAO| Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

fertilab. (2019). Propiedades fisicoquímicas del suelo y el crecimiento de las plantas (p. 5) [Informativo]. FERTILAB-Laboratorio de Reproducción Asistida. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-012-Propiedades-fisicoquimicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas.pdf>

Franzluebbers, A. J., Haney, C. W., Honeycutt, M. A., & Arshad, H. (2001). Climatic influences on active fractions of soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 3(1), 1013-1111.

García. (2017). Metodología de Campo para Determinar Profundidad,

Densidad Aparente, Materia Orgánica, Textura y pH en el Suelo.
www.una.edu.ni, 29.

García, S. (2022). Efecto de los Microorganismos en la Remediación de Suelos Agrícolas en Tumilaca-Región de Moquegua [Universidad José Carlos Mareategui].
http://3.17.44.64/bitstream/handle/20.500.12819/1516/Santiago_tesis_grad-acad_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GDM. (2022). Reproducción de Microorganismos de Montaña [Informativo].
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737319/13_Microorganismos_de_montan_a.pdf

Haney, C. H., Samuel, B. S., Busch, J., & Ausubel, F. M. (2015). Ociations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nat. Plants*, 1, 1-9.

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Hoyos, D., Alvis, N., & Jabib, L. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1369-1379.

Intagri. (2015). La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo.
www.intagri.com. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>

Izquierdo, J. (2017). Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos en la parroquia San Joaquín [Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

Lopez, M., & Estrada, H. (2015). Propiedades del suelo. *Bioagrobiencias* 8(1):3, 8(1), 3-11.

- Madukasi, E., Chunhua, H., & Zhang, G. (2011). Isolation and application of a wild strain photosynthetic bacterium to environmental waste management. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 8(3), 513-522.
- Microbiología. (2023). Bacterias fotosintéticas | Bacterias. Microbiología. <https://microbiologia.net/bacterias/bacterias-fotosinteticas/>
- MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS_011-2017-MINAM.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2014). Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/RM-N%C2%B0-085-2014-MINAM.pdf>
- Moya, J. C. (2012). ¿Como hacer Microorganismos Eficientes? (Informativo 1; p. 1). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/drocc-hoja-04-2012.pdf>
- NPIC. (2015). Suelos y pesticidas. National Pesticide Information Center. <http://npic.orst.edu/envir/soil.es.html>
- Perez Porto, J., & Gardey, A. (2019). Melaza—Qué es, definición y concepto. Definición.de. <https://definicion.de/melaza/>
- RAE. (2019). Definición de suelo contaminado—Diccionario panhispánico del español jurídico—RAE. Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española. <https://dpej.rae.es/lema/suelo-contaminado>
- Ramos, C., & Mamani, L. (2020). Determinación de la concentración óptima de microorganismos eficientes (EM) para la restauración de suelos de cultivo de manzanos en la Hacienda Casa Blanca de Huaral – Lima [Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3454>
- Romero, A. A., Cardoza, I. U., Romero, N. A., Rodríguez, A. D., & Gómez, K.

- H. (2020). Efecto de los microorganismos de montaña en el desarrollo y productividad del cultivo de pimiento en condiciones de campo. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 20(39), Article 39. <https://cmad.ama.cu/index.php/cmada/article/view/258>
- Sanz, A. (2014). La Industria Agroquímica. www.uva.es. <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-12.php>
- Su, P., Tan, X., & Li, C. (2017). Bacterium *Rhodopseudomonas palustris* GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 10(3), 612-624.
- Supo, J. (2014). *Cómo elegir una muestra – Técnicas para seleccionar una muestra representativa*. (49). Bioestadístico EIRL. [file:///C:/Users/Royer%20Michael/Downloads/Jose-Supo-Como-elegir-una-muestra%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Royer%20Michael/Downloads/Jose-Supo-Como-elegir-una-muestra%20(1).pdf)
- Supo, J., & Zacarías, H. (2020). Metodología de la Investigación Científica (3ra edición). Bioestadístico.
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas.
- Tenorio, K. (2020). "Efectos de la contaminación del suelo por herbicidas en la productividad del arroz" [Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8497/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000285.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, A., Quipusco, L., & Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo Batch. *Revista Analisis Cientificos*, 76(2), 269-274.
- Umaña, S., Rodríguez, K., & Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 133. <https://doi.org/10.15359/rca.51-2.7>

- UNC. (2020). Unidad IV: Ecología Microbiana. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 4(1), 66-67.
- Valencia, D. C. M., & Anaya, E. T. O. (2022). Microorganismos de montaña, una alternativa para la biofertilización de cultivos agrícolas. Documentos de Trabajo ECAPMA, 6, 91-105. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.5800>
- Vázquez, S. M., Suárez, H., & Zapata, S. (2009). Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. Revista Chilena de Nutrición, 36(1), 64-71.
- Vega, M., Valverde, A., Gonzales, F., Campos, M., & Illatopa, D. (2021). Efectividad de Microorganismos Eficaces En la Ecoeficiencia del Cultivo de Papa (Vol. 1). <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/06/LIBRO-MICROORGANISMOS-EFICACES.pdf>
- Vinces Moreira, E. E. (2014). Incidencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de descomposición de abonos de origen animal. Revista La Técnica, 18-25.
- Víncula, J. (2019). "Determinación de Microorganismos Eficientes a partir de los Desechos de Hojarascas en la Montaña en la Margen Derecha del Río Cozo, Distrito de Quisqui, Provincia y Departamento de Huánuco-2019 [Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2455/Vincula%20Lorenzo%2C%20Juan%20Jaime.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vivas Darío, G. D. (2020). Efectos de la contaminación por agroquímicos en agua y suelo [Universidad Científica del Sur]. <https://doi.org/10.21142/tb.2020.1527>
- Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D., & Steani, E. (2018). Lant growth promoting and biocontrol activity of Streptomyces spp. As endophytes. International Journal of Molecular Sciences, 19(4), 952.

Yang, Z., Jiang, Z., HSE., C. Y., & Liu, R. (2017). Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 117, 123-127.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Valentin Mato, V. (2025). *Comparación de la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® y los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos, Huánuco-2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEDIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1 Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO, 2024”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña para la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos, Huánuco, 2024?	Comparar la eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña para la mejora de la calidad de suelo contaminado por productos químicos, Huánuco, 2024.	• H1. La eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos. • H0. La eficacia biorremediadora de los microorganismos eficientes EM.1® no es diferente a la eficacia biorremediadora de los microorganismos de montaña (MM) para la mejora de la calidad de suelo contaminado por agroquímicos.	Variable de calibración Biorremediadora • Microorganismos eficientes EM.1® • Microorganismos de Montaña (MM) Variable evaluativa Calidad del suelo • Parámetros físicos -Arena -Arcilla -Limo • Parámetros químicos -Ph -CE -Materia Orgánica -Nitrógeno -Carbono -Fósforo -Oxido de potasio	Tipo: Experimental, Longitudinal, Analítico y prospectivo Enfoque: Cuantitativo Alcance o nivel: Aplicativo Diseño: Experimento verdadero Población: La población de estudio estuvo comprendida por el suelo contenido en un área de 1000m2, suelo contaminado por agroquímicos, dicho suelo está ubicado en el caserío de Huaguín, distrito de Chinchao y departamento de Huánuco. Muestra: El presente estudio adoptó un enfoque de muestreo no probabilístico, específicamente un muestreo por criterio del investigador. En función de estos criterios, se definió como muestra una cantidad de 5 kg de suelo contaminado por cada unidad de análisis.
Problemas específicos	Objetivos Específicos			
• ¿Cuáles son las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña? • ¿Cuáles son las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña?	• Describir las características físicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña • Describir las características químicas del suelo contaminado por productos químicos antes y después de la biorremediación con los microorganismos eficientes EM1 y los microorganismos de montaña			

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2154-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 20 de setiembre de 2023

Visto, el Oficio N° 718-2023-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 438283-0000006260, del Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 438283-0000006260, presentado por el (la) Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27º y 28º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO**, a la Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA– Asesor – Mat. y Reg.Acad.– Interesado – Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2657-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 09 de noviembre de 2023

Visto, el Oficio N° 939-2023-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEDIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1® Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO-2024"**, presentado por el (la) Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2154-2023-D-FI-UDH, de fecha 20 de setiembre de 2023, perteneciente al Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO** se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 939-2023-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEDIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1® Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO-2024"**, presentado por el (la) Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente), Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguia (Secretario) y Mg. Joel Gamez Penadillo (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA BIORREMEDIADORA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EM.1® Y LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE SUELO CONTAMINADO POR AGROQUÍMICOS, HUÁNUCO-2024"**, presentado por el (la) Bach. **Vil Arnold VALENTIN MATTO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

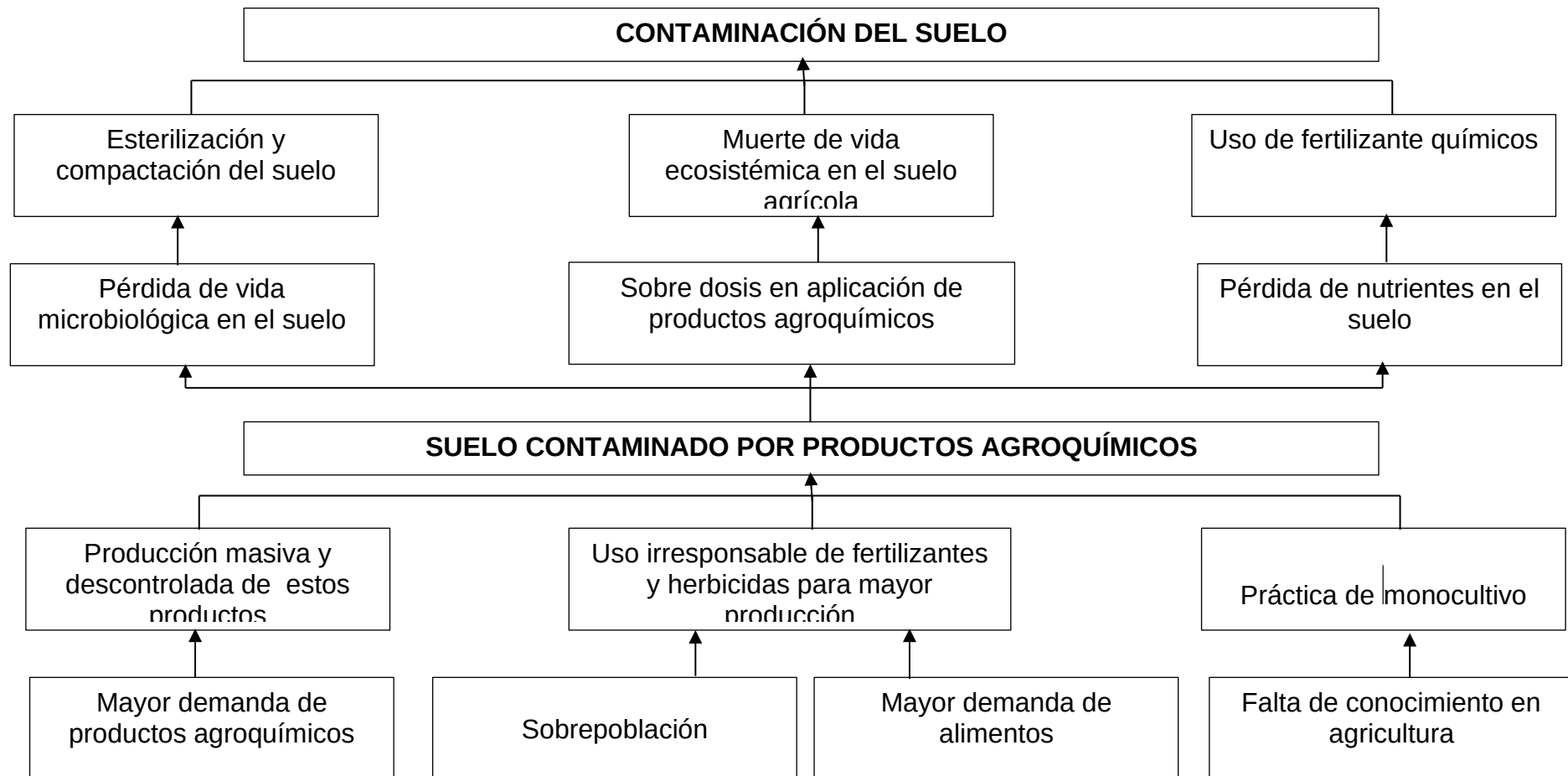


Distribución:

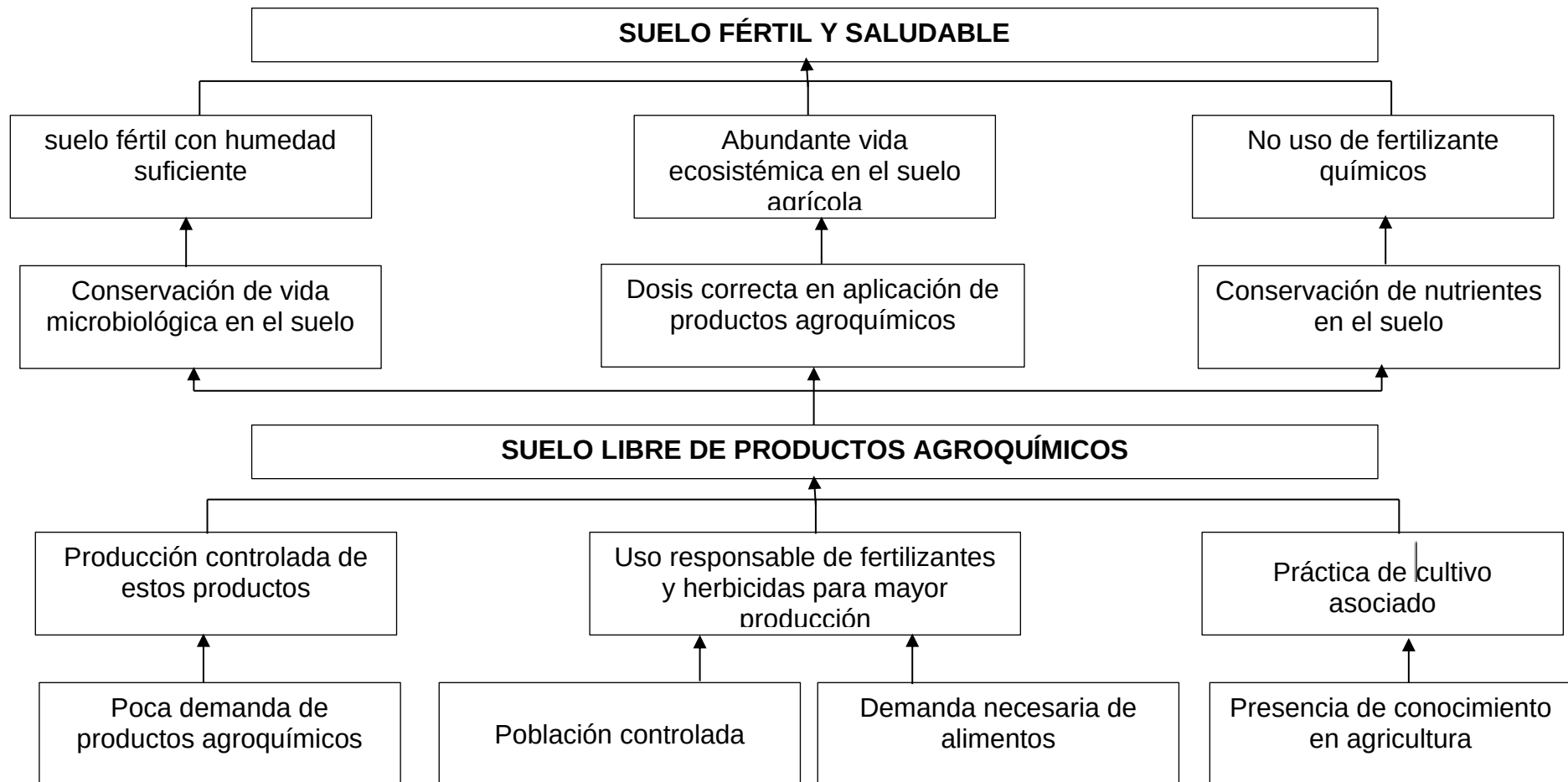
Fac. de Ingeniería – PAIA – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 4

DIAGRAMA DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 5
DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



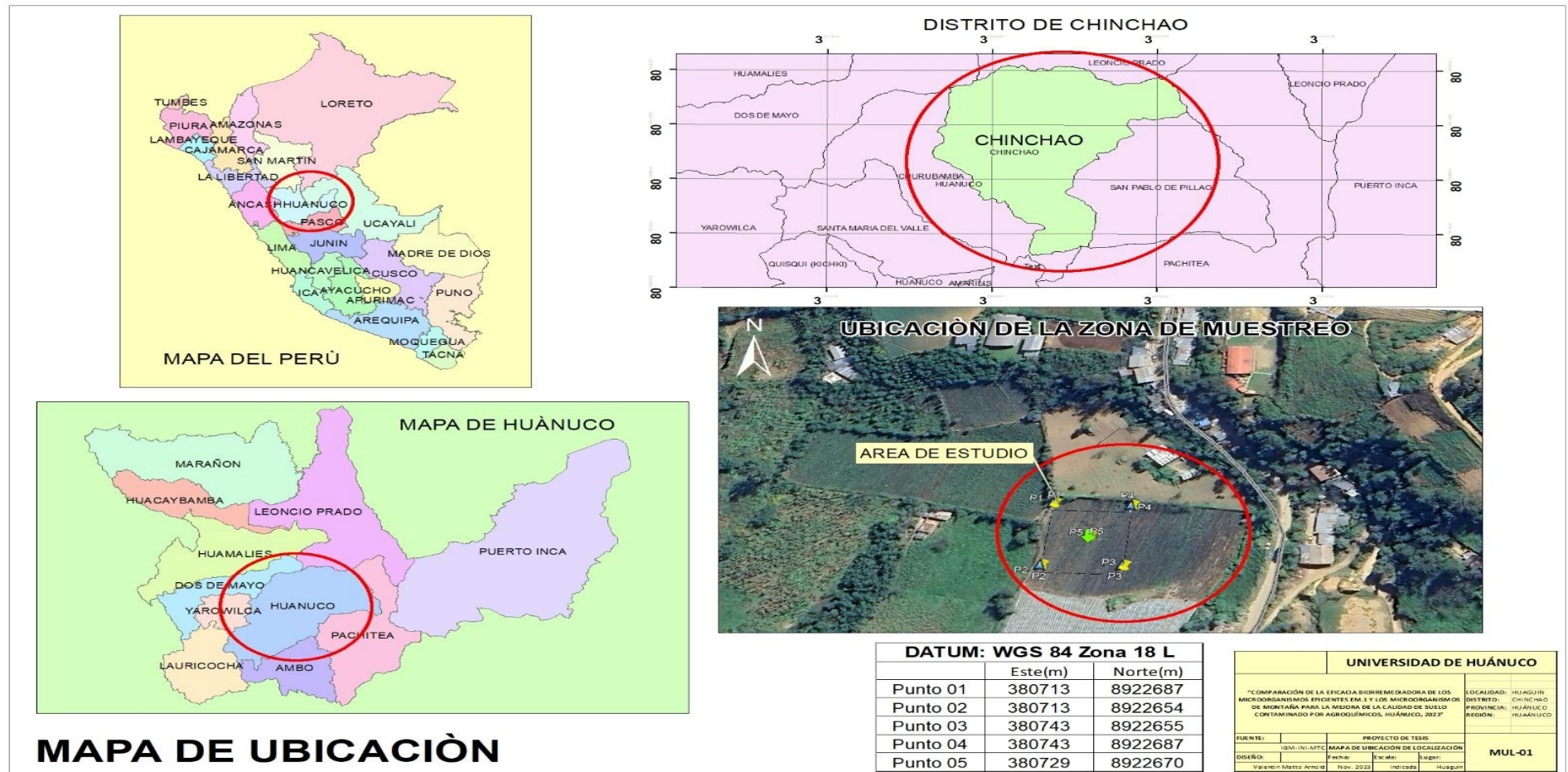
ANEXO 6

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Grupo de estudio	Pre test										Post Test									
	Indicadores	Parámetros físicos				Parámetros químicos				Parámetros Biológicos	Indicadores	Parámetros físicos				Parámetros químicos				Parámetros Biológicos
	Unidades de estudio	Clase textural	Humedad	Color	Densidad Aparente	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Materia Orgánica	Unidades de estudio	Clase textural	Humedad	Color	Densidad Aparente	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Materia Orgánica
1	1										1									
	2										2									
	3										3									
	4										4									
	5										5									
2	1										1									
	2										2									
	3										3									
	4										4									
	5										5									

ANEXO 7

PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO

Recolección de hojarasca para preparación de Microorganismos de Montaña



Muestreo del suelo pre test



Preparación y multiplicación de EM1



Prueba y análisis de Microorganismos de Montaña



Área de estudio



Aplicación de EM1 y Microorganismos de Montaña y visita de asesor y jurado



Resultados del muestreo de suelo (Pre test y post test)



ANEXO 9

RESULTADOS DE LABORATORIO

Análisis de las propiedades de los Microorganismos de Montaña



Ministerio de Salud

HOSPITAL MATERNO INFANTIL "CARLOA SHOWING FERRARI"

LABORATORIO DE ANALISIS CLINICOS Y MICROBIOLOGICOS

MUESTRA: COMPOST

PROPIETARIO: VALENTIN MATTO VIL ARNOLD.

FECHA: 22 DE ABRIL DEL 2024.

RESULTADOS:

	MEDIOS DE CULTIVO	UFC/ml.	Especies.	Coloración
1	Agar Sabouraud	220 UFC	Levaduras	Azul de metileno Estructuras unicelulares ovoides
2	Agar nutritivo	275 UFC	Bacilos	Grandes negativos (cocos, bacilos bacteroides) Gran positivos (bacilos)
3	Agar rogosa	320 UFC	Lactobacilos	Gran negativos (bacilos)
4	Agar avena	420 UFC	Actinomicetos	Gran negativos (bacilos filamentosos) Gran positivos (bacilos diversos)
5	Agar cetrimide	215 UFC	Pseudomonas	Gran negativos (bacilos)

FECHA: 02 DE MAYO DEL 2024


Blgo. Alejandro Duran Nueva
COP 12008

Análisis de laboratorio Pre test

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	VALENTIN MATTO VIL ARNOLD	FECHA DE MUESTREO:	23/02/2024
PROCEDENCIA:	HUAGUIN - CHINCHAO - HUANOUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	23/02/2024
CULTIVO:	---	FECHA DE REPORTE:	29/02/2023
REFERENCIA:	--	RECIBO N°:	37595

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLUCIATIVO																								
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO										ANÁLISIS QUÍMICO							
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo		dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio	Magnesio		Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%	%		%		
			%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm		CMol(+) / kg					%		%	%	
			CÓDIGO DEL LAB.	CÓDIGO DEL SOLICITANTE	%		%	%	1:1	1:1	%	%	%		ppm	ppm	C					%	%	%
1	S329	M1	59	28	12	Franco Arcillo Arenoso	5.42	0.32	2.49	0.125	1.447	52.010	86.751	----	1.617	0.281	0.310	0.191	0.188	0.150	2.735	87.660	12.340	6.856
2	S330	M2	55	28	16	Franco Arcillo Arenoso	5.49	0.32	2.45	0.122	1.419	55.777	89.788	----	1.861	0.288	0.366	0.278	0.150	0.100	3.044	91.787	8.213	4.928

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANÍ YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Ing. GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO
Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Análisis de laboratorio Post test

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	VALENTIN MATTO VIL ARNOLD	FECHA DE REPORTE:	13/08/2024
PROCEDENCIA:	AMARILIS - HUANOUCO - HUANOUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	30/7/2024
REFERENCIA:	POST TEST	MUESTREO POR:	EL SOLICITANTE
TIPO:	SUELOS	RECIBO O FACTURA ELECTRÓNICA N°	51985

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO										ANÁLISIS QUÍMICO							
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Base Cambiables	Ácidos Cambiables	Saturación de Aluminio	
			Ao	Arc	Lo		dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio	Magnesio		Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	CICe					
			%	%	%		%	%	%	%	ppm	ppm	CMol(+) / kg		%	%	%	%	%	%				%
			CODIGO DEL LAB.	COD SOLICITANTE	1:1		1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES											
1	S24-0933	EM DE MONTAÑA - X1	44	28	28	Franco Arcilloso	5.57	3.69	2.51	0.1253	1.4533	58.688	167.9383	4.470	3.166	0.492	0.539	0.273	0	0	--	100	0	0
2	S24-0934	EM DE MONTAÑA - X2	40	32	28	Franco Arcilloso	5.59	3.95	3.31	0.1657	1.9217	58.898	175.4998	5.169	3.700	0.840	0.584	0.245	0	0	--	100	0	0
3	S24-0935	EM DE MONTAÑA - X3	44	28	28	Franco Arcilloso	5.89	5.14	2.75	0.1377	1.5977	58.975	181.4899	5.399	4.160	0.470	0.513	0.266	0	0	--	100	0	0
4	S24-0936	EM DE MONTAÑA - X4	44	32	24	Franco Arcilloso	5.55	4.94	2.90	0.1452	1.6849	57.258	158.7178	5.124	3.796	0.535	0.521	0.273	0	0	--	100	0	0
5	S24-0937	EM DE MONTAÑA - X5	44	28	28	Franco Arcilloso	6.43	6.00	2.61	0.1303	1.5119	57.698	180.7629	4.948	3.579	0.529	0.544	0.297	0	0	--	100	0	0

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANÍ YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





SOLICITANTE:	VALENTIN MATTO VIL ARNOLD	FECHA DE REPORTE:	13/08/2024
PROCEDENCIA:	AMARILIS - HUANUCO - HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	30/7/2024
REFERENCIA:	POST TEST	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
TIPO:	SUELOS	RECIBO O FACTURA ELECTRONICA N°	51985

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO	
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100

N°	DATOS	ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO										ANÁLISIS QUÍMICO									
		Arena Arcilla Limo			Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Bases Cambiables	Ácidos Cambiables	Átomos de Aluminio			
		Ao	Arc	Lo																					
		M.O.	total	Orgánico																			disponible		
		dS/m	M.O.	total																			Orgánico	disponible	
CODIGO DEL LAB.		COD SOLICITANTE		%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES Cmol(+)/xkg											
				%	%	%														%	%	%			
6	S24-0938	EM1 - P1	42	32	26	Franco Arcilloso	5.74	7.48	2.58	0.1290	1.4968	63.646	98.1215	5.253	4.046	0.525	0.459	0.223	0	0	--	100	0	0	
7	S24-0939	EM1 - P2	38	36	26	Franco Arcilloso	5.69	5.31	2.56	0.1278	1.4828	53.895	99.6460	5.451	4.359	0.466	0.415	0.210	0	0	--	100	0	0	
8	S24-0940	EM1 - P3	40	34	26	Franco Arcilloso	6.32	4.69	2.71	0.1363	1.5701	54.985	97.7196	5.904	4.638	0.575	0.483	0.209	0	0	--	100	0	0	
9	S24-0941	EM1 - P4	42	34	24	Franco Arcilloso	6.49	6.04	2.65	0.1327	1.5395	53.745	100.0223	5.394	4.226	0.463	0.478	0.237	0	0	--	100	0	0	
10	S24-0942	EM1 - P5	44	36	20	Franco Arcilloso	6.44	5.31	2.54	0.1270	1.4737	54.898	98.4290	5.548	4.368	0.539	0.446	0.206	0	0	--	100	0	0	



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

