

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023 – 2024”

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

AUTORA: Armillon Tucto, Ruth Evelyn

ASESOR: Cajahuanca Torres, Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2026

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: Ingeniería ambiental y geología

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): 47795428

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22511841

Grado/Título: Maestro en Gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-5671-1907

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Zacarias Ventura, Héctor Raúl	Doctor en ciencias de la educación	22515329	0000-0002-7210-5675
2	Morales Aquino, Milton Edwin	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
3	Camara Llanos, Frank Erick	Doctor en ciencias de la salud	44287920	0000-0001-9180-7405



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
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 16:30 horas del día 12 del mes de junio del año 2026, 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:

- Dr. Hector Raul Zacarias Ventura (Presidente)
- Dr. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario)
- Dr. Frank Erick Camara Llanos (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1003-2026-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DE LA BIORREMEDIACION CON BIOL A PARTIR DE LA CASCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO CONTAMINADO POR AGROQUIMICOS, UCAYALI 2023 - 2024"**, presentado por el (la) Bach. **ARMILLON TUCTO, RUTH EVELYN** 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) APROBADA Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 17:36 horas del día 12 del mes de Junio del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Hector Raul Zacarias Ventura
DNI: 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675
Presidente

Dr. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Secretario

Dr. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: RUTH EVELYN ARMILLON TUETO, de la investigación titulada "Efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023 - 2024", con asesor(a) RAÚL CAJAHUANCA TORRES, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2364-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % 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, 12 de marzo de 2026



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

Jr. Hermilio Valdizán N° 871 - Jr. Progreso N° 650 - Teléfonos: (062) 511-113
Telefax: (062) 513-154
Huánuco - Perú

46. ARMILLON TUCTO, RUTH EVELYN.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	23%	7%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe	9%
	Fuente de Internet	
2	alicia.concytec.gob.pe	2%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unu.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.puce.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
5	digitum.um.es	1%
	Fuente de Internet	



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

DEDICATORIA

Dedico esta Presente tesis a Dios, ya que la sabiduría viene de él, a mis padres Lidia y Hualberto por el apoyo incondicional brindadas en el largo proceso universitario ya que han sido un pilar fundamental en mi formación profesional, por brindarme sus consejos, confianza, oportunidad y recursos para lograrlo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me ha guiado y me ha dado fortaleza para continuar en mis múltiples proyectos de vida.

Agradezco a la Universidad por abrirme las puertas y oportunidad de avanzar en mi carrera profesional. Especialmente a mi asesor por su constante apoyo, su fe en mis habilidades y su Predisposición para ayudarme en los fundamentos para finalización de esta tesis.

A mi familia y por sobre todo a mis padres quienes han luchado incansablemente, brindándome ejemplo de humildad, sacrificio y superación; enseñándome a valorar todo lo que poseo a quienes deseo una larga vida para disfrutar de la cosecha que han sembrado con mi educación.

Por último, quisiera exteriorizar mi gratitud a todas aquellas personas que han contribuido y me han apoyado para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	17
1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20

2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	20
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES.....	24
2.2.	BASES TEÓRICAS	27
2.2.1.	BIORREMEDIACIÓN	27
2.2.2.	BIOL	28
2.2.2.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS ABONOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS	28
2.2.2.2.	PRINCIPALES FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DE UN ABONO FERTILIZANTE ORGÁNICO.....	29
2.2.2.3.	BENEFICIOS DEL USO DE ABONOS ORGÁNICOS	30
2.2.2.4.	APLICACIÓN DE BIOL AL SUELO.....	31
2.2.3.	CALIDAD DEL SUELO.....	32
2.2.4.	SUELO	32
2.2.4.1.	Propiedades físicas del suelo	33
2.2.4.2.	ESTRUCTURA DEL SUELO	34
2.2.4.3.	LA COMPOSICIÓN DEL SUELO.....	35
2.2.4.4.	LA FORMACIÓN DE SUELOS	36
2.2.5.	DEGRADACIÓN DE SUELOS	37
2.2.6.	ESTÁNDAR DE CALIDAD DE SUELO	39
2.2.7.	CACAO	40
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4.	HIPÓTESIS.....	42
2.5.	VARIABLES	42
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	42
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	42
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
	CAPÍTULO III	44
	MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	44
3.1.1.	ENFOQUE	44

3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	44
3.1.3.	DISEÑO	44
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.2.1.	POBLACIÓN	45
3.2.2.	MUESTRA.....	45
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	45
3.3.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.3.2.	ETAPA DE CAMPO	45
3.3.3.	INSTRUMENTO	49
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
3.4.1.	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	49
3.4.2.	TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	49
3.4.3.	INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y LOS RESULTADOS .	50
3.5.	ÁMBITO GEOGRÁFICO Y TIEMPO DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.5.1.	ÁMBITO GEOGRÁFICO	50
3.5.2.	TIEMPO DE LA INVESTIGACIÓN	50
	CAPÍTULO IV	51
	RESULTADOS	51
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS	51
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .	60
	CAPÍTULO V	63
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
	CONCLUSIONES	66
	RECOMENDACIONES	67
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	68
	ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores que intervienen en el proceso para abono orgánico	30
Tabla 2 Composición del suelo superficial franco en buenas condiciones ..	33
Tabla 3 Operacionalización de variables	43
Tabla 4 Ubicación política del lugar de la investigación	50
Tabla 5 Composición textural del suelo en el experimento	51
Tabla 6 Estadísticas representativas para el PH, conductividad y materia orgánica en el suelo con biol y sin biol.....	52
Tabla 7 Estadísticas representativas para el fosforo, nitrógeno y potasio en el suelo con biol y sin biol	54
Tabla 8 Estadísticas representativas para Calcio, Magnesio y Sodio en el suelo con y sin biol.....	56
Tabla 9 Estadísticas representativas para microorganismos de mayor abundancia del suelo con y sin biol	58
Tabla 10 Estadísticas representativas para microorganismos de mayor abundancia del suelo con y sin biol	59
Tabla 11 Prueba de normalidad de datos en el experimento	60
Tabla 12 Prueba t para muestras emparejadas.....	61
Tabla 13 Prueba t de muestras independientes	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama para la determinación de la textura de un suelo	33
Figura 2 Esquema del mecanismo general de formación de un agregado estable en el suelo	34
Figura 3 El suelo y sus horizontes	35
Figura 4 Proporciones deseables de aire, agua y materias sólidas	36
Figura 5 Nomenclatura de los horizontes del suelo	37
Figura 6 Proceso de degradación de suelos	38
Figura 7 Ubicación zona de trabajo.....	46
Figura 8 Insumos para la elaboración de biol	47
Figura 9 Preparación de la solución para el biol	47
Figura 10 Tratamiento del suelo contaminado con la solución biol	48
Figura 11 Monitoreo del tratamiento del suelo con biol.....	49
Figura 12 Triángulo textural del suelo en el experimento.....	51
Figura 13 Representación de la evolución del PH, Conductividad y materia orgánica del suelo sin tratamiento y con tratamiento	53
Figura 14 Representación de fósforo, nitrógeno y potasio en el suelo con biol y sin biol.....	55
Figura 15 Representación de Calcio, Magnesio y Sodio en el suelo con y sin biol	57
Figura 16 Representación de microorganismos de mayor abundancia del suelo con y sin biol.....	58
Figura 17 Representación de microorganismos de menor abundancia del suelo con y sin biol.....	59

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Armado de tinglado para las camas para los suelos contaminados.....	85
Fotografía 2 Armado de las camas para los suelos contaminados.....	85
Fotografía 3 Camas armadas con los suelos contaminados, listas para el tratamiento	86
Fotografía 4 Picado y llenado de la cascara de cacao al bidón	86
Fotografía 5 Incorporación de insumos (leche y melaza) al bidón para elaboración de biol.....	87
Fotografía 6 Mezclado y sellado del bidón de contenido de la solución biol con cascara de cacao	87
Fotografía 7 Microorganismos en la superficie del bidón de la solución biol después de 45 días.....	88
Fotografía 8 Aplicación y monitoreo de la solución biol a las camas con suelo contaminado	88
Fotografía 9 Supervisión del jurado in situ del proyecto de investigación...	89
Fotografía 10 Jurado del proyecto de investigación validando la ejecución	89
Fotografía 11 Visita técnica del jurado revisor de la investigación.....	90

RESUMEN

La investigación *“Efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) Sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024”* el objetivo fue evaluar el efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre la calidad de suelo degradado por agroquímicos. La metodología de tipo experimental con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), donde tomó una Pre muestra BIO Pre de suelo afectado por agroquímicos, y se usó 2 dosis para biorremediar con BIO1 Post (1.5 Lt) y BIO2 Post (2.5 Lt) de biol. La normalidad fue con la prueba de Shapiro-Wilk, permitiendo el uso de estadística paramétrica. Efecto Antes-Después: La prueba T de muestras emparejadas confirmó que ambos tratamientos generaron cambios altamente significativos ($p < 0.01$) en todas las propiedades del suelo respecto a su estado inicial. Los resultados, mostraron que el tipo textural se mantiene en Franco. El incremento significativo en el pH, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio. El Biol 2.5 fue superior en la acumulación de potasio, magnesio y sodio ($p < 0.001$), mientras que el nitrógeno y la materia orgánica aumentaron de forma idéntica en ambos tratamientos ($p = 1.000$). Se evidenció un aumento significativo en la carga de bacterias aerobias y actinomicetos. El Biol 1.5 mostró una mayor eficacia para promover la actividad de estos microorganismos en comparación con la dosis de 2.5 ($p < 0.05$). Por lo que se concluye que el uso de biol de cáscara de cacao es una estrategia eficaz para la restauración de suelos degradados en la región. El Biol 2.5 destaca por su aporte mineral (potasio y magnesio), mientras que el Biol 1.5 favorece en mayor medida la recuperación de la biodiversidad microbiana del suelo.

Palabra clave: *Efecto, biol, agroquímicos, remediación y cacao.*

ABSTRACT

The research "*Effect of bioremediation with biol from cocoa shell (Theobroma cacao L.) On the quality of soil contaminated by agrochemicals, Ucayali 2023-2024*" the objective was to evaluate the effect of bioremediation with biol from cocoa husks (*Theobroma cacao L.*) on the quality of soil degraded by agrochemicals. The experimental methodology with a mixed approach (quantitative and qualitative), where a BIO Pre-sample of soil affected by agrochemicals was taken, and 2 doses were used to bioremediate with BIO1 Post (1.5 Lt) and BIO2 Post (2.5 Lt) of biol. Normality was with the Shapiro-Wilk test, allowing the use of parametric statistics. Before-After Effect: The T-test of matched samples confirmed that both treatments generated highly significant changes ($p < 0.01$) in all soil properties with respect to their initial state. The results showed that the textural type is maintained in Franco. The significant increase in pH, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium. Biol 2.5 was higher in the accumulation of potassium, magnesium and sodium ($p < 0.001$), while nitrogen and organic matter increased identically in both treatments ($p = 1.000$). A significant increase in the load of aerobic bacteria and actinomycetes was evidenced. Biol 1.5 showed greater efficacy in promoting the activity of these microorganisms compared to the 2.5 dose ($p < 0.05$). Therefore, it is concluded that the use of cocoa husk biol is an effective strategy for the restoration of degraded soils in the region. Biol 2.5 stands out for its mineral contribution (potassium and magnesium), while Biol 1.5 favors to a greater extent the recovery of the microbiological biodiversity of the soil.

Keyword: *Effect, biol, agrochemicals, remediation and cocoa.*

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye la capa más externa de la corteza terrestre y está conformado principalmente por fragmentos minerales derivados de procesos de meteorización y erosión, así como por materia orgánica originada a partir de la actividad biológica superficial. En la actualidad, la contaminación del suelo representa un problema de alcance mundial, y el Perú no es ajeno a esta realidad. Diversas prácticas agrícolas, especialmente el monocultivo y el uso intensivo de insumos químicos, han acelerado la degradación de esta capa vital para los ecosistemas y la producción de alimentos.

En la región de Ucayali, la expansión e intensificación de la agricultura han incrementado el empleo de agroquímicos como pesticidas y fertilizantes sintéticos con el propósito de maximizar el rendimiento de cultivos tropicales. Esta práctica ha ocasionado el deterioro progresivo de la estructura del suelo, la disminución de la biodiversidad microbiana y la acumulación de compuestos tóxicos que comprometen su fertilidad a largo plazo. Paralelamente, la producción de cacao genera grandes volúmenes de cáscara que, al no ser aprovechados adecuadamente, se convierten en residuos contaminantes. Frente a esta problemática, surge la necesidad de implementar alternativas biotecnológicas accesibles que permitan recuperar suelos degradados utilizando recursos orgánicos disponibles en la propia zona, como la cáscara de *Theobroma cacao* L.

La presente investigación se justifica por su relevancia ambiental y económica. Desde el enfoque ecológico, la biorremediación mediante la aplicación de biol constituye una alternativa natural para degradar contaminantes y restituir nutrientes esenciales al suelo. En el ámbito social, brinda a los agricultores la posibilidad de reducir la dependencia de insumos costosos, transformando un residuo orgánico en un recurso de valor agronómico. Asimismo, el estudio aporta evidencia específica sobre la efectividad del biol elaborado a partir de cacao y su interacción con suelos afectados por agroquímicos.

En cumplimiento del objetivo general evaluar el efecto de la biorremediación con biol elaborado a partir de cáscara de cacao sobre la

calidad de suelos degradados por agroquímicos se espera evidenciar la reactivación de la microflora benéfica, la aceleración en la degradación de residuos químicos, mejoras en la textura y capacidad de retención de humedad, así como un incremento en la disponibilidad de nutrientes, generando condiciones más favorables para el desarrollo vegetal en comparación con suelos no tratados.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: el Capítulo I delimita el problema de investigación, formula los objetivos y expone la justificación y viabilidad del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico y los antecedentes que sustentan las variables analizadas. El Capítulo III describe la metodología empleada, incluyendo el diseño y las técnicas de muestreo. Finalmente, los Capítulos IV y V presentan el procesamiento estadístico de los datos, la validación de hipótesis y la discusión de los resultados en contraste con investigaciones previas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las principales fuentes antropogénicas de contaminación del suelo incluyen productos químicos industriales, residuos municipales y agrícolas, agroquímicos y derivados del petróleo. Estas sustancias pueden liberarse al ambiente de forma accidental como en derrames o filtraciones o intencional, mediante la aplicación de fertilizantes, plaguicidas, aguas residuales sin tratamiento o lodos no estabilizados (Rodríguez et al, 2019).

Por diversos agentes contaminantes, un tercio del planeta presenta una degradación de media a grave debida a procesos de erosión, salinidad, compactación y acidificación edáfica, lo que genera mermas alimentarias y podría empujar a multitudes hacia la indigencia. El manejo sostenible de las tierras, empleando saber científico y métodos tecnológicos probados, puede elevar la producción de nutrientes, optimizar la estabilidad climática y resguardar las funciones del ecosistema (Montanarella et al, 2016).

El menoscabo edáfico en Latinoamérica comenzó durante el periodo colonial europeo. Las acciones humanas que más han acelerado este deterioro incluyen el pastoreo excesivo, la tala y las quemas forestales; sumándose recientemente técnicas de explotación agrícola intensiva, mecanización y el descuido de infraestructuras protectoras como andenes, además del manejo deficiente de recursos hídricos para irrigación. Asimismo, la escorrentía hídrica ha impactado severamente tierras escarpadas en relieves montañosos. Se comprueba que la degradación en la región se vuelve más crítica por factores antropogénicos carentes de ética ambiental; anualmente, 5 millones de hectáreas padecen erosión por deforestación. Se estima que 300 millones de hectáreas sufren diversas poluciones, destacando 100 millones degradadas por desbosque y 80 millones por sobrepastoreo (Barriga et al, 2019).

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2023), los terrenos agrícolas peruanos son el recurso más limitado, abarcando solo el 7 % del territorio y enfrentando riesgos de salinización en el litoral, erosión progresiva en los

Andes y agotamiento de nutrientes en la Amazonía. Además, 8 millones de hectáreas poseen riesgo erosivo y 31 millones muestran erosión media. Ante las avenidas fluviales estivales por el Fenómeno de El Niño, se destruye cerca del 40 % de áreas cultivables en costa y selva; en la sierra, el 60 % de tierras agropecuarias sufre erosión grave por ausencia de gestión técnica y eliminación de biomasa protectora en vertientes.

En Padre Abad, Ucayali, convergen múltiples dinámicas agrarias y desechos urbanos o pecuarios de gran relevancia. Este sector abarca 57,684.3 ha e incluye siembras perennes como palma, banano, coca y cacao; junto a cultivos de campaña como yuca y maíz. Regionalmente dominan la palma, el plátano y la coca, cuya expansión ha implicado deforestación masiva, resultando en la pérdida de ecosistemas forestales y suelos. El empleo negligente de agroquímicos agrava esta situación, derivando inevitablemente en el deterioro edáfico y la alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (CENEPRED, 2012).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es el efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) sobre la calidad de suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*)?
- ¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*)?
- ¿Cuáles son las propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*)?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) sobre la calidad de suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las propiedades físicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*)
- Describir las propiedades químicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*)
- Describir las propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*)

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación busca generar nuevos conocimientos mediante la experimentación del uso de cáscara de cacao combinada con microorganismos eficientes para la elaboración de biol en un biodigestor hermético, con el propósito de evaluar su efectividad en la reducción de la degradación del suelo ocasionada por el uso excesivo de productos químicos agrícolas.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El estudio propone una alternativa tecnológica sostenible para la recuperación de suelos agrícolas degradados en la región Ucayali, promoviendo prácticas más responsables con el ambiente.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Se desarrolló una metodología basada en procedimientos técnicos y fundamentos teóricos que permitió cumplir los objetivos planteados, aplicando una tecnología ecológica sencilla para mejorar las propiedades químicas del suelo degradado.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

El crecimiento poblacional y económico incrementa la presión sobre el recurso suelo, provocando la pérdida anual de extensas áreas aptas para el desarrollo vegetal por procesos de urbanización, desertificación y erosión. En este contexto, el uso de biol a partir de la cáscara de *Theobroma cacao* L. constituye una medida preventiva y correctiva que contribuye a la conservación ambiental y al bienestar humano.

En esta investigación se planteó el uso de biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa de solución para suelos degradados de una parcela que pertenece al Caserío Shanantía, teniendo en cuenta que el biol es un excelente abono foliar que permitirá saber si se logra minimizar los efectos de la degradación de suelos que causa el uso excesivo e indiscriminado de productos químicos agrícolas

y que trae como consecuencias diversos problemas, una de ellas es la degradación de suelos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

No se presentaron limitaciones relacionadas con el acceso a materiales, ya que se contó con el terreno experimental, la disponibilidad de cacao y los recursos necesarios para ejecutar la investigación. Sin embargo, una limitación relevante es el tiempo requerido para que la tecnología de biorremediación evidencie resultados, el cual puede variar entre cinco meses y cinco años, dependiendo de la persistencia del contaminante en el suelo.

Se tuvo el limitante del tiempo del biol como tecnologías de biorremediación de suelos contaminados fueron desarrolladas para acelerar el proceso natural de la recuperación de suelos. Este efecto es logrado mediante la optimización de la capacidad natural de microorganismos para degradar un contaminante, proporcionando las condiciones esenciales para el crecimiento y la biodisponibilidad del contaminante, así como la reducción del estrés abiótico sobre la micro flora en un tiempo mínimo de 5 meses a máximo de 5 años, dependiendo de la persistencia del contaminante en el suelo (Candia, 2019).

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue viable por diferentes consideraciones, las cuales se describen a continuación:

- **Viabilidad ambiental**

La propuesta ofrece una alternativa de restauración frente a la pérdida de propiedades físicas y químicas del suelo ocasionadas por actividades económicas.

- **Viabilidad operativa**

Se dispuso de los recursos humanos, logísticos y materiales necesarios para la ejecución del estudio.

- **Viabilidad técnica**

Se contó con asesoramiento especializado en el área de estudio.

- **Viabilidad social**

Se garantizó el respeto a la población involucrada, informando sobre los beneficios directos e indirectos de la investigación.

- **Viabilidad económica**

El estudio fue financiado por el investigador, asegurando su ejecución desde la fase de planificación hasta su culminación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Suquillo (2025) en su tesis: “*Evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa (Solanum tuberosum) variedad Superchola*” para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. tuvo como propósito determinar la incidencia del biol y de las algas marinas, aplicados tanto al suelo como vía foliar, sobre el rendimiento del cultivo de papa variedad Superchola. Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con siete tratamientos: T1: biol al suelo en siembra, retape y deshierba; T2: biol foliar a los 80, 100 y 120 días después de la siembra; T3: algas marinas al suelo en las mismas etapas; T4: algas marinas foliar en los mismos intervalos; T5: biol suelo y follaje; T6: algas marinas suelo y follaje; y T7: testigo absoluto. Se evaluaron variables agronómicas como porcentaje de emergencia, altura de planta, número de tallos, biomasa foliar, peso de raíces más tubérculos, número y peso de tubérculos y rendimiento total. El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias significativas únicamente en el rendimiento, sobresaliendo el T4 con un incremento de 59,87 %. El análisis económico indicó que T4 alcanzó la mayor rentabilidad (110,03 %), con un beneficio neto de 7 678,37 USD y un rendimiento comercial de 32,98 t ha⁻¹. Se concluyó que la aplicación foliar de algas marinas incrementa significativamente el rendimiento en las condiciones agroclimáticas evaluadas, optimizando la productividad y reduciendo la dependencia de fertilización sintética, sin efectos estadísticamente significativos en otras variables de crecimiento.

Panchana (2024) en su tesis titulada: “*Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao (Theobroma cacao L.)*”. para la Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí – Ecuador. planteó evaluar el efecto de diferentes concentraciones de biol a base de mucílago de

cacao en el cantón Pedernales. Se establecieron cinco tratamientos: testigo sin biol y aplicaciones al 1 %, 2 %, 3 % y 4 %, bajo un diseño completamente al azar utilizando plántulas de cacao Nacional ecuatoriano de cuatro meses. Se midieron variables morfológicas como altura, diámetro del tallo, número de hojas y longitud radicular. El marco teórico sustentó propiedades antioxidantes y actividad antifúngica del biol, así como antecedentes sobre su efecto promotor en el desarrollo vegetal. La metodología contempló aplicaciones foliares tres veces por semana en vivero, con evaluaciones quincenales durante dos meses y análisis estadísticos para determinar diferencias significativas. Los resultados proyectan aportar evidencia para el fortalecimiento de prácticas agrícolas sostenibles, promoviendo el uso de insumos locales y mitigando impactos ambientales en la producción cacaotera.

Pibaque (2024) en su tesis: *“Efecto de tres tipos de biol y tres dosis sobre el desarrollo vegetativo del patrón de mandarina cleopatra (Citrus reshni) a nivel vivero”* para la Universidad Estatal del Sur de Manabí – Ecuador. La investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de tres tipos de biol —de origen bovino, porcino y a base de pollinaza— y tres niveles de dosificación sobre el patrón de mandarina Cleopatra (*Citrus reshni*) en condiciones de vivero. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), bajo un arreglo factorial $3 \times 3 + 1$, conformado por nueve tratamientos, tres repeticiones y un testigo, sumando un total de 300 plantas evaluadas. Las variables analizadas fueron número de hojas, longitud foliar, ancho foliar y diámetro de tallo, con el propósito de identificar el tratamiento que optimizara el desarrollo vegetativo del patrón. Se consideraron dos factores: el factor A (tipo de biol), compuesto por A1: biol bovino, A2: biol porcino y A3: biol de pollinaza; y el factor B (dosis), con B1: 10 ml, B2: 20 ml y B3: 30 ml. Los resultados obtenidos indicaron que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados; sin embargo, se evidenciaron variaciones numéricas. En el caso del número de hojas, el tratamiento A1 (biol bovino) registró el promedio más alto con 21,78 hojas. Para la longitud de hojas, el mejor

desempeño correspondió al biol de pollinaza, con 4,10 cm. En cuanto al ancho de hojas y al diámetro de tallo, el biol porcino mostró los valores superiores, con 2,76 cm y 5,00 mm, respectivamente. Respecto a las dosis aplicadas, también se observaron diferencias numéricas. La dosis de 10 ml destacó en las variables de longitud y ancho de hojas; para el número de hojas, la dosis más favorable fue B2 (20 ml); mientras que, para el diámetro de tallo, el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 30 ml.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Palacios y De La Cruz (2024) en su investigación: “*Efecto de aplicación de dos tipos de biol a diferentes dosis en el rendimiento de la albahaca (Ocimum basilicum L.)*” para la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco. Plantearon como objetivo determinar la influencia de dos tipos de biol y diferentes niveles de dosificación en el rendimiento del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) en el distrito de Huariaca. El experimento se condujo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2×3 , correspondiente a dos tipos de biol y tres dosis. La aplicación del biol se efectuó inicialmente a los 14 días posteriores al trasplante y se repitió en cinco ocasiones hasta la cosecha, empleando dosis de 1, 2 y 3 litros de biol diluidos en 20 litros de agua. En cuanto a los resultados, se reportó un rendimiento máximo de 12,31 t/ha con la aplicación de 3 litros de biol de origen vacuno diluidos en 20 litros de agua. Asimismo, se evidenció que el biol vacuno tuvo un efecto favorable en la producción, alcanzando 12,20 t/ha con la dosis de 3 litros por cada 20 litros de agua. Finalmente, respecto al comportamiento agronómico del cultivo frente a los tipos y dosis de biol, se concluyó que variables como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por planta, peso y longitud de hoja mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica variabilidad en la respuesta de cada parámetro evaluado.

Lucano y Alegre (2023) en su artículo titulado: *“Eficiencia de un biol elaborado a partir de residuos de cosecha en la producción del cacao (Theobroma Cacao L.), en una plantación orgánica agroforestal”* para la revista Folia Amazonica – Ucayali. Tuvieron como objetivo evaluar la calidad y eficacia de un biol producido a partir de residuos de cosecha de cacao sobre el clon fino de aroma TSH 565, establecido en un sistema agroforestal en el distrito de Campo Verde, región Ucayali. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos aplicados a nivel de copa. El tratamiento testigo consistió en la fertilización convencional del productor (1 kg de gallinaza, 250 g de roca fosfórica y 250 g de dolomita). Los tratamientos T1, T2 y T3 correspondieron a aplicaciones de biol diluido al 10%, 15 % y 20 %, respectivamente, mientras que el T4 combinó biol al 15 % más la fertilización tradicional. El biol presentó elevados contenidos de macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), así como salinidad y huminas. No se observaron variaciones significativas en el N y K del suelo entre tratamientos, salvo en el fósforo, donde se evidenciaron incrementos. En época seca, las variables peso y diámetro (T1 y T2) y número de mazorcas (T4 y T2) mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$). Con el inicio de las lluvias no se registraron efectos residuales relevantes. Los mayores rendimientos de grano seco se obtuvieron en T2 (380 kg ha^{-1}) y T1 (366 kg ha^{-1}), mientras que el control presentó el menor rendimiento (185 kg ha^{-1}).

Calderon (2022) en su tesis titulada: *“Obtención de biosol y biol, a partir de la cáscara del cacao (Theobroma Cacao L.), utilizando microorganismos eficientes. Provincia de Padre Abad-Ucayali”* Universidad Nacional de Ucayali. El objetivo fue acelerar la descomposición de la materia prima mediante fermentación homoláctica. Se formularon nueve biofermentos con distintas proporciones de residuos y microorganismos eficientes, incubados a 25°C para determinar el tratamiento con mayor acidez. Los promedios de pH y nutrientes al séptimo día fueron evaluados mediante un diseño completamente al azar y análisis de varianza (ANOVA) utilizando el

programa SPSS versión 22. El mejor tratamiento para biosol fue el T9 (500 g de residuos/1500 ml de microorganismos), con 90 % de rendimiento sólido y elevada acidez. Presentó olor suave a azúcar fermentada y concentraciones de 1,32 % de N, 0,95 % de P y 1,07 % de K al día 7. Asimismo, se registró disminución de cadmio (de 1,38 a 0,57) y plomo (de 4,83 a 0,92), mientras que el zinc aumentó de 12,58 a 36,84. En el caso del biol, el mejor tratamiento fue el T3 (300 g/1500 ml), con 85% de rendimiento líquido y características organolépticas similares. Este presentó 1,27 % de N, 0,64 % de P y 0,25 % de K. Los metales pesados disminuyeron, destacando la reducción de cadmio (de 1,38 a 0,36) y plomo (de 4,83 a 1,09), mientras que el zinc descendió de 12,58 a 11,13. Se concluyó que tanto el biosol como el biol obtenidos de cáscara de cacao presentan alta calidad agronómica.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Guerrero (2024) en su tesis *“Efecto de una enmienda líquida en el crecimiento de plántones de Theobroma cacao (cacao) en vivero”* para la Universidad Nacional Agraria de la Selva. En la que evaluó el efecto de la enmienda orgánica líquida *Avibiol* en plántones de cacao de las variedades CMP-15 y CCN-51. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, evaluando tres dosis (750, 1500 y 3000 mL) en ocho tratamientos con tres repeticiones. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en el contenido nutricional del suelo, especialmente con 3000 mL, lo que favoreció el incremento en altura, diámetro de tallo y número de hojas, con mejor respuesta en CMP-15. En cuanto al peso y volumen radicular, la dosis mayor benefició principalmente a CCN-51. Desde el punto de vista económico, los tratamientos T2 y T6 mostraron mayor rentabilidad, con relaciones beneficio-costos de 1,82 y 2,13, respectivamente.

Ponce (2024) en su tesis: *“Efecto de la aplicación de biol de estiércol de cuy (cavia porcellus) en suelo degradado por derrame de aceites de automotores”* de la Universidad de Huánuco. Tuvo como finalidad evaluar la influencia del biol elaborado a partir de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) sobre suelos afectados por contaminación con

aceites de automotores. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se efectuó un preanálisis y un postanálisis considerando dos grupos experimentales tratados con biol al 50 % y 75 %, además de un grupo control sin tratamiento. Los resultados evidenciaron que la textura del suelo se mantuvo como arena franca. En cuanto al pH, el valor inicial fue de 8,12; posteriormente, el grupo control registró 8,08, el grupo experimental al 50 % alcanzó 8,93 y el grupo al 75 % obtuvo 8,98. Respecto a la conductividad eléctrica (CE), el preanálisis mostró 5,21 dS/m; el grupo control presentó 7,02 dS/m, el tratamiento al 50% 6,3 dS/m y el de 75 % 8,98 dS/m. En relación con la materia orgánica (MO), el valor inicial fue 0,89 %; el grupo control alcanzó 1,89 %, el tratamiento al 50 % 2,24 % y el de 75 % 3,56 %. Para la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el preanálisis indicó 7,06 meq/100 g; el grupo control registró 7,05 meq/100 g, el tratamiento al 50 % 12,14 meq/100 g y el de 75 % 20,86 meq/100 g. Asimismo, se observó un incremento en los micronutrientes intercambiables, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba T-Wilcoxon aplicada en la contrastación de hipótesis. En conclusión, la aplicación de biol de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) en suelos degradados por derrame de aceites de automotores contribuye a la mejora de sus propiedades, especialmente químicas y de macronutrientes, siendo más favorable el tratamiento al 75 % en comparación con el de 50 %.

Luna (2023) en su tesis titulada: “*Efecto del biol y biosol elaborado con cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) en un suelo degradado por cultivo de coca (Erythroxylum coca)*”. Para la Universidad de Huánuco. tuvo como propósito evaluar la influencia del biol y biosol producidos a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) sobre las propiedades químicas de un suelo deteriorado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*). La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo con diseño experimental. Se consideró un tratamiento inicial T0 (suelo natural) y tratamientos con biol en dosis T1 (200 ml), T2 (120 ml) y T3 (60 ml), así como biosol en cantidades T1 (100 g), T2 (60 g) y T3 (30 g).

Ambos insumos orgánicos fueron elaborados en un biodigestor con capacidad de 80 litros durante un periodo de fermentación de varios meses. Para la evaluación de los efectos se aplicó un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar, utilizando como estadístico de contraste la prueba F de Fisher. Los resultados evidenciaron que tanto el biol como el biosol ejercieron efecto significativo sobre las propiedades químicas del suelo, particularmente en el pH, la materia orgánica, los macronutrientes primarios (N, P, K) y los macronutrientes secundarios (Ca, Mg, Na). Se determinó que el biol mostró mayor contribución en la mejora de las características químicas. Se reportaron diferencias significativas entre el tratamiento inicial T0 y los tratamientos T1, T2 y T3 en las variables pH y materia orgánica, con valores del estadístico F de 3456,964 y 230,705 respectivamente ($p = 0,000$). Asimismo, para nitrógeno, fósforo y potasio se obtuvieron valores F de 212,101; 216,839 y 434,410 ($p = 0,000$). En el caso de calcio, magnesio y sodio, los valores F fueron 69,895; 4811,160 y 22,054 respectivamente, todos con significancia de 0,000. En consecuencia, se concluye que la aplicación de biol y biosol elaborados con cáscara de cacao mejora significativamente las propiedades químicas de suelos degradados por el cultivo de coca.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BIORREMEDIACIÓN

Según Atjian et al. (2012) la biorremediación constituye una alternativa ambientalmente sostenible para la recuperación de entornos contaminados. Las actinobacterias presentan un alto potencial en estos procesos debido a su amplia versatilidad metabólica. La presencia de contaminantes en tejidos vegetales funciona como indicador del grado de polución, ya que las plantas tienden a bioacumular compuestos tóxicos. En la evaluación de suelos impactados con cromo hexavalente [Cr (VI)] mediante la cepa *Streptomyces* sp. MC1, el microorganismo fue inoculado en suelos con 200 mg/kg de Cr (VI), alcanzándose una reducción del 73% del cromo biodisponible. Las plántulas de maíz establecidas en dichos suelos mostraron acumulación del metal y disminución de su biomasa; sin embargo, la inoculación con la actinobacteria incrementó la biomasa vegetal y redujo la acumulación de Cr, logrando una disminución del 97 % del Cr biodisponible. Este estudio constituye el primer reporte sobre la aplicación exitosa de una actinobacteria asociada al cultivo de maíz en la biorremediación de suelos contaminados con Cr (VI).

Por su parte Velasque et al. sostienen que la biorremediación representa una alternativa viable frente a la disposición directa de suelos con residuos peligrosos sin tratamiento previo, destacando que su eficacia depende tanto de las condiciones específicas del sitio como de las propiedades fisicoquímicas del contaminante.

En cuanto a las estrategias de biorremediación, se reconocen tres enfoques fundamentales que pueden aplicarse de manera independiente o combinada:

- Destrucción o transformación del contaminante, orientada a modificar su estructura química para reducir su toxicidad.
- Extracción o separación, que implica remover los contaminantes del medio mediante el aprovechamiento de sus propiedades físicas o químicas.

- Aislamiento o inmovilización, cuyo propósito es estabilizar los contaminantes para limitar su movilidad y biodisponibilidad.

Respecto a la ejecución del proceso, se distinguen dos modalidades principales.

- In situ, cuando el tratamiento se realiza directamente en el lugar contaminado, sin necesidad de excavación.
- Ex situ, que requiere la remoción previa del suelo contaminado mediante excavación, dragado u otros procedimientos antes de su tratamiento.

2.2.2. BIOL

Desde el punto de vista de Álvarez et al. (2013), el biol es un fertilizante líquido obtenido a partir de una mezcla de agua y estiércol, a la que se incorporan insumos como roca fosfórica, leche, pescado o alfalfa picada, entre otros. Esta mezcla se somete a digestión anaeróbica en un biodigestor, generando dos fracciones: una sólida denominada biosol, compuesta por materia orgánica parcialmente degradada apta para diversos cultivos, y una fracción líquida utilizada como abono foliar orgánico. Algunos bioles comerciales pueden enriquecerse con microorganismos antagonistas de fitopatógenos y presentar altas concentraciones de fitohormonas como auxinas y giberelinas.

2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ABONOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Los fertilizantes orgánicos, debido a su composición química, contribuyen a la formación de humus y al enriquecimiento del suelo con aminoácidos, generando modificaciones favorables en sus propiedades edáficas.

- **Propiedades físicas**

El color oscuro que aportan favorece una mayor absorción de radiación solar, incrementando la temperatura del suelo y facilitando la disponibilidad de nutrientes. Mejoran la estructura y textura, optimizan la permeabilidad al influir en el drenaje y la

aireación, reducen la erosión superficial y aumentan la capacidad de retención de agua.

- **Propiedades químicas**

Contribuyen a la estabilización del pH al incrementar el poder tampón del suelo. Asimismo, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que se traduce en un aumento de la fertilidad.

- **Propiedades biológicas**

Promueven la aireación y estimulan la actividad de microorganismos aerobios en la rizósfera, además de constituir una fuente de energía para la microbiota del suelo.

2.2.2.2. PRINCIPALES FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DE UN ABONO FERTILIZANTE ORGÁNICO

La producción de abonos orgánicos se fundamenta en la acción de microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para garantizar su actividad óptima, es indispensable mantener condiciones adecuadas de temperatura, humedad, oxigenación y pH.

Según Vega (2015) los abonos orgánicos como el biol se componen de residuos de origen animal, vegetal o mixto que se incorporan al suelo con el propósito de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Estos pueden incluir rastrojos de cosecha, cultivos destinados a abonos verdes especialmente leguminosas fijadoras de nitrógeno, estiércol y purines, subproductos agroindustriales, desechos domésticos y compost elaborados a partir de la combinación de dichos materiales.

Tabla 1*Factores que intervienen en el proceso para abono orgánico*

PARAMETROS	DESCRIPCION
Temperatura	El rango térmico adecuado se sitúa entre 35 y 55 °C, ya que en estas condiciones se favorece la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malezas. Valores superiores pueden ocasionar la inhibición o muerte de microorganismos esenciales para el desarrollo del proceso.
Humedad	El nivel óptimo de humedad se encuentra entre 40% y 60%. Un exceso de agua puede saturar los poros del material, generando condiciones anaeróbicas que propician la putrefacción de la materia orgánica. Por el contrario, una humedad insuficiente reduce la actividad microbiana y retrasa la descomposición.
Oxígeno	Dado que se trata de un proceso de carácter aeróbico, la disponibilidad de oxígeno es indispensable. Su concentración está influenciada por factores como la naturaleza del sustrato, el contenido de humedad, la textura del material, la frecuencia de volteo y la aplicación o no de sistemas de aireación forzada.
PH	El pH constituye un factor determinante, pues incide directamente en la actividad microbiana. En términos generales, las bacterias se desarrollan adecuadamente en un rango de pH entre 6 y 7,5, mientras que los hongos presentan mayor tolerancia, con valores que oscilan entre 5 y 8.

Nota. Todas ellas concuerdan en la importancia de cada proceso para conseguir un producto fertilizante adecuado en agricultura (Lopez et al., 2013).

Estos tipos de fertilizantes no solo suministran sustancias alimenticias a la tierra, sino que también mejoran positivamente la configuración del terreno. Igualmente, proveen elementos y alteran el conjunto de microbios globalmente; de este modo se garantiza la creación de gránulos que facilitan una superior reserva hídrica, flujo de gases y minerales, cerca de los sistemas radiculares vegetales.

2.2.2.3. BENEFICIOS DEL USO DE ABONOS ORGÁNICOS

Los suelos destinados a la agricultura experimentan una extracción continua de nutrientes, lo que conlleva a la disminución progresiva de su materia orgánica; por ello, resulta indispensable su reposición constante. Esta restitución puede realizarse mediante el manejo adecuado de residuos de cosecha, la incorporación de abonos orgánicos, estiércoles u otros materiales orgánicos aplicados directamente al terreno (Navarro y Simón, 2013).

El abonamiento consiste en la adición de compuestos minerales u orgánicos al suelo con la finalidad de optimizar su capacidad nutricional. A través de esta práctica se reponen los elementos absorbidos por los cultivos, garantizando así la renovación y el equilibrio de nutrientes en el sistema edáfico. El empleo de fertilizantes orgánicos es particularmente recomendable en suelos empobrecidos en materia orgánica o afectados por procesos erosivos; no obstante, su aplicación contribuye a mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos en diversos tipos de suelo.

La composición química y el contenido de nutrientes de los estiércoles varían en función de la especie animal, el sistema de manejo y el grado de descomposición del material. Entre ellos, la gallinaza destaca por su elevado contenido de nitrógeno, presentando en promedio un valor nutritivo aproximadamente doble en comparación con el estiércol bovino (Navarro y Simón, 2013).

2.2.2.4. APLICACIÓN DE BIOL AL SUELO

Desde el punto de vista de Engelmann (1990), el biol se aplica generalmente mediante el sistema de riego, incorporándolo al agua a través de una salida directa hacia el canal de irrigación. Se recomienda una proporción aproximada de un litro de biol por cada 100 litros de agua; para una hectárea, la dosis estimada oscila entre 300 y 400 litros.

La incorporación del biol junto con el riego no solo favorece la mejora de la estructura y composición del suelo, sino que, debido a su contenido de hormonas y precursores hormonales, estimula el desarrollo radicular y potencia la actividad microbiana. Estos efectos pueden traducirse en incrementos productivos estimados entre 30 % y 50 %, además de contribuir a la protección contra insectos y a la recuperación de suelos impactados por prácticas agrícolas intensivas.

2.2.3. CALIDAD DEL SUELO

Como opina Bellido y Garrido (2020) La calidad del suelo constituye un factor determinante para la sostenibilidad y productividad de los agro-sistemas. A lo largo de la historia agrícola, prácticas inadecuadas han generado procesos de erosión, compactación, contaminación y pérdida de materia orgánica, ocasionando en casos extremos la degradación irreversible del recurso o la disminución progresiva de su fertilidad, lo que obliga a incrementar los insumos para mantener los niveles productivos.

El concepto de salud del suelo, en el marco del desarrollo sostenible, comprende el análisis de sus funciones, propiedades físicas y biológicas, así como los factores que inciden en su deterioro, tales como degradación, erosión, compactación, contaminación y efectos del laboreo. Asimismo, aborda la evaluación de indicadores físicos, químicos y biológicos, junto con la implementación de prácticas correctivas orientadas a su recuperación. Se enfatiza también el papel fundamental de la materia orgánica en la estructura, composición y dinámica biológica de los suelos agrícolas.

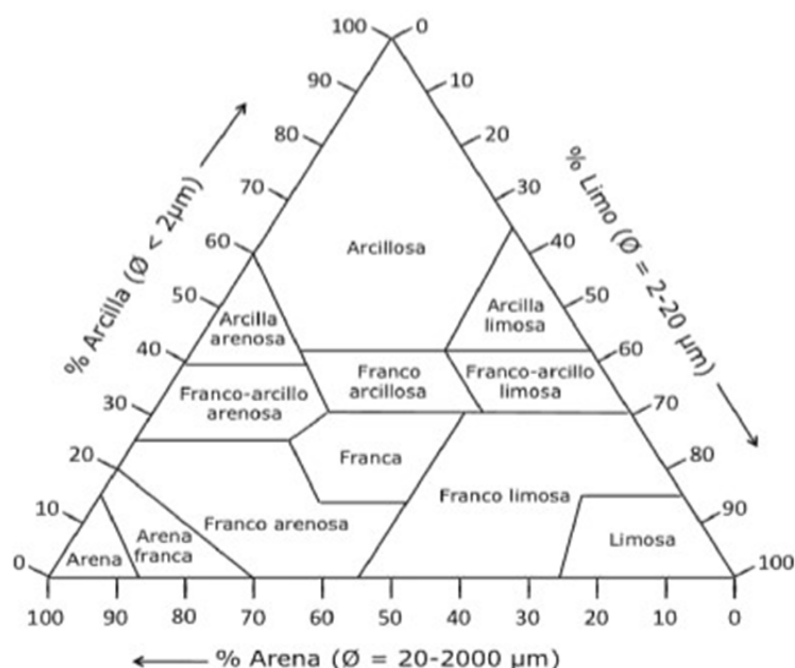
2.2.4. SUELO

Desde el punto de vista de Navarro y Simón (2013) el suelo (del latín *solum*, que significa piso) es un recurso natural esencial, irreemplazable y vital para los organismos terrestres, incluido el ser humano. No se limita a ser una delgada capa superficial de la corteza terrestre explorada por las raíces en busca de soporte, agua y nutrientes, sino que constituye un sistema natural complejo. Se forma a partir de la meteorización de rocas o sedimentos no consolidados, bajo la influencia combinada de la vegetación, los microorganismos, la fauna edáfica, el agua y el aire, configurando un cuerpo dinámico con propiedades físicas, químicas y biológicas interrelacionadas.

Tabla 2*Composición del suelo superficial franco en buenas condiciones*

Componente del suelo	% volumen	% peso
Materia mineral	45	81
Materia orgánica	5	2
Agua	20 - 30	17
Aire	20 - 30	-

Nota. El volumen de agua y el de aire guardan una relación inversa entre sí (Navarro y Navarro, 2013).

Figura 1*Diagrama para la determinación de la textura de un suelo*

Nota. El diagrama triangular equilátero muestra la composición mecánica del suelo por un punto, en lugar de una línea de distribución, como lo hacen las curvas de acumulación (Navarro y Navarro, 2013).

2.2.4.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

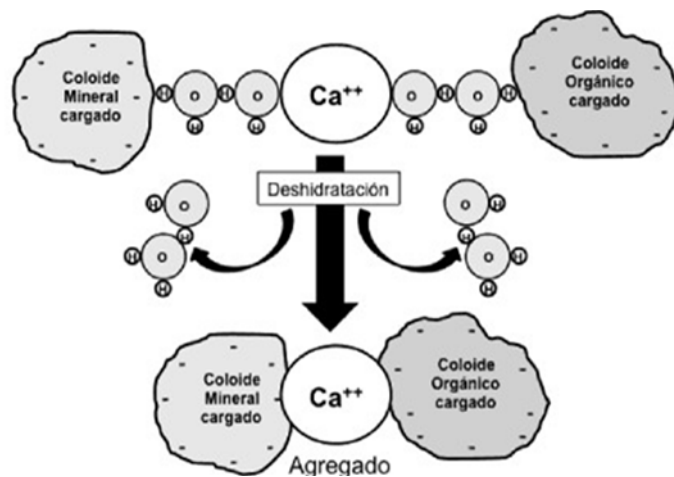
Según Navarro y Navarro (2013) las propiedades físicas del suelo están determinadas esencialmente por el tamaño, distribución y disposición de las partículas que lo conforman. Estas características se vinculan estrechamente con dos conceptos fundamentales: la textura, entendida como la proporción relativa de arena, limo y arcilla; y la estructura, que describe la manera en que dichas partículas se agrupan entre sí y se asocian con otros componentes, como la materia orgánica.

2.2.4.2. ESTRUCTURA DEL SUELO

Según Navarro y Navarro (2013) la estructura del suelo se define como el grado de agregación de sus partículas primarias principalmente arcilla, además de limo y arena que, mediante interacciones físico-químicas, forman unidades secundarias denominadas agregados. Estos agregados incorporan también materia orgánica y otros componentes edáficos, y se distinguen por estar separados entre sí por espacios porosos o superficies de fractura.

Figura 2

Esquema del mecanismo general de formación de un agregado estable en el suelo



Nota. Debido a que la textura tiene relación directa con la Presencia de partículas coloidales, cuanto más fina sea la textura mayor será la estabilidad de los agregados (Navarro y Navarro, 2013).

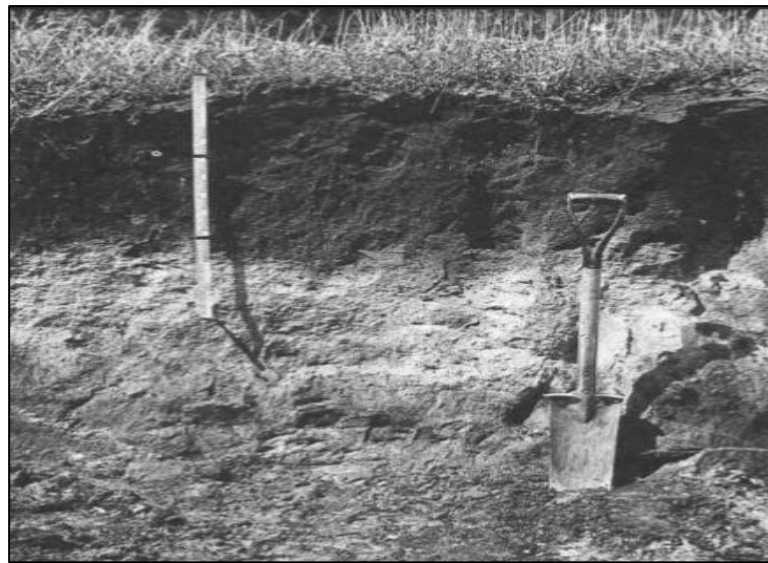
La estructura puede modificar los efectos de la textura sobre aspectos como el crecimiento radicular, el equilibrio entre agua y aire y la disponibilidad de nutrientes. Por ello, suelos con alto contenido de arcilla, que en principio podrían presentar limitaciones agrícolas, pueden resultar aptos para el cultivo si poseen una estructura favorable (Navarro y Navarro, 2013).

Según Thompson y Troeh (2021), describen el suelo como una capa relativamente delgada que recubre gran parte de la superficie terrestre, cuyo espesor varía desde algunos centímetros hasta pocos metros. Aunque pueda parecer insignificante frente al volumen del planeta, en esta franja se establece la interacción

dinámica entre el mundo mineral, vegetal y animal. Las plantas extraen del suelo agua y nutrientes esenciales, sustentando así la vida animal, mientras que los residuos orgánicos retornan al suelo y son transformados por el microbiota edáfico. De este modo, el suelo y la vida mantienen una relación de interdependencia continua. Una característica frecuente es el oscurecimiento del horizonte superficial debido a la acumulación de materia orgánica.

Figura 3

El suelo y sus horizontes



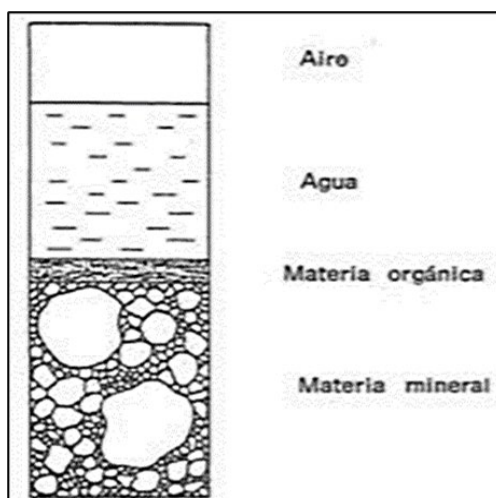
Nota. Una característica común a casi todos los suelos es el oscurecimiento de la parte superior por acumulación de materia orgánica en la superficie y cerca de ella (Thompson y Troeh, 2021).

2.2.4.3. LA COMPOSICIÓN DEL SUELO

El suelo deriva sus minerales de la roca madre y su fracción orgánica de los seres vivos. Ambos constituyen la fase sólida, que forma el armazón estructural. Entre las partículas sólidas se encuentran los poros, que pueden representar aproximadamente la mitad del volumen en el horizonte A y una proporción ligeramente menor en los horizontes B y C. Estos espacios están ocupados por agua y aire en cantidades variables: los poros pequeños retienen principalmente agua, mientras que los de mayor tamaño contienen aire. La forma, tamaño y continuidad de los microporos determinan en gran medida las condiciones de aireación.

Figura 4

Proporciones deseables de aire, agua y materias sólidas



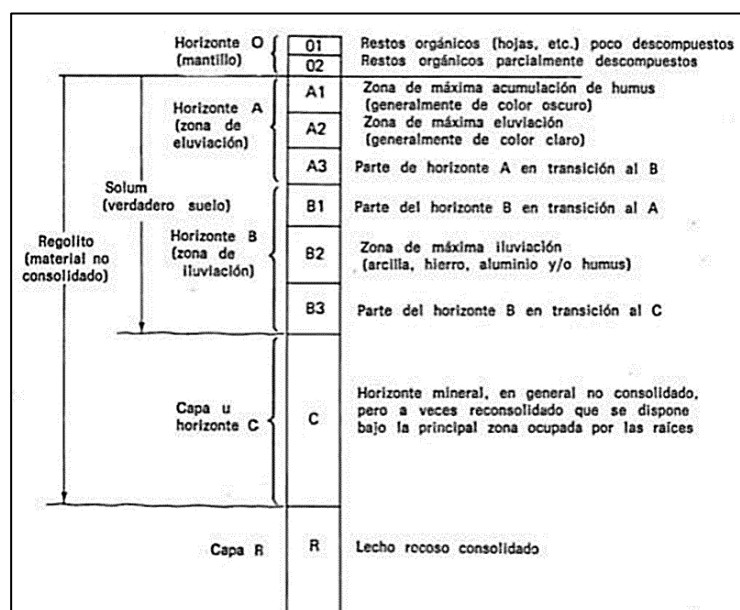
Nota. Volúmenes relativos de los componentes del suelo en un horizonte A típico con el contenido de agua máximo deseable (Thompson y Troeh, 2021).

Para un funcionamiento óptimo, el agua infiltrada debería desplazarse a través del perfil hasta alcanzar una proporción aproximada de dos tercios de agua y un tercio de aire en los poros. Los suelos arcillosos, especialmente con bajo contenido de materia orgánica, pueden retener excesiva humedad y presentar deficiencias de aireación.

2.2.4.4. LA FORMACIÓN DE SUELOS

La génesis del suelo es esencialmente un proceso de meteorización bioquímica, a diferencia de los procesos físicos que predominan en la formación del material parental. Una vez que este material se encuentra próximo a la superficie, es transformado progresivamente por la acción conjunta de organismos vivos y agentes químicos. Incluso los minerales primarios experimentan cambios graduales, dando origen a minerales secundarios. Este proceso es lento y continuo, iniciándose en el material original y prolongándose a medida que el suelo evoluciona hacia estados más desarrollados y maduros. En consecuencia, el suelo constituye un sistema dinámico y en constante transformación.

Figura 5
Nomenclatura de los horizontes del suelo



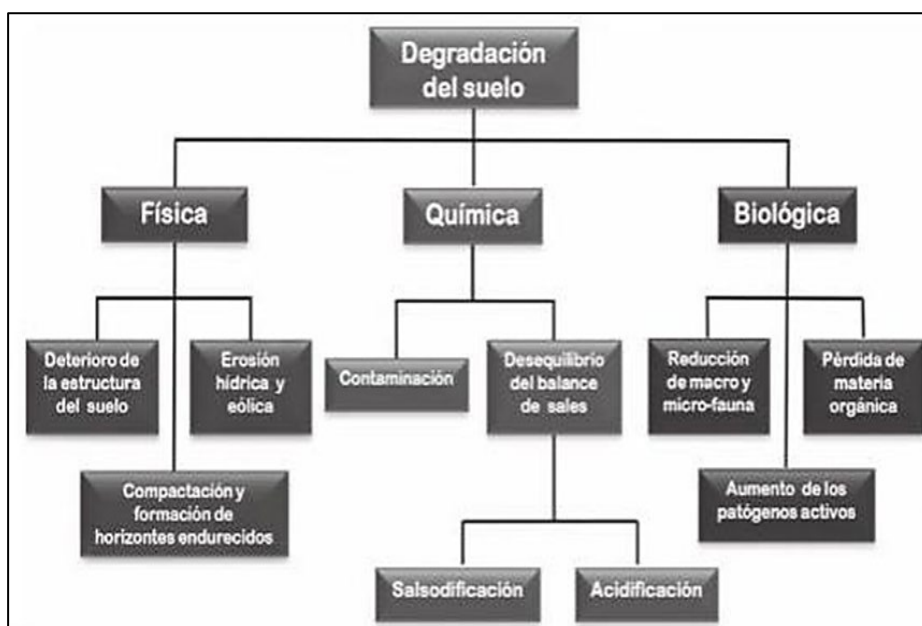
Nota. La formación de suelos es muy dinámica, en sí mismo de la estructura del sistema, a las definiciones de clases, y finalmente en la aplicación a campo (Thompson y Troeh, 2021).

Los procesos patogenéticos generan horizontes diferenciados, en gran parte debido a la acumulación de humus y a fenómenos de lavado y eluviación. El lavado implica la pérdida de materiales solubles por disolución, mientras que la eluviación se refiere al traslado de partículas como arcilla, humus o compuestos de hierro y aluminio desde el horizonte A hacia el horizonte B. El primero se caracteriza por la pérdida de materiales, mientras que el segundo actúa como zona de acumulación, configurando así la organización típica del perfil del suelo.

2.2.5. DEGRADACIÓN DE SUELOS

Según Cabrera et al. (2014) sostienen que el suelo se degrada cuando pierde su aptitud para producir biomasa. Esta caída en el rendimiento es una consecuencia directa del desmejoramiento en la calidad de sus componentes químicos, físicos y biológicos.

Figura 6
Proceso de degradación de suelos



Nota. La política de desarrollo agrario que ha venido imperando hasta finales del siglo XX y cuyo objetivo ha sido el elevar el nivel de vida en el campo (Cabrera et al., 2014).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la degradación del suelo como un proceso que disminuye su capacidad actual para generar bienes y servicios. Por su parte, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) la conceptualiza como la reducción o pérdida de la productividad biológica, económica y de la diversidad en tierras agrícolas, pastizales, praderas y bosques, afectando su aptitud para sostener tanto la vegetación natural como aquella inducida por la actividad humana. En términos generales, la degradación del suelo implica la disminución de su capacidad para sustentar vida, incluyendo no solo la microflora visible, sino también la fauna y demás organismos propios del sistema edáfico (Cabrera et al., 2014).

Los procesos degradativos pueden clasificarse según la naturaleza del deterioro que ocasionan:

- **Degradación física:** asociada a condiciones hídricas y térmicas desfavorables, tales como erosión hídrica y eólica, compactación y formación de horizontes endurecidos (costras calcáreas u horizontes argílicos).

- **Degradación química:** relacionada con desequilibrios en las bases del suelo, contaminación y fenómenos como la lateralización, caracterizada por la acumulación de óxidos de hierro y aluminio que generan capas endurecidas e impermeables.
- **Degradación biológica:** comprende la pérdida de cobertura vegetal, reducción de materia orgánica, disminución de macro y microfauna y mayor incidencia de patógenos activos en el suelo.

Estos procesos pueden presentarse de manera simultánea, ya que suelen estar interrelacionados o responder a distintos factores ambientales y antrópicos. La concurrencia de varios de ellos en un mismo suelo intensifica significativamente la pérdida de calidad.

Como opina Moreno et al. (2015), el suelo es un recurso natural no renovable y cada vez más limitado debido a procesos continuos de degradación. Además de su función como soporte físico y fuente de alimentos y fibras, desempeña un rol esencial en la regulación de la calidad del aire, el almacenamiento de agua y nutrientes y la depuración de contaminantes mediante mecanismos físicos, químicos y biológicos. En condiciones naturales, el suelo tiende a mantener un equilibrio dinámico, generalmente protegido por cobertura vegetal que aporta materia orgánica y nutrientes, mejora su estructura y lo resguarda de la erosión. No obstante, este equilibrio puede alterarse tanto por factores naturales, como el agua y el viento, como por el uso inadecuado de los recursos por parte del ser humano, lo que favorece procesos erosivos.

2.2.6. ESTÁNDAR DE CALIDAD DE SUELO

El Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, que aprueba el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo (ECA Suelo), establece que estos estándares constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de instrumentos de gestión ambiental, siendo aplicables a parámetros vinculados con actividades productivas, extractivas y de servicios.

Asimismo, cuando se superan los valores establecidos en los ECA para Suelo en parámetros asociados a dichas actividades, las personas

naturales o jurídicas responsables deben realizar evaluaciones y, de corresponder, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con el propósito de proteger la salud humana y el ambiente. Esta disposición no se aplica cuando los valores excedidos se encuentran por debajo de los niveles de fondo, entendidos como concentraciones naturales de sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir aportes antrópicos no vinculados con el sitio evaluado.

2.2.7. CACAO

Según el Ministerio de Agricultura), el fruto del cacao es una baya de gran tamaño denominada mazorca, de consistencia carnosa, forma ovalada y coloración amarilla o purpúrea, con surcos longitudinales marcados. Cada mazorca contiene entre 30 y 40 semillas, ricas en aceites que le confieren su característico aroma.

Las semillas, una vez tostadas y molidas, permiten obtener cocoa y chocolate, empleados en la elaboración de dulces, helados, bebidas y otros productos alimenticios. Su contenido de alcaloides, como teobromina y cafeína, les otorga propiedades estimulantes. Estos compuestos también están presentes en hojas y raíces, donde se asocian a efectos diuréticos y vasodilatadores. Se han identificado además posibles propiedades antitumorales en la raíz y la corteza. La manteca de cacao, extraída de las semillas, se utiliza en la industria farmacéutica como emoliente y en la fabricación de pomadas y ungüentos, así como en la elaboración de cosméticos y perfumes.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Biorremediación**

La biorremediación es una alternativa eco amigable para la depuración de ambientes contaminados (Aparicio, 2018).

- **Calidad de suelo**

La calidad del suelo y su influencia en la sostenibilidad y productividad de los agro sistemas (Bautista et al., 2020).

- **Agroquímico**

Hace referencia a la mezcla de sustancias químicas utilizados para el mejoramiento producción de cultivos y cosechas (López et al., 2013).

- **Biol**

El biol es un abono líquido producido mediante la fermentación anaeróbica en un digestor. Este proceso utiliza una base de agua y estiércol enriquecida con diversos insumos (como alfalfa, pescado o leche) y genera como resultado final una fracción sólida y otra líquida (López et al, 2013).

- **Fertilidad del suelo**

Se entiende por fertilidad a la cualidad del suelo que permite el desarrollo adecuado de las plantas, esto implica ofrecer las condiciones necesarias de hidratación y nutrición en proporciones correctas para asegurar el éxito de las cosechas (Navarro y Navarro, 2013).

- **Recuperación de suelos**

Quiere decir que está basado en una serie estrategias aceptables para mejorar la calidad de suelos (Thompson y Troeh, 2021).

- **Suelo**

El suelo es una delgada capa que cubre la mayor parte de la superficie terrestre (Thompson y Troeh, 2021).

- **Suelo degradado**

La disminución de su capacidad para producir biomasa. Esta pérdida de productividad se debe a un empeoramiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Cabrera et al., 2014).

- **Estándares de Calidad Ambiental**

Se fijan los valores de calidad ambiental donde se pueda garantizar la conservación de la calidad ambiental.

2.4. HIPÓTESIS

HA: La biorremediación a través de la producción de biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) tiene un impacto positivo sobre las propiedades físicas, microbiológicas y químicas de la calidad del suelo de un suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023 -2024.

H0: La biorremediación a través de la producción de biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) no tiene un impacto positivo sobre las propiedades físicas, microbiológicas y químicas de la calidad del suelo de un suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023 -2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biol de cascara de cacao (*Theobroma Cacao L.*)

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Suelos degradados por agroquímicos.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: "Efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) Sobre la calidad de suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024"

TESISTA: Bach. Ruth Evelyn ARMILLON TUCTO

Tabla 3
Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INTRUMENTOS
V. Independiente Biol de cascara de cacao (Theobroma Cacao L.)	Se trata de un biofertilizante obtenido mediante el proceso de fermentación anaeróbica de materia orgánica. Su riqueza en nutrientes esenciales lo convierte en un insumo clave para optimizar el crecimiento vegetal (Álvarez et al., 2013).	Se obtendrá biol a partir de residuos de cacao, reaprovechando este residuo orgánico a favor del suelo para su recuperación.	Elaboración del biol a partir de la cascara de cacao	Melaza de caña	Ficha de campo Balanza Resultados de laboratorio que se obtendrá del laboratorio de Análisis de suelo Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA
				1 L de suero de leche	
				Kilogramos de cascara de cacao	
				Kilogramos de levadura de pan	
				Litro de agua	
V. Dependiente Suelos degradados por agroquímicos.	Es el proceso de deterioro de la calidad del suelo, manifestado en la reducción de su rendimiento agrícola y la alteración negativa de su estructura, composición química y biodiversidad interna (Cabrera, y otros, 2014).	El uso excesivo de agroquímicos ha conllevado a la contaminación de suelos ocasionando perdida de la calidad del suelo.	Parámetros físicos	microorganismos eficientes	
				Textura	
			Parámetros químicos	Color	
				PH	
				Materia Orgánica	
				N, P y K	
				Macronutrientes secundarios	
			Parámetros microbiológicos	Microorganismos	

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se clasifica como experimental, debido a que implica la manipulación deliberada de variables con el propósito de anticipar resultados y explicar la influencia de una variable independiente sobre otra dependiente (Sampieri, 2015).

- **Prospectivo:** porque la obtención y utilización de los datos fueron previamente planificadas dentro del desarrollo experimental.
- **Longitudinal:** ya que las variables serán evaluadas en distintos momentos, con el fin de analizar su evolución o cambios a lo largo del tiempo.
- **Analítico:** dado que se aplicarán procedimientos estadísticos y se trabajará con más de una variable para establecer relaciones y contrastaciones.

3.1.1. ENFOQUE

El estudio adopta un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), considerando que se emplea la estadística como herramienta fundamental para el procesamiento y análisis de la información, complementada con la interpretación cualitativa de los resultados (Sampieri, 2015).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación presenta un alcance explicativo, en tanto busca no solo describir los fenómenos estudiados, sino también identificar y fundamentar las causas que los originan (Sampieri, 2015).

3.1.3. DISEÑO

El diseño metodológico está orientado a responder la pregunta de investigación, alcanzar los objetivos propuestos y contrastar la hipótesis planteada. Para ello, se desarrollarán experimentos que contemplan la medición y el análisis sistemático de las variables, estableciendo dos grupos de comparación, conforme al esquema metodológico previsto:

GE1: O3 X1 O4

GE2: O5 X2 O6

Donde:

GE1: Grupo de comparación 1

GE2: Grupo de comparación 2

T: Aplicación de dosis de biol

O1; O2: observación inicial y final

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

En la Presente investigación no se determinó una población de personas o colonias de microorganismos, en ese sentido se consideró como población la cantidad de muestras de suelos contaminados por agroquímicos, el biol y un espacio territorial de suelo de 10 m².

3.2.2. MUESTRA

En la Presente investigación tomo como muestra espacio territorial de suelo de 2.25 m². Se inició con dos tratamientos, se contó con dos (02) puntos de toma de muestras en donde también se aplicó la solución de biol de cáscara de cacao con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol. Se tomó un total de muestras de 12 repeticiones de biol. Se tuvo la decisión sobre las muestras de tipo probabilístico por que la selección se realizó de acuerdo a las características y necesidades de la investigación considerando el procedimiento de Luna (2023).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Se llevó a cabo el reconocimiento del espacio de suelo agrícola en Ucayali de 10 m² donde se dio inicio al proyecto de investigación y Preparación de la ficha de apuntes.

3.3.2. ETAPA DE CAMPO

En esta fase de la investigación experimental se determinó dos puntos de muestreo de suelo natural de cultivos para la toma de muestra inicial. También se hizo el proceso de elaboración del biol a base de

cascara de cacao, donde a continuación se explica los demás procedimientos:

- **Ubicación de la zona de estudio:** se implementó dos cajas de seguridad de los dos puntos de muestreo del suelo agrícola contaminada por agroquímicos, con el propósito que no interfieran agentes externos en el desarrollo de la investigación.

Figura 7
Ubicación zona de trabajo



Nota. Archivo fotográfico

- **Preparación del biol:** se recolectó las cascara de cacao y mediante la disolución con agua de 80 Litros en un bidón, se dispuso todos los materiales en mención y el tiempo de fermentación fue por un periodo de 6 meses.

En la elaboración del biol se usaron los siguientes insumos:

- Bidón de 80 litros.
- 5 kg de melaza de caña.
- 05 litros de leche.
- 15 kg de cascara de cacao picada.
- 0.25 kg levadura de pan.
- Agua 30 Litros (sin cloro).

La Preparación tuvo la siguiente secuencia: 1) se llenó una tercera parte del bidón con agua, 2) se adicionó la melaza de caña Previamente diluida en agua (para evitar que se asiente al fondo del bidón), 4) agregó el suero de leche, 5) se agregó la cáscara de cacao picada (para acelerar el proceso de descomposición), 6) se diluyó la levadura de pan en agua y se agregó a la mezcla, 7) por último se enraizar con agua para Posteriormente sellar bien con la tapa.

Figura 8
Insumos para la elaboración de biol



Nota. Archivo fotográfico

Figura 9
Preparación de la solución para el biol



Nota. Archivo fotográfico

- **Tratamiento de biol al suelo:** Se realizó de acuerdo a los objetivos planteados del estudio la remediación de los suelos aplicando biol en las dos cajas de puntos de muestreo, se aplicó la solución de biol fermentada en dosis de 1.5 litros y 2.5 litros a manera de roseo. Asimismo, se realizó la remoción continua a inicio de día y noche en forma cada 3 días por un periodo total de 6 meses, donde cada cambio en la estructura del suelo y monitoreado a base de un pH-metro.

Figura 10

Tratamiento del suelo contaminado con la solución biol



Nota. Archivo fotográfico.

- **Técnica de toma de muestras:** La toma de muestra se realizó aplicando las guías de muestreo de suelo de acuerdo a los objetivos de estudio de la investigación, por lo que se tomaron muestras de suelo, las muestras del suelo se tomaron por cada punto de caja de suelo una muestra homogénea del suelo natural, una vez que se obtuvo las muestras se procede a la aplicación del el biol y después de 6 meses se vuelve a tomar muestras por cada caja un punto con el tratamiento remediador del biol, todas las muestras fueron secados, tamizados, rotularlas y se envió al laboratorio para su Posterior análisis en laboratorio de suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA con Registro N|LE-200, cada muestra

enviada fue garantizado su homogenización y bioseguridad para la seguridad de los resultados.

Figura 11

Monitoreo del tratamiento del suelo con biol



Nota. Archivo fotográfico.

3.3.3. INSTRUMENTO

Se utilizaron para la recopilación y procesamiento de datos ficha de campo, rotulo para las muestras, informe de ensayo de laboratorio, programas software Excel, SPSS, entre otros.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

La evidencia de los resultados de laboratorio, los cuales fueron procesados, tabulados, mediante el programa Excel, SPSS. El contraste hipótesis fue Presentada en tablas y su interpretación correspondiente.

3.4.2. TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

La Presente investigación fue Presentada en tablas y en gráficos, debidamente procesadas para facilitar el análisis, estas fueron procesadas con los programas Excel y SPSS, y con su análisis correspondiente.

3.4.3. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y LOS RESULTADOS

Cada dato que se recolectó en campo de investigación y los resultados que arrojó el laboratorio del análisis químico del suelo degradado por cultivo de coca, piña, fueron registrados en forma clara y puntual, por lo que las tablas cuentan con su gráfico y su descripción respectiva.

3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO Y TIEMPO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

La investigación tuvo lugar en el caserío de Shanantia, distrito y provincial de padre Abad, región Ucayali.

Tabla 4
Ubicación política del lugar de la investigación

UBICACIÓN POLÍTICA	
Región:	Ucayali
Provincia:	Padre Abad
Distrito:	Padre Abad
COORDENADAS UTM-WGS-84	
Norte:	9000053
Este:	456890
Altitud:	265.00 msnm

Nota. Datos tomados de Google Earth.

3.5.2. TIEMPO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Trabajo de campo:** La información primaria y secundaria que se recoge en campo una duración de 12 meses.
- **Trabajos de gabinete:** Consistió en procesar todos los datos obtenidos del análisis de laboratorio, redacción del informe final de del proyecto de investigación, la Presentación hasta la sustentación tuvo una duración de 6 meses.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En relación a los objetivos planteados, se realizó un análisis descriptivo de las propiedades físicas del suelo contaminado por agroquímicos.

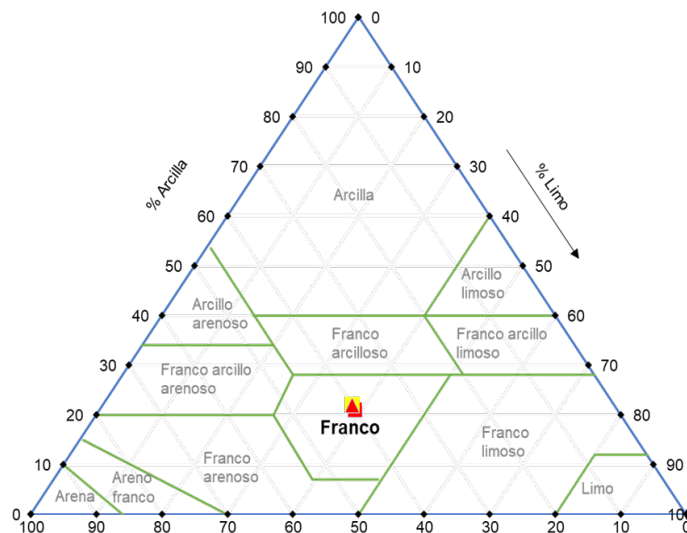
Tabla 5
Composición textural del suelo en el experimento

Tratamiento	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural
BIO Pre	40.0	39.0	21.0	Franco
BIO1 Post	40.0	38.0	22.0	Franco
BIO2 Post	40.0	38.0	22.0	Franco

Nota. Los valores corresponden al análisis de Suelo sin tratamiento (Pre biorremediación). BIO1 Post y BIO2 Post: Suelo Post biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

De la tabla 5 se aprecia para la textura del suelo, que esta se mantiene firmemente en la categoría Franco. Un suelo franco es equilibrado, dado que no se incorporó elementos sólidos no cambia con los tratamientos.

Figura 12
Triángulo textural del suelo en el experimento



Nota. Las ligeras variaciones entre los puntos se deben al margen de error estándar del análisis granulométrico y no representan un cambio en la categoría física del suelo tras la biorremediación.

De la figura 12, del triángulo textural, se muestra que, los porcentajes de Arena, Limo y Arcilla se mantuvieron dentro de los rangos de la clase textural Franco, con variaciones mínimas atribuibles al margen de error instrumental.

Los resultados para PH, Conductividad y materia orgánica se muestran en cuadros y gráficos estadísticos de la siguiente manera:

Tabla 6

Estadísticas representativas para el PH, conductividad y materia orgánica en el suelo con biol y sin biol.

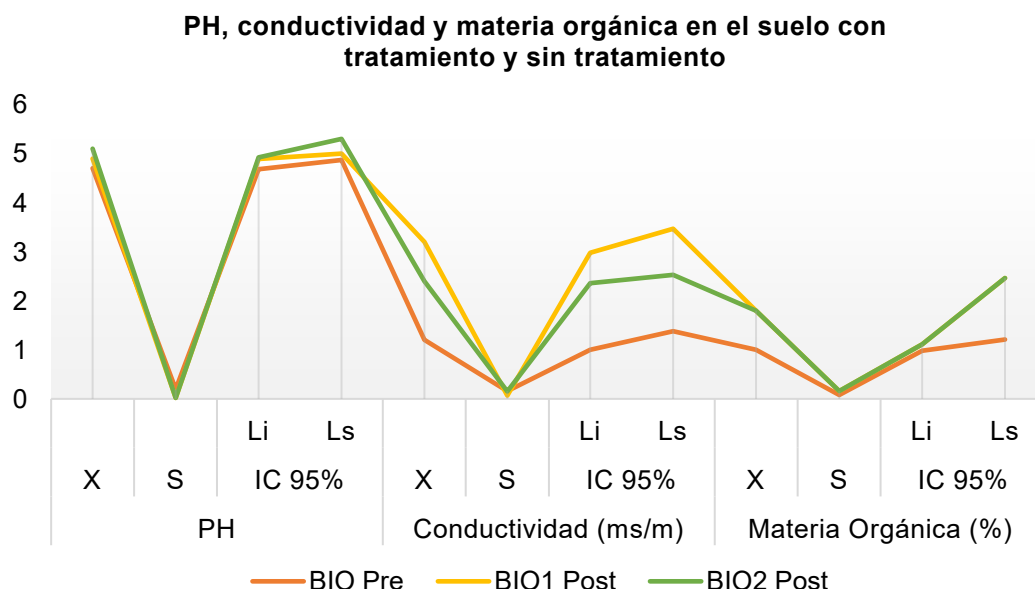
Biol de Cascara de Cacao	PH				Conductividad (ms/m)				Materia Orgánica (%)			
	X	S	IC 95%		X	S	IC 95%		X	S	IC 95%	
			Li	Ls			Li	Ls			Li	Ls
BIO pre	4.7	0.20	4.68	4.87	1.2	0.16	1.00	1.38	1.0	0.08	0.98	1.21
BIO1 Post	4.9	0.02	4.89	5.00	3.2	0.067	2.98	3.47	1.8	0.16	1.11	2.46
BIO2 Post	5.1	0.02	4.92	5.30	2.4	0.153	2.36	2.53	1.8	0.16	1.11	2.46

Nota. X = media aritmética (de n=5 repeticiones por tratamiento). S: Desviación estándar. IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límite inferior y superior respectivamente. **BIO Pre:** Suelo sin tratamiento (Pre biorremediación). **BIO1 Post** y **BIO2 Post:** Suelo Post biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

En la tabla 5, se muestra los resultados respecto a la variabilidad del PH, Conductividad y materia orgánica desde el punto de partida suelo contaminado por agroquímicos. El uso del biol en base de cascara de cacao como solución en dos tratamientos BIO1 Post y BIO2 Post con diferentes litros han dado como resultado siguiente: BIO1 Post (1.5 Lt) el Ph fue de 4.9 y en el BIO2 Post (2.5 Lt) fue de 5.1 difieren ligeramente al BIO Pre (0Lt) que es de 4.7 suelo con agroquímicos. También en la conductividad sin tratamiento BIO PRE (0Lt) de 1.2 ms/m y con el uso de biol BIO1 Post (1.5 Lt) es de 3.2. Ms/m y en el BIO2 Post (2.5 Lt) es de 2.4 ms/m. Por otro lado, la materia orgánica se evidencio que el BIO Pre (0Lt) su carga es de 1.0 %, pero luego haciendo el uso del biol de cascara de cacao en BIO1 Post (1.5 Lt) fue la carga de 1.8 % y en el BIO2 Post (2.5 Lt) la carga fue de 1.8 %, siendo una variabilidad ligera respecto al suelo sin tratamiento. Por lo tanto, los resultados obtenidos tanto para el Ph, conductividad y materia orgánica dan cuenta que, si bien es cierto un incremento respecto al suelo sin tratamiento, siendo mayor cuando el biol es también es mayor.

Figura 13

Representación de la evolución del PH, Conductividad y materia orgánica del suelo sin tratamiento y con tratamiento



Nota. Representación de la evolución de parámetros químicos y orgánicos. X: Media aritmética; S: Desviación estándar; IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límites inferior y superior.

Como se observa el grafico la interacción del pH en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 4.7pH y después del proceso se obtuvo 2 una de 5.1 pH y 4.7pH lo que indica que la aplicación de Biol ayuda a regular el pH. La interacción de la conductividad en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 1.2 ms/m y después del proceso se obtuvo 2 resultados una de 2.4 ms/m y 3.2 ms/m lo que indica que la aplicación de Biol ayuda a regular y aumentar la coactividad del suelo.

La materia orgánica en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 1% y después del proceso se obtuvo 2 resultados ambas de 1.8% lo que indica que la aplicación de Biol aumentado el porcentaje de materia Orgánica del suelo.

Los resultados para Nitrógeno, Fosforo y Potasio se muestran en cuadros y gráficos estadísticos de la siguiente manera:

Tabla 7

Estadísticas representativas para el fosforo, nitrógeno y potasio en el suelo con biol y sin biol

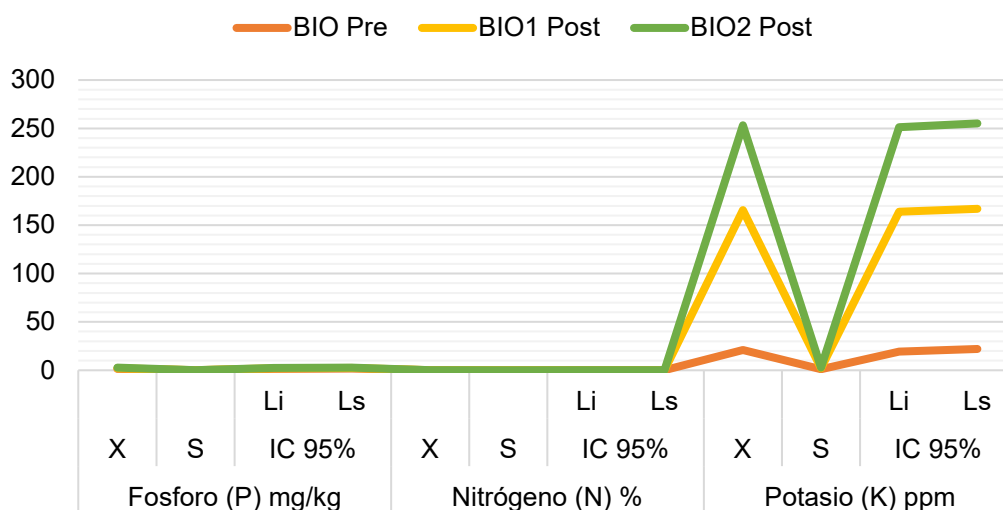
Biol	Fosforo (P) mg/kg				Nitrógeno (N) %				Potasio (K) ppm			
	X	S	IC 95%		X	S	IC 95%		X	S	IC 95%	
			Li	Ls			Li	Ls			Li	Ls
BIO Pre	1.53	0.25	1.32	1.69	0.05	0.00	0.04	0.06	21.0	1.26	19.35	22.03
BIO1 Post	2.2	0.19	1.99	2.35	0.09	0.01	0.07	0.1	165.4	2.17	164.02	166.88
BIO2 Post	2.6	0.20	2.43	2.77	0.09	0.01	0.07	0.1	253.3	2.67	251.21	255.15

Nota. X = media aritmética (de n=5 repeticiones por tratamiento). S: Desviación estándar. IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límite inferior y superior respectivamente. **BIO Pre:** Suelo sin tratamiento (Pre biorremediación). **BIO1 Post** y **BIO2 Post:** Suelo Post biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

En la tabla 6, se muestra los resultados respecto a los elementos primarios los cuales son Nitrógeno(N), Fosforo (P) y Potasio (K) antes del uso de biol para el suelo contaminado de agroquímicos fueron BIO(0Lt) fueron de 1.53 mg/kg, 0.05 % y 21.0 ppm, luego del uso del biol se pudo tener dos resultados en base de dosis distintos, siendo BIO1 Post (1.5 Lt) fueron de 2.2 mg/kg, 0.09 % y 165.4 ppm; BIO2 Post (2.5 Lt) fueron de 2.6 mg/kg, 0.09 % y 253.30 ppm. Por lo tanto, se evidencia cambios del estado del suelo contaminado por agroquímicos, es decir que si hay diferencia en los macro elementos primarios (N, P, K).

Figura 14

Representación de fosforo, nitrógeno y potasio en el suelo con biol y sin biol



Nota. Representación de la evolución de parámetros químicos y orgánicos. X: Media aritmética; S: Desviación estándar; IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límites inferior y superior.

Como se observa el grafico la interacción del fosforo en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 1.53mg/kg y después del proceso se obtuvo 2 resultados una de 2.2mg/kg y la segunda de 2.6 mg/kg lo que indica que la aplicación de Biol aumentado la cantidad de fosforo disponible en el suelo. El nitrógeno en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 0.05% y después del proceso se obtuvo 2 resultados ambas de 0.09% lo que indica que la aplicación de Biol aumentado el porcentaje de nitrógeno en el suelo.

Como se observa el grafico la interacción del potasio en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 21 mg/kg y después del proceso se obtuvo 2 resultados una de 165.4 mg/kg y la segunda de 253.3 mg/kg lo que indica que la aplicación de Biol aumentado la cantidad de potasio disponible en el suelo.

Los resultados para Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) se muestran en cuadros y gráficos estadísticos de la siguiente manera:

Tabla 8

Estadísticas representativas para Calcio, Magnesio y Sodio en el suelo con y sin biol

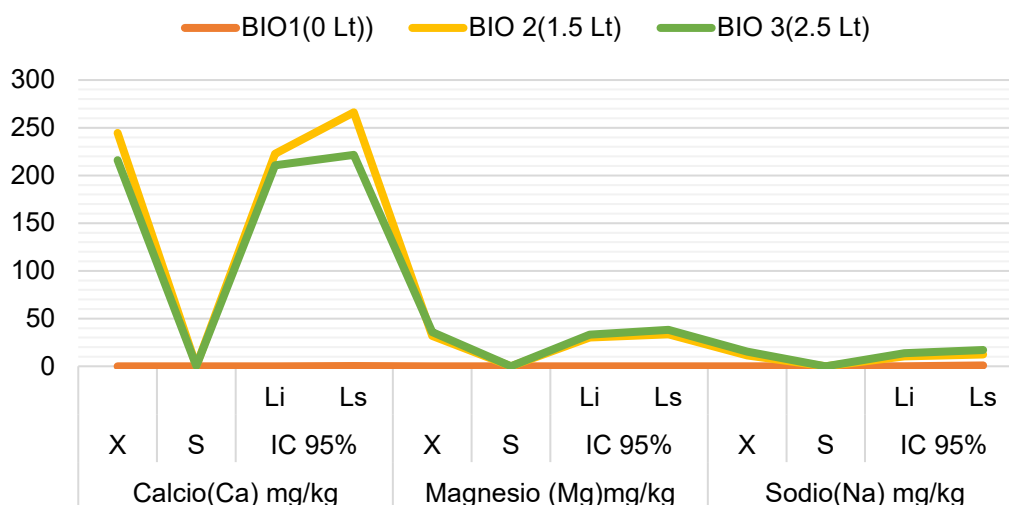
Biol	Calcio (Ca) mg/kg				Magnesio (Mg)mg/kg				Sodio (Na) mg/kg			
	X	S	IC 95%		X	S	IC 95%		X	S	IC 95%	
			Li	Ls			Li	Ls			Li	Ls
BIO Pre	0.10	0.07	0.08	0.2	0.01	0.05	0.005	0.09	0.05	0.02	0.004	0.9
BIO1 Post	244.7	0.45	222.65	266.15	31.9	0.01	30.12	33.63	11.2	0.01	10.24	12.29
BIO2 Post	216.1	0.43	210.69	221.57	35.7	0.02	33.07	38.25	15.3	0.07	13.66	17.02

Nota. X = media aritmética (de n=5 repeticiones por tratamiento). S: Desviación estándar. IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límite inferior y superior respectivamente. **BIO PRE:** Suelo sin tratamiento (Pre biorremediación). **BIO1 POST** y **BIO2 POST:** Suelo Post biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

En la tabla 7, se muestra los resultados de los elementos secundarios de Ca, Mg y Na, ha sufrido cierta interacción respecto al estado inicial y después de uso del biol. De modo que para el BIO Pre (0Lt) (sin el uso de biol) para el Ca, Mg y Na es 0.10 mg/kg, 0.05 mg/kg y 0.05mg/kg respectivamente y luego el suelo contaminado con agroquímicos aplicando el biol en base de cascara de cacao se encontró los siguientes para Ca, Mg y Na es: BIO 2 (1.5 Lt) fue de 244.7 mg/kg,31.9 mg/kg y 11.2 mg/kg; en el BIO (2.5 Lt); en el BIO2 POST(2.5Lt) fue de 216.1 mg/kg,35.7 mg/kg y 15.3 mg/kg respectivamente. Por tanto, se evidencia que hay diferencias entre BIO Pre con el BIO1 Post y BIO2 Post de los elementos secundarios Ca, Mg y Na siendo mayor cuando se utiliza más cantidad de biol.

Figura 15

Representación de Calcio, Magnesio y Sodio en el suelo con y sin biol



Nota. Representación de la evolución de parámetros químicos y orgánicos. X: Media aritmética; S: Desviación estándar; IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límites inferior y superior.

Como se observa el grafico la interacción de cationes intercambiables de Calcio en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 0.1 mg/kg y después del proceso se obtuvo 2 resultados una de 244.7 mg/kg y la segunda de 216.1 mg/kg lo que indica que la aplicación de Biol aumentado los cationes de intercambiables de calcio en el suelo. La interacción de cationes de intercambiables de magnesio en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 0.1 mg/kg y después del proceso se obtuvo 2 resultados una de 31.9 mg/kg y la segunda de 35.7 mg/kg lo que indica que la aplicación de Biol aumentado los cationes de intercambiables de magnesio en el suelo. Intercambiables de sodio en la Obtención de biol, a partir de la cascara del cacao (*Theobroma cacao L.*), utilizando microorganismos sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024, en la muestra iniciaría es de 0.05 mg/kg y después del proceso se obtuvo 2 resultados una de 11.2 mg/kg y la segunda de 15.3 mg/kg lo que indica que la aplicación de Biol aumentado los cationes de intercambiables de sodio en el suelo.

Los resultados para los parámetros microbiológicos se muestran en cuadros y gráficos estadísticos de la siguiente manera:

Tabla 9

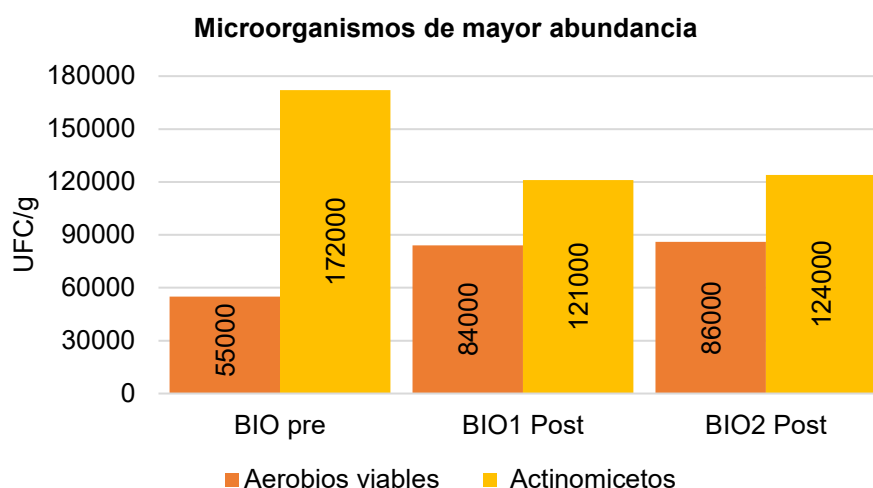
Estadísticas representativas para microorganismos de mayor abundancia del suelo con y sin biol

Biol	Aerobios viables UFC/g				Actinomicetos UFC/g			
	X	S	IC 95%		X	S	IC 95%	
			Li	Ls			Li	Ls
BIO pre	55 x 10 ³	1732	47547,59	62452	172 x 10 ³	1154	167031	176968
BIO1 Post	84 x 10 ³	1732	76547,59	91452	121 x 10 ³	1732	113547	128452
BIO2 Post	86 x 10 ³	1154	81031,72	90968	124 x 10 ³	1154	119031	128968

Nota. X = media aritmética (de n=5 repeticiones por tratamiento). S: Desviación estándar. IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límite inferior y superior respectivamente. **BIO Pre:** Suelo sin tratamiento (Pre biorremediación). **BIO1 Post** y **BIO2 Post:** Suelo Post biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

Figura 16

Representación de microorganismos de mayor abundancia del suelo con y sin biol



Nota. Se compara la media de los datos BIO Pre: Suelo sin tratamiento (Pre biorremediación). BIO1 Post y BIO2 Post: Suelo Post biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

De la Figura 16 Se observa que, en todos los tratamientos, los actinomicetos Presentan valores considerablemente superiores respecto a los aerobios viables. En BIO 1, la población de actinomicetos alcanza 172 000 UFC/g, mientras que los aerobios viables registran 55 000 UFC/g. En BIO 2 se observa un incremento en aerobios viables (84 000 UFC/g) y un valor intermedio de actinomicetos (121 000 UFC/g). Por su parte, BIO 3 mantiene una proporción similar, con 86 000 UFC/g de aerobios viables y 124 000 UFC/g de actinomicetos.

Tabla 10

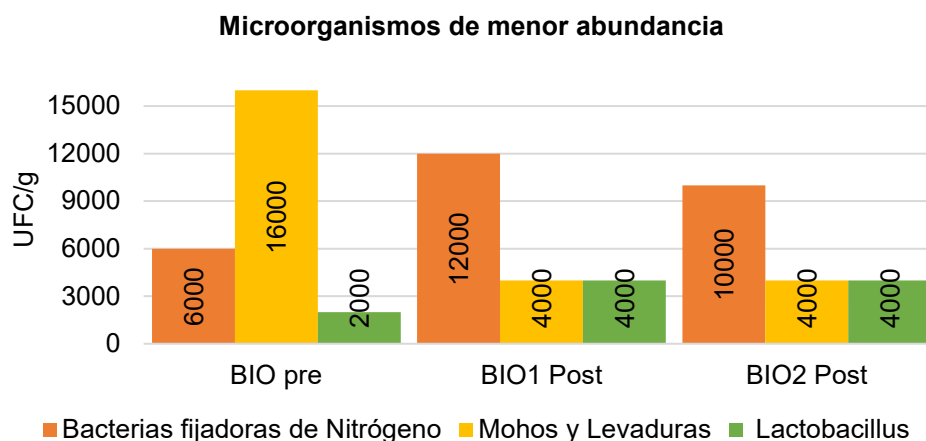
Estadísticas representativas para microorganismos de mayor abundancia del suelo con y sin biol

Biol	Lactobacillus UFC/g				Fijadoras de Nitrógeno				Fungí UFC/g			
	X	S	IC 95%		X	S	IC 95%		X	S	IC 95%	
			Li	Ls			Li	Ls			Li	Ls
BIO Pre	2 x 10 ³	57	1.6	2.3	6 x 10 ³	173	5.3	6.8	16 x 10 ³	1732	8.6	2.3
BIO1 Post	4 x 10 ³	115	3.5	4.5	12 x 10 ³	577	9.5	1.5	4 x 10 ³	57	3.6	4.3
BIO2 Post	4 x 10 ³	57	3.8	4.3	10 x 10 ³	577	7.5	1.3	4 x 10 ³	57	3.6	4.3

Nota. X = media aritmética (de n=5 repeticiones por tratamiento). S: Desviación estándar. IC 95% (Li, Ls): Intervalo de confianza al 95% con límite inferior y superior respectivamente. **BIO PRE:** Suelo sin tratamiento (Pre - biorremediación). **BIO1 Post** y **BIO2 Post:** Suelo Post - biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

Figura 17

Representación de microorganismos de menor abundancia del suelo con y sin biol



Nota. Se compara la media de los datos BIO Pre: Suelo sin tratamiento (Pre - biorremediación). BIO1 Post y BIO2 Post: Suelo Post - biorremediación con dosis de 1.5 Lt y 2.5 Lt de biol de cáscara de cacao.

La Figura 17 muestra la concentración de los microorganismos clasificados como de menor abundancia en el suelo. En BIO pre, las bacterias fijadoras de nitrógeno 6 000 UFC/g, mohos y levaduras una concentración de 16 000 UFC/g. Los lactobacillus, muestran un valor reducido de 2 000 UFC/g. En BIO1 post las bacterias fijadoras de nitrógeno, alcanzan 12 000 UFC/g, mientras que los mohos y levaduras disminuyen a 4 000 UFC/g. Los lactobacillus un valor constante de 4 000 UFC/g, similar en BIO2 post.

En BIO2 post, las bacterias fijadoras de nitrógeno registran 10 000 UFC/g, mientras que los mohos y levaduras se mantienen en 4 000 UFC/g, mostrando una tendencia estable respecto al BIO 1 post. Los lactobacillus

también se mantienen constantes en 4 000 UFC/g, reflejando poca variabilidad entre tratamientos.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Tabla 11

Prueba de normalidad de datos en el experimento

Parámetro	Tratamiento	Pruebas de normalidad		
		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	Biol 1.5	0,925	5	0,563
	Biol 2.5	0,883	5	0,325
CE	Biol 1.5	0,821	5	0,119
	Biol 2.5	0,883	5	0,325
MO	Biol 1.5	0,883	5	0,325
	Biol 2.5	0,925	5	0,563
Fósforo	Biol 1.5	0,775	5	0,050
	Biol 2.5	0,775	5	0,050
Nitrógeno	Biol 1.5	0,821	5	0,119
	Biol 2.5	0,987	5	0,967
Potasio	Biol 1.5	0,908	5	0,453
	Biol 2.5	0,942	5	0,679
Calcio	Biol 1.5	0,962	5	0,820
	Biol 2.5	0,931	5	0,601
Magnesio	Biol 1.5	0,987	5	0,967
	Biol 2.5	0,987	5	0,967
Sodio	Biol 1.5	0,821	5	0,119
	Biol 2.5	0,987	5	0,967
Aerobios	Biol 1.5	0,813	5	0,103
	Biol 2.5	0,868	5	0,257
Actinomicetos	Biol 1.5	0,987	5	0,967
	Biol 2.5	0,895	5	0,382
Lactobacillus	Biol 1.5	1,000	5	0,999
	Biol 2.5	0,915	5	0,501
Fijador_N	Biol 1.5	0,997	5	0,998
	Biol 2.5	0,997	5	0,998
fungi	Biol 1.5	0,998	5	0,999
	Biol 2.5	0,998	5	0,999

Nota. Se considera Shapiro-Wilk (SW) dado que los grados de libertad (gl) son menores a 30.

De la tabla 11, todas las variables cumplen con la normalidad, La Sig. en SW son mayores o iguales a 0,05. Por lo que se usó la prueba paramétrica T de Student para muestras relacionadas (Pre y Post) y T de Student para muestras independientes para verificar que tratamiento fue mejor.

Se prueba la siguiente Hipótesis:

HA: La biorremediación con biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) tiene efecto sobre la calidad del suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.

H0: La biorremediación con biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) no tiene efecto sobre la calidad del suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.

Tabla 12
Prueba t para muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas				
Parámetros		t	gl	Sig. (bilateral)
pH	Biol 1.5	-6,086	4	0,004
	Biol 2.5	-12,649	4	0,000
CE	Biol 1.5	-149,071	4	0,000
	Biol 2.5	-189,737	4	0,000
MO	Biol 1.5	-31,623	4	0,000
	Biol 2.5	-36,515	4	0,000
Fósforo	Biol 1.5	-50,641	4	0,000
	Biol 2.5	-80,965	4	0,000
Nitrógeno	Biol 1.5	-89,443	4	0,000
	Biol 2.5	-56,569	4	0,000
Potasio	Biol 1.5	-1725,910	4	0,000
	Biol 2.5	-1963,293	4	0,000
Calcio	Biol 1.5	-1422,911	4	0,000
	Biol 2.5	-1320,663	4	0,000
Magnesio	Biol 1.5	-2254,964	4	0,000
	Biol 2.5	-2523,664	4	0,000
Sodio	Biol 1.5	-2493,216	4	0,000
	Biol 2.5	-1078,338	4	0,000
Aerobios	Biol 1.5	-276,504	4	0,000
	Biol 2.5	-165,702	4	0,000
Actinomicetos	Biol 1.5	240,416	4	0,000
	Biol 2.5	216,842	4	0,000
Lactobacillus	Biol 1.5	-74,023	4	0,000
	Biol 2.5	-126,491	4	0,000
Fijadora de Nitrógeno	Biol 1.5	-32,326	4	0,000
	Biol 2.5	-21,551	4	0,000
Fungí	Biol 1.5	16,493	4	0,000
	Biol 2.5	16,493	4	0,000

Nota. En la columna Sig. (bilateral), todos tus valores son 0,000 (y uno de 0,004 para pH en Biol 1.5) menores a cualquier alfa, en este caso (0.05).

De la tabla 12, considerando la Sig. Dado que todos los valores son menores a 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa en todas las variables evaluadas. Por lo que se el tratamiento tuvo un efecto real y medible. Lo cual se concluye con la hipótesis alterna (HA):

HA: La biorremediación con biol a partir de cascara de cacao (*Theobroma cacao L.*) tiene efecto sobre la calidad del suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.

Para conocer que tratamiento fue más efectivo se hizo la siguiente prueba:

Tabla 13
Prueba t de muestras independientes

Parámetro	Prueba de muestras independientes				
	Levene de igualdad de varianzas		t para la igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
pH	0,396	0,547	-5,270	8	0,001
CE	0,713	0,423	12,524	8	0,000
MO	0,113	0,745	0,000	8	1,000
Fósforo	0,000	1,000	-16,609	8	0,000
Nitrógeno	0,320	0,587	0,000	8	1,000
Potasio	0,017	0,899	-157,366	8	0,000
Calcio	0,101	0,758	115,798	8	0,000
Magnesio	0,000	1,000	-157,786	8	0,000
Sodio	2,370	0,162	-222,354	8	0,000
Aerobios	0,791	0,400	-2,615	8	0,031
Actinomicetos	0,008	0,932	-3,428	8	0,009
Lactobacillus	1,566	0,246	0,000	8	1,000
Fijadora de N	0,000	1,000	5,313	8	0,001
Fungí	0,000	1,000	0,000	8	1,000

Nota. Del análisis de la Prueba de Levene (Igualdad de varianzas) En todas las variables (parámetros) el valor de Sig. es mayor a 0,05. Es decir, las varianzas son iguales: Se asumen varianzas iguales.

De la tabla 13, Considerando la columna Sig. (bilateral) de la prueba T Variables con diferencias significativas ($p < 0,05$) pH, CE, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Aerobios y Actinomicetos. Tienen un p-valor menor a 0,05 (la mayoría son $<0,001$). Es decir, existe una diferencia estadística real entre aplicar Biol 1.5 y Biol 2.5 en estos parámetros. Sin diferencias significativas ($p > 0,05$). Materia Orgánica (MO) y Nitrógeno, Lactobacillus y Fungí en este caso tienen un p-valor de 1,000. Por lo que, tanto el Biol 1.5 o 2.5 tienen el mismo efecto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de obtener los resultados, ahora vamos a compararlos con las investigaciones reportadas en los antecedentes, en cuanto Ramos, (2017), en su tesis titulada *“Incidencia de biol y bocashi en la recuperación de la fertilidad y Edafofauna de suelos agrícolas degradados de la parroquia Mariano Acosta-Imbabura”* determinó que la aplicación del biol aumentó la materia orgánica del suelo y la abundancia edáfica en un 22 %, considerados meso y macrofauna; y, hubo un volumen de producción de 49,5 kg en 36m² (13 750 kg/ha). Con la aplicación de bocashi se obtuvo un aumento de edafofauna de 19% y una producción 36 kg de arveja en 36m² (10 194 kg/ha). Con la mezcla de ambos abonos (biol + bocashi) produjo un aumento de 12 % en la biología del suelo y un rendimiento productivo de 17,3 kg en 36m² (4805 kg/ha). Los mismo sucede en los resultados obtenidos en la Presente investigación, la producción de biosol y biol en solo 7 días representa una mejora significativa en comparación con los métodos tradicionales que pueden tardar semanas o incluso meses. Esto no solo facilita una gestión más rápida y eficiente de los residuos agrícolas, sino que también proporciona una solución sostenible y de bajo costo. Materia Orgánica: La materia orgánica del suelo aumentó del 1 % inicial a 1.8 %, lo que indica una mejora en la estructura del suelo y la capacidad de retención de agua y nutrientes. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Suquillo (2025) en su investigación, sosteniendo que la aplicación del biol mejora significativamente la producción del suelo.

El tipo textural del suelo se mantiene por el uso del biol, por su característica líquida, por lo cual en el Pre test y Post test las características son las mismas, al igual los resultados mostrados por Ponce (2024) dado que menciona que el tipo textural del suelo se conserva en arena franca.

La concentración de nitrógeno aumentó de 0.05 % a 0.09 %, mejorando la disponibilidad de este nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. La cantidad de fósforo disponible en el suelo aumentó de 1.53 mg/kg a valores de 2.2 mg/kg y 2.6 mg/kg, crucial para el desarrollo de raíces y la floración. Potasio: El contenido de potasio pasó de 21 mg/kg a 165.4 mg/kg y 253.3

mg/kg, mejorando la resistencia de las plantas a enfermedades y su capacidad para soportar condiciones adversas. Lo que lo hace muy efectivo y sostenible así como menciona Panchana (2024) el uso de biol contribuye al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes en la producción de cacao, promoviendo el uso de recursos locales y reduciendo el impacto ambiental. Por otro lado, se hace conveniente económicamente para recupera, conservar y recuperar los suelos, esto lo menciona Guerrero (2024) dado que evaluó el beneficio economico y la rentabilidad del uso de bioles.

Es necesario discutir respecto a los cationes intercambiadores, la aplicación de biol derivado de cáscara de cacao ha tenido un impacto positivo en la calidad del suelo degradado por agroquímicos. La conductividad del suelo aumentó de 1.2 ms/m a valores de 2.4 ms/m y 3.2 ms/m, lo que indica una mejora en la capacidad del suelo para conducir electricidad, relacionada con la concentración de nutrientes y la actividad biológica. Calcio: La concentración de calcio intercambiable aumentó de 0.1 mg/kg a 244.7 mg/kg y 216.1 mg/kg, mejorando la estructura del suelo y la disponibilidad de este nutriente para las plantas. El contenido de magnesio intercambiable incrementó de 0.1 mg/kg a 31.9 mg/kg y 35.7 mg/kg, esencial para la fotosíntesis y la formación de clorofila. La cantidad de sodio intercambiable subió de 0.05 mg/kg a 11.2 mg/kg y 15.3 mg/kg, aunque en niveles controlados para evitar toxicidad. La concentración de potasio intercambiable aumentó de 1 mg/kg a 166 mg/kg y 267.3 mg/kg, proporcionando una fuente inmediata de este nutriente para las plantas. Respecto a la investigación de Lucano y Alegre (2023) El biol elaborado posee un alto contenido nutricional de macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), salinidad y huminas, como también Calderon (2022) quien menciona el N, P, K Presentan un alto contenido al aplicar el biol.

El uso de bioles para sanear, recuperar o mejorar la calidad y el estado de los suelos se verifica por lo general en las características fisicoquímicas de suelo. Las investigaciones citadas no evalúan las características microbiológicas. Lo que sostiene Ponce (2024) es que, la aplicación de bioles incrementa la nutrientes, macronutrientes y principalmente los microorganismo de los suelos, ya que las características tanto del biol y del suelo cambian de

manera extrema dado que, las bacterias pueden incrementar o aumentar según el espacio en las que se encuentran, en este caso es notorio, el incremento de los arbóreos viables, poca reducción de los actinomicetos, un fuerte incremento de las bacterias fijadoras de nitrógeno, incremento de los lactobacillus y fuerte reducción de los mohos y levaduras.

CONCLUSIONES

Se concluye que:

La aplicación de biol a partir de cáscara de cacao tiene un efecto significativo en la mejora de la calidad del suelo degradado. Ambos tratamientos (Biol 1.5 y Biol 2.5) lograron cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$). El Biol 2.5 demostró ser más efectivo para incrementar los niveles de Potasio, Magnesio y Sodio, mientras que el Biol 1.5 Presentó valores finales más altos en Calcio y Conductividad Eléctrica.

Las propiedades físicas no mostraron cambios, dado que no se añadieron componentes o elementos solidos que incrementen o cambien el tipo de arena limo o arcilla, en el triángulo textural se evidencia que el suelo se mantiene en tipo textural Franco.

La biorremediación elevó de forma significativa el pH, la Conductividad Eléctrica (CE) y el contenido de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio en el suelo. La cantidad de Materia Orgánica (MO) y Nitrógeno aumentó significativamente en comparación al suelo inicial, pero no mostró diferencias estadísticas entre usar la dosis de 1.5 o 2.5, comportándose de manera idéntica en ambos casos ($p = 1.000$).

Se logró un incremento altamente significativo en la carga microbiana del suelo. El tratamiento con Biol 1.5 favoreció una mayor Presencia de bacterias Aerobias y Actinomicetos en comparación con el Biol 2.5, siendo esta diferencia estadísticamente válida ($p = 0.031$ y $p = 0.009$ respectivamente).

RECOMENDACIONES

- **Monitoreo de químicos:** Permite conocer la disponibilidad de nutrientes, la Presencia de contaminantes y el impacto de los agroquímicos en la salud del suelo. Esto ayuda a optimizar el uso de fertilizantes, reducir riesgos ambientales y mejorar la productividad de los cultivos.
- **Optimización de tratamientos:** Se recomienda seguir investigando y optimizando las proporciones de cáscara de cacao, así mismo se podría añadir microorganismos eficientes para reducir la toxicidad de los agroquímicos y restaurar la fertilidad del suelo. sin comprometer la calidad del biol.
- **Aplicaciones prácticas:** Los resultados de este estudio pueden ser aplicados en la agricultura sostenible, mejorando la fertilidad del suelo y gestionando residuos agrícolas de manera ecológica.
- **Esta investigación contribuirá a los agricultores a la mejora de la calidad del suelo y el rendimiento de sus cultivos ya que se puede Preparar de forma artesanal con desechos orgánicos, así mismo servirá a las entidades públicas para impulsar mediante proyectos agrícolas.**

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aparicio, J. D. (2018). Biorremediación de suelos contaminados con Cr(VI) y lindano por actinobacterias. Tucuman - Argentina: Universidad Nacional de Tucuman.
- Barriga, S., Mite, F., Espinosa, J., Cedeño, S., & Andino, J. (2019). Validación del Manejo de la Nutrición por Sitio Específico en una Plantación Tipo Empresarial de Cacao CCN-51(*Theobroma Cacao*), en la Zona de Puerto Inca, Cantón Naranjal, Provincias del Guayas - Ecuador. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, 22.
- Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., F. del Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2020). La calidad del suelo y sus indicadores. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, 11.
- Cabrera, F., Hernández Fernández, García Izquierdo, C., Ingelmo Sánchez, F., Bernal Calderón, M., Clemente Carrillo, R. Cox, L. (2014). Residuos orgánicos en la restauración rehabilitación de suelos degradados y contaminados III.4. Mundi-Prensa, 76.
- Candia, J. R. (2019). Manual de tecnologías de remediación de suelos contaminados . Santiago: Fundación Chile.
- CENEPRED, S. . (2012). Vulnerabilidad y riesgos en Región Ucayali. Ucayali: USAID GORE UCAYALI.
- Engelmann, J. E. (1990). Producción de microtubérculos in vitro de tres variedades de papa (*Solanum Tuberosum* L.) Santa Catalina - INIAP. Quito: INIAP.
- Guerrero, E. (2024). Efecto de una enmienda líquida en el crecimiento de plántulas de *Theobroma cacao* (cacao) en vivero [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/3003>

- Lopez Galvez , M. Y., Jimenez Alvarez, L., y Moreno Vega , A. (2013). UF0161 - Operaciones auxiliares de abonado y aplicación de tratamientos en cultivos agrícolas. Madrid: Paraninfo.
- López Gálvez, M., Jiménez Álvarez, L., y Moreno Vega, A. (2013). Operaciones auxiliares de abonado y aplicación de tratamientos en cultivos agrícolas. Madrid: Paraninfo.
- Lucano, D., & Alegre, J. (2023). Eficiencia de un biol elaborado a partir de residuos de cosecha en la producción del cacao (*Theobroma Cacao* L.), en una plantación orgánica agroforestal. *Folia Amazónica*, 32(1), e32680–e32680. <https://doi.org/10.24841/fa.v32i1.680>
- Luna, Y. (2023). Efecto del biol y biosol elaborado con cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un suelo degradado por cultivo de coca (*Erythroxylum coca*). [Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4715>
- MINAM. (2023). La Desertificación en el Perú . Fondo Editorial del MINAM, 76.
- Montanarella, L., Pennock, D., & Mckenzie, N. (2016). Estado Mundial del Recurso Suelo . Roma: ONU.
- Moreno, J., Moral, V., García-Morales, J., Pascual, J., & Bernal, M. (2015). Residuos orgánicos y agricultura intensiva III.1. Madrid : MundiPrensa.
- Navarro Garcia, G., & Navarro Garcia, S. (2013). Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Madrid: Mundi - Prensa.
- Palacios, J. A., & De La Cruz, G. A. (2024). Efecto de aplicación de dos tipos de biol a diferentes dosis en el rendimiento de la albahaca (*Ocimum basilicum* L) [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4404>

- Panchana, N. J. (2024). Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L. Nacional). [Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/6695>
- Pibaque, J. N. (2024). Efecto de tres tipos de biol y tres dosis sobre el desarrollo vegetativo del patrón de mandarina cleopatra (*Citrus reshni*) a nivel vivero [Thesis, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6821>
- Ponce, C. E. (2024). Efecto de la aplicación de biol de estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) en suelo degradado por derrame de aceites de automotores [Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5722>
- Rodriguez, E. N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo una realidad oculta. Roma: ISBN 978-92-5-131639-9-FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Sampieri, R. H. (2015). Metodología de la investigación. Madrid: McGraw - Hill Interamericana.
- Suquillo, J. G. (2025). Evaluación del efecto de los biofertilizantes biol y algas marinas aplicados al suelo y follaje en la producción de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/45544>
- Thompson, L., & Troeh, F. (2021). Los suelos y su fertilidad. Barcelona: Editorial Reverte.
- Vega, A. M. (2015). Actividades de riego, abonado y tratamiento en cultivo. Madrid: Paraninfo.
- Velasque Trejo , J. A., & Volke Sepulveda, T. (s.f.). Tecnologías de remediación para suelos contaminados.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Armillon Tucto, R. E. (2026). Efecto de la biorremediación con biol a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) sobre la calidad del suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023 – 2024 [Tesis de titulación profesional, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONCISTENCIA

Título: "Efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) Sobre la calidad de suelo contaminado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024"

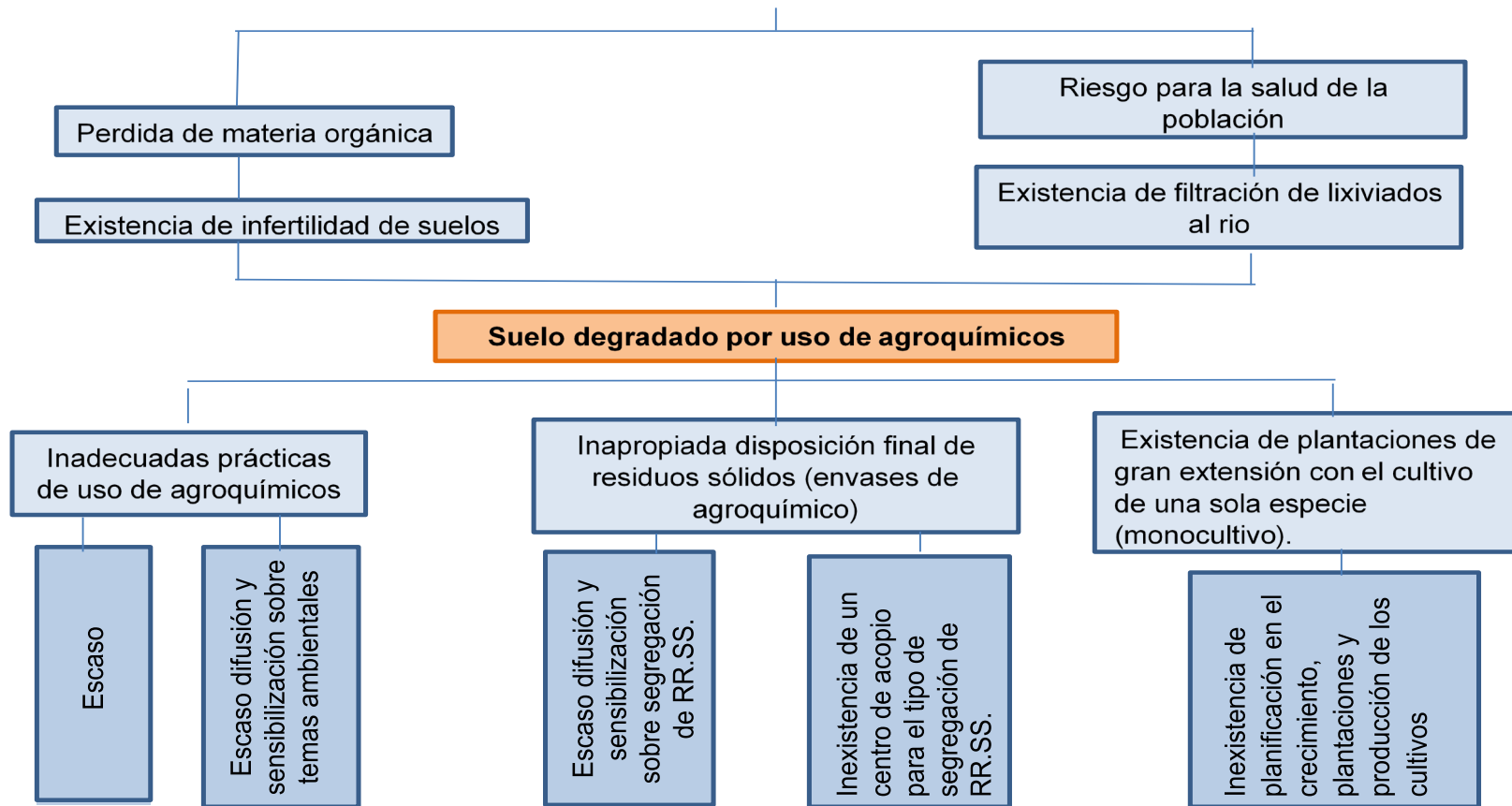
TESISTA: Bach. Ruth Evelyn ARMILLON TUOTO

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
- ¿Cuál es el efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao sobre la calidad de suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024?	- Evaluar el efecto de la biorremediación con biol a partir de la cascara de cacao sobre la calidad del suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.	HA: La biorremediación con biol a partir de cascara de cacao tiene efecto sobre la calidad del suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.	Variable independiente: - Biorremediador - Biol Variable dependiente: - Suelos degradados por agroquímicos. - Parámetros físicos - Parámetros químicos - Parámetros microbiológicos	Tipo: Experimental. Enfoque: Mixto (cuantitativo y cualitativo). Nivel: Explicativo. Diseño: GE1: O3 X1 O4 GE2: O5 X2 O6 Grupo control y 2 grupos operacionales, con 6 repeticiones. Población: 1000 m2 de suelo agrícola Muestra: Aleatoria
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS			
- ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol?	- Describir las propiedades físicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol.	H0: La biorremediación con biol a partir de cascara de cacao no tiene efecto sobre la calidad del suelo degradado por agroquímicos, Ucayali 2023-2024.		
- ¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol?	- Describir las propiedades químicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol.			
- ¿Cuáles son las propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol?	- Describir las propiedades microbiológicas del suelo antes y después de la biorremediación con biol.			

ANEXO 2

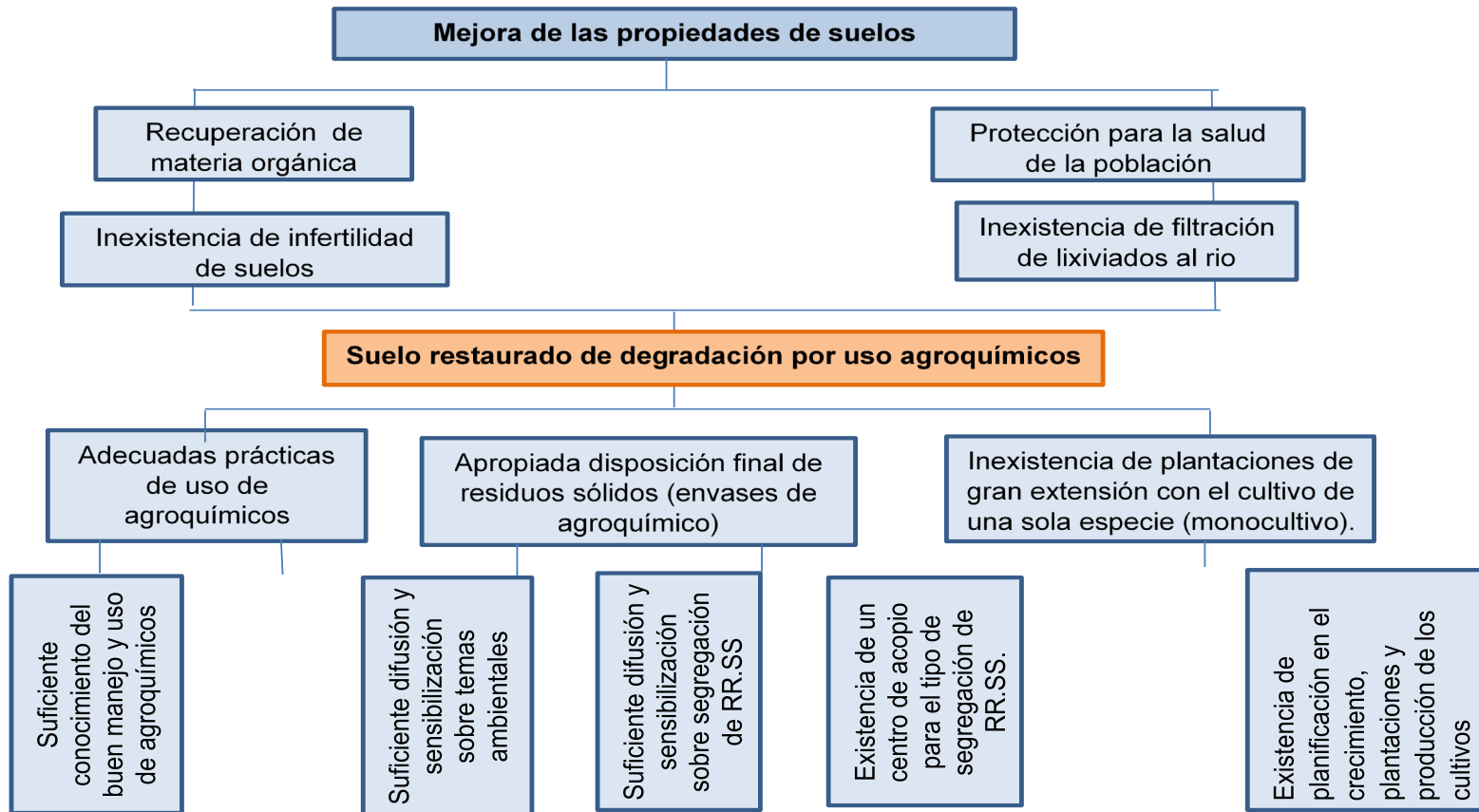
ARBOL CAUSA – EFECTO

Deterioro de las propiedades de suelos



ANEXO 3

ARBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 4

ROTULADO DE MUESTRAS DE SUELO

TIPO DE MUESTRA:	
CODIGO DE MUESTRA:	
LUGAR DE MUESTREO:	
MUESTREADO POR:	
FECHA:	HORA:
PARAMETROS A ANALISAR EN LABORATORIO	
P. FISICO:	P. QUIMICO:
CODIGO DE LABORATORIO:	

ANEXO 5

RESULTADOS DE LABORATORIO SIN TRATAMIENTO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 08077-23/SU/ LABSAF - PUCALLPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : RUTH EVELYN ARMILLON TUOTO
 Propietario / Productor : RUTH EVELYN ARMILLON TUOTO
 Dirección del cliente : Jr. LOS ROSALES, AMPL. 23 DE MARZO
 Solicitado por : RUTH EVELYN ARMILLON TUOTO
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : PADRE ABAD, UCAYALI
 Fecha(s) de muestreo : 2023-07-25 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-07-26
 Lugar de ensayo : LABSAF Pucallpa
 Fecha(s) de análisis : del 31/07/2023 al 18/08/2023
 Cotización del servicio : 0127-23-PC
 Fecha de emisión : 2023-08-18

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU0622-PC-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	2023-07-25					
Hora de Inicio de Muestreo (h) (*)	15:30					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (*)	M-1					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	--	0,1	4,7			
Conductividad eléctrica	mS/m	1,0	1,2			
Materia orgánica (**)	%	--	1,0			
Nitrógeno total (**)	%	--	0,05			
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	1,53			
Potasio disponible (**)	ppm	--	21,00			
Calcio intercachable (**)	Cmol(+)/kg	--	0,10			
Magnesio intercachable (**)	Cmol(+)/kg	--	0,01			
Sodio intercachable (**)	Cmol(+)/kg	--	0,05			
Potasio intercachable (**)	Cmol(+)/kg	--	0,10			
Al + H (**)	Cmol(+)/kg	--	2,50			
CIC (**)	Cmol(+)/kg	--	2,76			
Bases Totales (**)	Cmol(+)/kg	--	0,26			
Saturación Al (**)	%	--	90,58			
Textura (**)						
Arena	%	--	52,30			
Arcilla	%	--	8,57			
Limo	%	--	39,14			
Clase Textural	---	--	FrancoArenoso			

INFORME DE ENSAYO
N° 08077-23/SU/ LABSAF - PUCALLPA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265, First Edition. 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Nitrógeno total	Por cálculo a partir de la determinación de la materia orgánica. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Fósforo disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.11 AS-11.2000. Determinación de fósforo método Bray
Potasio disponible	Extracción con H ₂ SO ₄ 6N. Lectura en espectrofotómetro de absorción atómica
Calcio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12.2000. Determinación de bases intercambiables
Magnesio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12.2000. Determinación de bases intercambiables
Sodio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12.2000. Determinación de bases intercambiables
Potasio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12.2000. Determinación de bases intercambiables
Al + H	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-33. 2000. Determinación de ácidos y aluminio intercambiables por el procedimiento de cloruro de potasio.
CIC	Por cálculo a partir de la determinación de calcio, magnesio, potasio y Al + H cambiabile
Bases Totales	Por cálculo a partir de la determinación de calcio, magnesio y potasio
Saturación de Al	Por cálculo a partir de la determinación de Al + H cambiabile

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

(*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(***) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Sindí Nuñez Berrospi - Especialista de laboratorio del LABSAF Pucallpa.

[Firma]

Edinson Eduardo López Galán
Responsable de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves
Estación Experimental Agraria Pucallpa-Ucayali

FIN DE INFORME DE ENSAYO

ANEXO 6

RESULTADOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 030244-24/SU/ LABSAF - SANTA ANA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Ruth Evelyn Armillon Tucto
 Propietario / Productor : Ruth Evelyn Armillon Tucto
 Dirección del cliente : Ucayali-Padre Abad
 Solicitado por : Ruth Evelyn Armillon Tucto
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 02 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Ucayali-Padre Abad-Padre Abad
 Fecha(s) de muestreo : 2024-02-25 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-03-04
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Santa Ana
 Fecha(s) de análisis : 2024-03-13
 Cotización del servicio : 65-24-SA
 Fecha de emisión : 2024-03-25

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5
Código de Laboratorio	SU0787-SA-24	SU0788-SA-24	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-02-25	2024-02-25	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	9:00:00	9:00:00	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	-	-	-
Código/identificación de la Muestra por el Cliente	Muestra 1	Muestra 2	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados		
pH	unid. pH	0.1	5.1	4.9	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	2.4	3.2	-
Materia Orgánica	%	0.2	1.8	1.8	-
Nitrógeno (**)	%	-	0.09	0.09	-
Fósforo Disponible (**)	mg/Kg	0.5	2.2	2.6	-
Potasio Disponible (**)	mg/Kg	3.0	165.4	253.3	-
Cationes intercambiables, Calcio (Ca) (**)	mg/Kg	-	244.7	216.1	-
Cationes intercambiables, Magnesio (Mg) (**)	mg/Kg	-	31.9	35.7	-
Cationes intercambiables, Sodio (Na) (**)	mg/Kg	-	11.2	15.3	-
Cationes intercambiables, Potasio (K) (**)	mg/Kg	-	166.0	267.3	-
Arena (**)	%	-	73	75	-
Limo (**)	%	-	11	13	-
Arcilla (**)	%	-	16	12	-
Clase Textural (**)	-	-	Franco Arenoso	Arena Franca	-



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 1 de 2
F-46 / Ver.04
www.inia.gob.pe

INFORME DE ENSAYO
N° 030244-24/SU/ LABSAF - SANTA ANA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-09, 2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994, First Edition/Cor1 1996. Soil Quality - Determination of the Specific Electrical Conductivity - Technical Corrigendum 1
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black).
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.11, AS-11, 2000. Fósforo extraíble, en suelos de ácidos a neutros (Procedimiento de Bray y Kurtz 1).
Potasio Disponible	Potasio disponible: MET-18 (Basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revision 5, 2023). Validado (modificado y aplicado fuera del alcance). Determinación de potasio disponible en suelos con saturación de acetato de amonio 1N, PH 7.0 // Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry.
Acidez y Aluminio intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.3.29 AS-33, 2000. Determinación de la Acidez y Aluminio Intercambiable por el procedimiento de Cloruro de Potasio (AS-33).
Carbonato de Calcio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.3.25 AS-29, 2000. Determinación de Carbonatos de Calcio equivalentes por el método de neutralización ácida.
Cationes intercambiables	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.12 AS-12. Determinación de bases intercambiables del suelo.

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
 - Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
 - Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
 - Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
 - Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
 - El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
 - Medición de pH realizada a 25 °C
 - Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C
- (*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
- (**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Lidiana Alejandro Mendez - Responsable del laboratorio LABSAF Santa Ana.



Ing. Ivana Cortéz Juro
Directora EEA Santa Ana

FIN DE INFORME DE ENSAYO

INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables.
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)

CLASIFICACION	CE (ds/m)	Efectos
Normal	<1.0	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectado en sus rendimientos.
Muy Ligeramente salino	1.1 - 2.0	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	2.1 - 4.0	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	4.1 - 8.0	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	8.1 - 16	Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 16	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

MATERIA ORGANICA

Clasificación	%MO
Muy Bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

FÓSFORO

Clasificación	mg/kg de P
Bajo	<5.5
Medio	6.5 - 11
Alto	>11

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Clasificación	CIC (Cmol/Kg suelo)	Efectos
Muy Bajo	< 5.0	Suelo muy pobre
Bajo	5.0 - 15	Suelo pobre
Medio	15 - 25	Suelo medio
Alto	25 - 40	Suelo rico
Muy Alto	> 40	Suelo muy rico

CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy Baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alta	>10	>3.0	>0.6

SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Bajo	< 35	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
Medio	35 - 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002)

ANEXO 7

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 00085276

Muestra : Suelo – PRE TEST
Procedencia : Padre Abad – Padre Abad –Ucayali
Atención a : Ruth Evelyn Armillon Tuco
Fecha recepción : 06 de Noviembre del 2025
Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)

RESULTADOS:

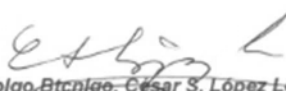
Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	55 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ UFC/g
- Enumeración de Actinomicetos	172 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ UFC/g
- Enumeración de Lactobacillus	2 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ UFC/g
- Bacterias fijadoras de Nitrógeno	6 x 10 ³ UFC/g	Presencia
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	16x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ UFC/g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), actinomicetos; un número moderado bacterias fijadoras de nitrógeno y fungi (mohos y levaduras); un numero bajo de lactobacillus.

Tingo María, 20 de Noviembre del 2025.




Dr. Mcblgo. Btchigo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 00085276

Muestra : Suelo – POST TEST
Procedencia : Padre Abad – Padre Abad –Ucayali
Atención a : Ruth Evelyn Armillon Tucto
Fecha recepción : 06 de Noviembre del 2025

Análisis solicitados:

- Enumeración Microorganismos Aerobios Viables
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de Lactobacillus
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno
- Enumeración de Fungí (Mohos y Levaduras)

RESULTADOS:

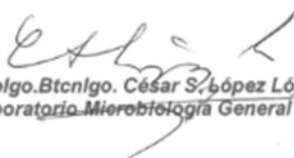
Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	84x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ UFC/g
- Enumeración de Actinomicetos	121 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ UFC/g
- Enumeración de Lactobacillus	4 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ UFC/g
- Bacterias fijadoras de Nitrógeno	12 x 10 ³ UFC/g	Presencia
- Enumeración de Fungí (Mohos y Levaduras)	4 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ UFC/g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), actinomicetos, un número moderado de bacterias fijadoras de nitrógeno y un número bajo de lactobacillus, fungí (mohos y levaduras).

Tingo María, 20 de Noviembre del 2025.




Dr. Mcblgo.Btcnigo. César S. López López
Laboratorio Microbiología General



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO DIAGNOSTICO MICROBIOLÓGICO

Recibo N°: 00085276

Muestra : Suelo – POST TEST (2)
Procedencia : Padre Abad – Padre Abad –Ucayali
Atención a : Ruth Evelyn Armillon Tuco
Fecha recepción : 06 de noviembre del 2025
Análisis solicitados :

- Enumeración Microorganismos Heterotróficos Aerobios Viables
- Enumeración de Actinomicetos
- Enumeración de *Lactobacillus*
- Investigación de bacterias fijadoras de nitrógeno
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)

RESULTADOS:

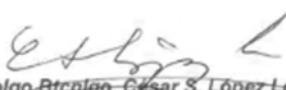
Determinación	Resultados	Valor referencial
- Enumeración de microorganismos Aerobios Viables	86 x 10 ³ UFC/g	3 - 7 x 10 ³ UFC/g
- Enumeración de Actinomicetos	124 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ UFC/g
- Enumeración de <i>Lactobacillus</i>	4 x 10 ³ UFC/g	2 - 3 x 10 ³ UFC/g
- Bacterias fijadoras de Nitrógeno	10 x 10 ³ UFC/g	Presencia
- Enumeración de Fungi (Mohos y Levaduras)	4 x 10 ³ UFC/g	1 - 3 x 10 ³ UFC/g

CONCLUSIONES:

La muestra analizada presenta un número alto de microorganismos aerobios viables (heterotróficos), moderado número de bacterias fijadoras de nitrógeno y un número bajo de *Lactobacillus*, fungi (mohos y levaduras).

Tingo María, 20 de Noviembre del 2025.




Dr. Mcblgo. Btchnigo. César S. López-López
Laboratorio Microbiología General

ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Armado de tinglado para las camas para los suelos contaminados



Fotografía 2

Armado de las camas para los suelos contaminados



Fotografía 3

Camas armadas con los suelos contaminados, listas para el tratamiento



Fotografía 4

Picado y llenado de la cascara de cacao al bidón



Fotografía 5

Incorporación de insumos (leche y melaza) al bidón para elaboración de biol



Fotografía 6

Mezclado y sellado del bidón de contenido de la solución biol con cascara de cacao



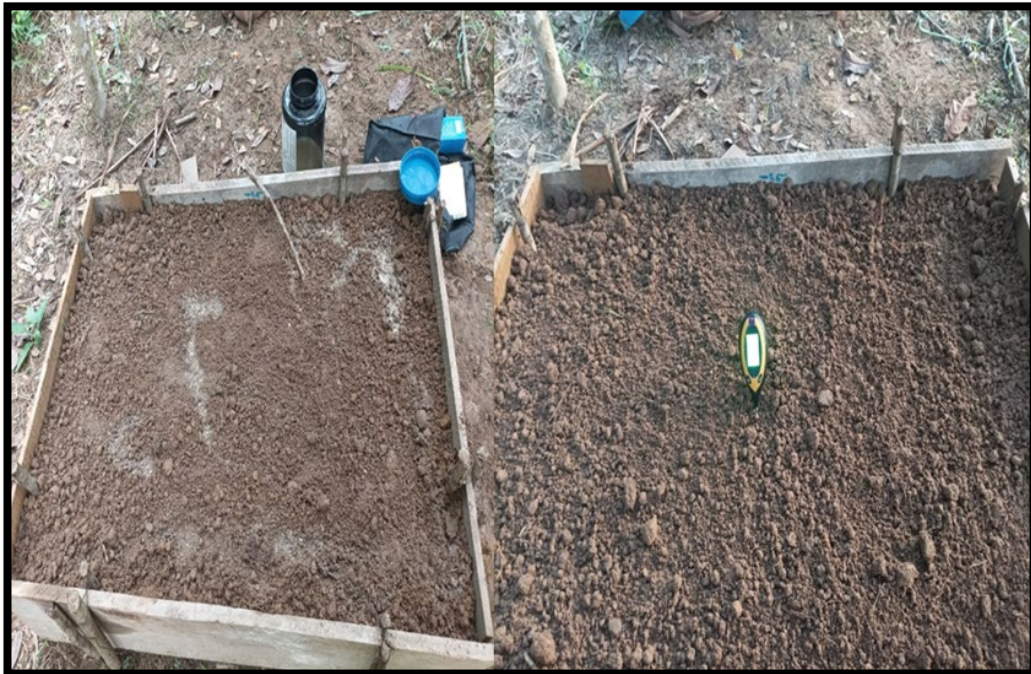
Fotografía 7

Microorganismos en la superficie del bidón de la solución biol



Fotografía 8

Aplicación y monitoreo de la solución biol a las camas con suelo contaminado



Fotografía 9

Supervisión del jurado in situ del proyecto de investigación



Fotografía 10

Jurado del proyecto de investigación validando la ejecución



Fotografía 11

Visita técnica del jurado revisor de la investigación



ANEXO 9

MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO

