

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CON
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



TESIS

“Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (medicago sativa) y estiércol de cuy (cavia porcellus l.) en el distrito de Pillco Marca, Huánuco - 2025”

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN
INGENIERÍA, CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTORA: Montero Ramírez, Sally Yasmine

ASESORA: Campos Ríos, Bertha Lucila

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U



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: Maestra en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código del Programa: P26

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72814200

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 19939411

Grado/Título: Magister en educación y gestión y planeamiento educativo.

Código ORCID: 0000-0002-5662-554X

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1301
2	Morales Aquino, Milton Edwin	Maestro en gestión ambiental y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
3	Vásquez Baca, Yasser	Master en planificación y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X

D

H



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad universitaria de la esperanza, siendo las 15:30 horas del día martes 12 del mes de mayo del año dos mil veintiséis, en el auditorio de la facultad de ingeniería, en cumplimiento a lo señalado en el reglamento de grados de maestría y doctorado de la Universidad de Huánuco, se reunió el jurado calificador integrado por los docentes:

- DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- DR. MILTON EDWIN MORALES AQUINO
- MG. YASSER VÁSQUEZ BACA

Nombrados mediante RESOLUCIÓN Nº 272-2026-D-EPG-UDH; para evaluar la tesis intitulada "EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN LA OBTENCIÓN DE BIOL UTILIZANDO ALFALFA (*Medicago sativa*) Y ESTIÉRCOL DE CUY (*Cavia porcellus L.*) EN EL DISTRITO DE PILLCO MARCA, HUÁNUCO - 2025". Presentado por el Bach. **MONTERO RAMIREZ Sally Yasmine**, para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

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

Habiéndose 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 APROBADO por UNANIMIDAD con calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO.

Siendo las 16:30 horas del día miércoles 12 del mes de mayo del año dos mil veintiséis, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

Presidente

Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas
Orcid id: 0000-0001-7920-1304
Dni: 40895876

Secretario

Dr. Milton Edwin Morales Aquino
Orcid id: 0000-0002-2250-3288
Dni: 44342697

Vocal

Mg. Yasser Vásquez Baca
Orcid id: 0000-0002-7136-697X
Dni: 42108318



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: SALLY YASMINE MONTERO RAMIREZ, de la investigación titulada "Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (*Medicago sativa*) y estiércol de cuy (*Cavia porcellus l.*) en el distrito de Pillco Marca, Huánuco - 2025", con asesor(a) BERTHA LUCILA CAMPOS RÍOS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 036-2025-D-EPG-UDH del P. A. de MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % 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

40. SALLY YASMINE MONTERO RAMIREZ.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	www.cm.colpos.mx Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%



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

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para no rendirme en este camino, iluminando cada paso con sabiduría y esperanza.

A mis amados padres, Alfredo Montero y Milagros Ramírez, por ser la fuente de mi inspiración y fortaleza en cada etapa de mi vida.

Su amor, sacrificio y ejemplo constante me han guiado para alcanzar mis metas y sueños y este logro es tan mío como suyo, porque sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi asesora, Mg. Bertha Lucila Campos Ríos, por su guía, paciencia y valiosas orientaciones.

De igual manera, expreso mi sincero reconocimiento a los miembros del jurado, al Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas, presidente; al Mg. Milton Edwin Morales Aquino, secretario; y al Mg. Yasser Vásquez Baca, Vocal, por el tiempo dedicado.

Finalmente, mi gratitud a todas las personas que, de manera directa o indirecta, me acompañaron en este camino de formación y superación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5.1. VIABILIDAD TÉCNICA.....	16
1.5.2. VIABILIDAD AMBIENTAL.....	16
1.5.3. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	19
2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES.....	20
2.2. BASES TEÓRICAS.....	21
2.2.1. MARCO NORMATIVO.....	21
2.2.2. NORMAS TÉCNICAS Y/O GUÍAS.....	23
2.2.3. INSTITUCIONES A NIVEL NACIONAL Y LOCAL.....	24
2.2.4. ANTECEDENTES DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES.....	26

2.2.5.	MICROORGANISMOS EFICIENTES	26
2.2.6.	ALFALFA (MEDICAGO SATIVA).....	29
2.2.7.	ESTIÉRCOL DE CUY	31
2.2.8.	BIOL – FERTILIZANTE ORGÁNICO	32
2.2.9.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	34
2.3.	HIPÓTESIS.....	37
2.3.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	37
2.3.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	37
2.4.	VARIABLES	38
2.4.1.	VARIABLE DEPENDIENTE:.....	38
2.4.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE:	38
2.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		41
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.1.1.	ENFOQUE.....	41
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	41
3.1.3.	DISEÑO.....	42
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.2.1.	POBLACIÓN.....	43
3.2.2.	MUESTRA.....	43
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
3.3.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
3.3.2.	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.4.	ASPECTOS ÉTICOS (AUTORIZACIÓN PARA TRABAJAR EN LAS INSTITUCIONES O CONSENTIMIENTO PARA TRABAJAR CON PERSONAS)	46
3.5.	PLAN DE TRABAJO	46
3.5.1.	PLAN DE TRABAJO	46
CAPITULO IV RESULTADOS		66
4.1.	RESULTADOS DESCRIPTIVOS	66
4.1.1.	MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS EN EL LABORATORIO	66
4.1.2.	RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL BIOL.....	67

4.1.3. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN BASE HÚMEDA DEL BIOL.....	71
4.1.4. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN BASE SECA DEL BIOL.	72
4.1.5. RESULTADOS DE NUTRIENTES.....	74
4.1.6. RESULTADOS DE TIEMPO DE FERMENTACIÓN DEL BIOL.	77
4.2. RESULTADOS INFERENCIALES	77
4.2.1. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS.....	77
4.2.2. APLICACIÓN DE LA PRUEBA ESTADÍSTICO PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	79
CAPITULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	82
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Instituciones a nivel nacional y local relacionados con la gestión de residuos sólidos y producción de biol.	24
Tabla 2 Producción de Alfalfa (medicago sativa L.) en el Perú por departamentos.	30
Tabla 3 Operacionalización de variables.	39
Tabla 4 Matriz experimental del proyecto de investigación.	43
Tabla 5 Número y tamaño de muestras.	43
Tabla 6 Métodos analíticos usados en el análisis de las muestras.	66
Tabla 7 Resultados de los parámetros fisicoquímicos	68
Tabla 8 Resultados fisicoquímicos en base húmeda	71
Tabla 9 Resultados fisicoquímicos en base seca	72
Tabla 10 Resultados de macronutrientes del biol orgánico	74
Tabla 11 Resultados de micronutrientes del biol orgánico.	75
Tabla 12 Resultados del tiempo de fermentación del biol orgánico	77
Tabla 13 Prueba de normalidad del tiempo de fermentación del biol orgánico	77
Tabla 14 Prueba de normalidad de macronutrientes y micronutrientes 78	78
Tabla 15 Prueba de Normalidad de las características fisicoquímicas del biol	78
Tabla 16 Aplicación de la prueba estadístico para la comprobación de la primera hipótesis específica.	79
Tabla 17 Aplicación de la prueba estadístico para la comprobación de la segunda hipótesis específica.	80
Tabla 18 Aplicación de la prueba estadístico para la comprobación de la tercera hipótesis específica.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Flujograma de procesos de elaboración del bio	33
Figura 2 Diagrama del diseño de investigación	42
Figura 3 Adquisición y selección de materiales e insumos	47
Figura 4 Incorporación de mucilago de cacao para preparar el concentrado de EM	48
Figura 5 Incorporación de melaza.....	48
Figura 6 Incorporación de los microorganismos eficientes.	49
Figura 7 Producción de microorganismos eficientes.....	49
Figura 8 Microorganismos eficientes	50
Figura 9 Adecuación de los bidones para el experimento	50
Figura 10 Insumos para el proceso de elaboración del biol.....	51
Figura 11 Pesado de los insumos de alfalfa y estiércol de cuy.....	51
Figura 12 Pesado de los insumos de azúcar y cenizas de leña.....	52
Figura 13 Pesado de la levadura	52
Figura 14 Incorporación de estiércol de cuy en todos los tratamientos	53
Figura 15 Incorporación de leche en todos los tratamientos.....	53
Figura 16 Incorporación de chicha de jora en todos los tratamientos	54
Figura 17 Incorporación de levadura en todos los tratamientos	54
Figura 18 Incorporación de azúcar en todos los tratamientos	55
Figura 19 Incorporación de alfalfa en todos los tratamientos.....	55
Figura 20 Incorporación de cenizas en todos los tratamientos	56
Figura 21 Incorporación de microorganismos eficientes en todos los tratamientos	56
Figura 22 Preparación del tratamiento 0 para la elaboración del biol	57
Figura 23 Preparación del tratamiento 1 para la elaboración del biol	57
Figura 24 Preparación del tratamiento 2 para la elaboración del biol	58
Figura 25 Ubicación de los tratamientos en un espacio acondicionado.....	58
Figura 26 Bidones listos para el inicio de elaboración del biol.....	59
Figura 27 Monitoreo de los parámetros físicos.	59
Figura 28 Verificación de la trampa de gases	60
Figura 29 Biol orgánico producido	60
Figura 30 Recolección de las muestras de los diferentes tratamientos	61

Figura 31 Proceso de colado del biol orgánico	61
Figura 32 Obtención de la muestra del tratamiento (T 0 R 1)	62
Figura 33 Obtención de la muestra del tratamiento (T 0 R 2)	62
Figura 34 Obtención de la muestra del tratamiento (T 1 R 1)	63
Figura 35 Obtención de la muestra del tratamiento (T 1 R 2)	63
Figura 36 Obtención de la muestra del tratamiento (T 2 R 1)	64
Figura 37 Obtención de la muestra del tratamiento (T 2 R 2)	64
Figura 38 Las muestras de bioles orgánicos en el laboratorio	65
Figura 39 Resultados de densidad del biol	68
Figura 40 Resultados de temperatura del biol	69
Figura 41 Resultados del pH del biol	70
Figura 42 Resultados de la conductividad eléctrica del biol.....	70
Figura 43 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del biol en base húmeda.....	72
Figura 44 Resultados de parámetros fisicoquímicos del biol en base seca .	73
Figura 45 Resultados de macronutrientes del biol	75
Figura 46 Resultados de micronutrientes del biol	76

RESUMEN

Por una parte, la investigación de *“Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (medicago sativa) y estiércol de cuy (cavia porcellus l.) en el distrito de Pillco Marca, Huánuco – 2025”* tuvo como objetivo evaluar la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (medicago sativa) y estiércol de cuy (cavia porcellus l.) en el distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco.

Por ende, la investigación fue de diseño experimental, aplicando tres tratamientos: un control sin EM (T 0), un tratamiento con 3 lt de EM (T 1) y otro con 4.5 lt de EM (T 2).

En los nutrientes, el fósforo y el hierro alcanzaron mayores valores en el tratamiento con 4.5 lt de EM, mientras que calcio, sodio y potasio se optimizaron con 3 lt. El zinc y manganeso aumentaron con EM, mientras que el cobre fue mayor en el control. El tiempo de fermentación no mostró diferencias estadísticas ($p = 0.089$), aunque se observó una reducción en presencia de EM.

Finalmente se estableció que la concentración de nutrientes en el biol varía en función de la dosis de microorganismos eficientes aplicada.

Palabras Claves: Agricultura sostenible, alfalfa, biofertilizante, biol, estiércol de cuy, macronutrientes, micronutrientes, microorganismos eficientes, tiempo de fermentación.

ABSTRACT

The research project "Evaluation of the application of efficient microorganisms in obtaining biofertilizer using alfalfa (*medicago sativa*) and guinea pig (*cavia porcellus* L.) manure in the district of Pillco Marca, Huánuco – 2025" aimed to evaluate the application of efficient microorganisms in obtaining biofertilizer using alfalfa (*medicago sativa*) and guinea pig (*cavia porcellus* L.) manure in the district of Pillco Marca, Huánuco department.

Therefore, the research employed an experimental design, applying three treatments: a control without microorganisms (T 0), a treatment with 3 lt of microorganisms (T 1), and another with 4.5 lt of microorganisms (T 2).

Regarding nutrients, phosphorus and iron reached higher values in the treatment with 4.5 lt of microorganisms, while calcium, sodium, and potassium were optimized with 3 lt. Zinc and manganese increased with microorganisms, while copper was higher in the control. Fermentation time showed no statistically significant differences ($p = 0.089$), although a reduction was observed in the presence of EM.

Finally, it was established that the nutrient concentration in the biofertilizer varies depending on the dose of effective microorganisms applied.

Keywords: Sustainable agriculture, alfalfa, biofertilizer, biofertilizer, guinea pig manure, macronutrients, micronutrients, effective microorganisms, fermentation time.

INTRODUCCIÓN

Por otra parte, el deterioro de los terrenos agrícolas debido al abuso de plaguicidas y abonos sintéticos representa un serio desafío ambiental. En respuesta, la (FAO, 2024) impulsa métodos ecológicos que fortalecen la adaptación al cambio climático, protegen la diversidad biológica y aseguran el abastecimiento de alimentos. Por lo cual, entre estas opciones se encuentra la preparación de biol a base de desechos orgánicos, sino que también acelera su fabricación gracias a los microorganismos eficientes.

Por otro lado, el biol consiste en un fertilizante en forma líquida que surge de la degradación sin oxígeno de restos orgánicos (Quispe, 2021). En ese sentido, estos organismos ofrecen múltiples beneficios en el campo agrícola (Tanya & Leiva, 2019).

En Ecuador, (Naranjo, 2013) mostró que su uso agiliza la conversión de residuos orgánicos en compost. Similarmente, en Huaraz, Menacho (2013) analizó diferentes cantidades de EM en la creación de biol y halló que los atributos físico-químicos y el contenido nutritivo mejoraban al aumentar las dosis. Zambrano (2021) demostró que los EM optimizan la calidad del biol hecho con estiércol de cuy y alfalfa. Por lo cual, estos ejemplos subrayan la necesidad de explorar más combinaciones de recursos locales, como la alfalfa y el estiércol de cuy.

Por otra parte, en la región de Huánuco, la cría de animales y la agricultura de subsistencia se apoyan en pastos como la alfalfa, que demandan tierras productivas. Sin embargo, los abonos químicos resultan caros (alrededor de S/ 562.5 por hectárea) y poco amigables con el entorno, por lo que elaborar biol con alfalfa y estiércol de cuy, apoyado en microorganismos eficientes, aparece como una solución cercana, asequible y ecológica, con un gasto estimado entre S/ 37.5 y S/ 96.75 por hectárea. En consecuencia, este estudio se valida porque pretende maximizar el uso de materiales orgánicos disponibles en la zona (Díaz & Gonzales, 2022)

Por consiguiente, el propósito principal de este trabajo fue examinar el rol de los microorganismos eficientes en la producción de biol a partir de alfalfa

(*Medicago sativa*) y estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.). Para lograrlo, se empleó un esquema experimental con variantes en la cantidad de microorganismos eficientes, recurriendo a métodos como la observación en sitio y pruebas en laboratorio. Finalmente, se anticipa que los hallazgos ayuden a determinar la cantidad ideal de microorganismos que eleve el valor nutritivo del biol.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Por una parte, en el panorama mundial, el empleo de abonos químicos plantea un reto ambiental importante por los daños que causa en los sistemas terrestres. Desde los albores de la agricultura, las personas han notado que cultivar la tierra de forma continua agota sus elementos nutritivos vitales, lo que lleva a una disminución gradual de su capacidad productiva. Para contrarrestar esto, se implementaron estrategias para recuperar la vitalidad del suelo, como dejarlo en reposo después de las siembras o agregar desechos orgánicos para reponer lo perdido.

Hoy en día, la agricultura tradicional se basa en gran medida en fertilizantes minerales que se disuelven fácilmente, con el fin de elevar la cantidad de cosechas. Pero su aplicación excesiva ha provocado varios problemas ecológicos. Entre ellos destacan la sobre fertilización de lagos y ríos, envenenamiento de hábitats acuáticos y polución de napas subterráneas

Por otra parte, el manejo inadecuado de fertilizantes, sobre todo los cargados de nitrógeno, ha suscitado serias inquietudes ambientales (Gonzales, 2019).

Por otra parte, en el escenario peruano, las zonas de altura andina han lidiado con dificultades extras por las temperaturas bajas, que han mermado la eficiencia agrícola y afectado la supervivencia de las familias rurales. Para enfrentar esto, en 2019, el programa Agro Rural entregó 6,680 paquetes para preparar biol, un abono natural hecho con materiales cercanos como alfalfa y estiércol de cuy (Ludeña, 2020).

El aumento demográfico y las presiones económicas han acelerado la producción agraria, resultando en un uso intensivo de las tierras (FAO, 2024)

Como fertilizante que se aplica en las hojas, el biol ayuda a conservar un color verde vibrante en el follaje (FAO, 2024). Por ende, este estimulante

orgánico en forma líquida juega un rol crucial en alimentar el suelo, revivir su vida microbiana y fortalecer la productividad de las plantas (FAO, 2024).

Por otro lado, en las áreas campesinas de Pillco Marca, la labor agropecuaria produce cantidades importantes de desechos orgánicos que no se aprovechan del todo (FAO, 2024).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Cómo influye la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (*Medicago sativa*) y estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) en el distrito de Pillco Marca, Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- ¿Cómo influye la variación en la dosis de microorganismos eficaces en el tiempo de fermentación del biol?
- ¿Cuáles son las características de macronutrientes y micronutrientes del biol obtenido con diferentes dosis de microorganismos eficientes?
- ¿Cuáles son las características físico-químicas del biol obtenido con diferentes dosis de microorganismos eficientes?
- ¿Existe una relación entre la dosis de microorganismos eficientes y la concentración de nutrientes en el biol producido?

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (*Medicago sativa*) y estiércol de cuy (*Cavia porcellus* L.) en el distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el tiempo de fermentación del biol.
- Determinar las características de macronutrientes y micronutrientes del biol obtenido con diferentes dosis de microorganismos eficientes.

- Determinar las características físico-químicas del biol obtenido con diferentes dosis de microorganismos eficientes.
- Comparar la concentración de nutrientes del biol producido con distintas dosis de microorganismos eficientes.

1.4. TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Por otra parte, la presente investigación responde a la necesidad imperativa de promover enfoques agrícolas con carácter sostenible en esta región específica.

Por un lado, en primer término, suministra una propuesta técnicamente viable para transformar materiales residuales disponibles localmente (restos de alfalfa y deposiciones bovinas) en un biofertilizante de excelente calidad nutricional.

Desde dimensiones sociales y ambientales, este proyecto académico impulsa la adopción de metodologías agrícolas menos dañinas para el ambiente, generando beneficios económicos agregados para los productores locales de Pillco Marca.

1.5. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. VIABILIDAD TÉCNICA.

La investigación es técnicamente viable, debido a que se dispone de acceso inmediato a los insumos necesarios para su ejecución en la localidad, así como a microorganismos eficientes. Además, se cuenta con conocimientos previos sobre la elaboración de biol, lo que garantiza una correcta implementación del estudio.

1.5.2. VIABILIDAD AMBIENTAL.

La investigación es ambientalmente viable, debido a que tiene un impacto ambiental positivo, que promueve la reutilización de residuos orgánicos producidos en las actividades agrícolas (residuos de alfalfa y estiércol de cuy) y reduce el uso de fertilizantes químicos sintéticos, los cuales pueden generar contaminación del suelo y cuerpos de agua.

1.5.3. VIABILIDAD ECONÓMICA.

La investigación es económicamente viable, debido a que los costos de producción del biol son bajos y los insumos necesarios son accesibles en el distrito a un costo reducido.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Hoyos y Ortiz (2024) ejecutaron una pesquisa denominada "Evaluación de la mezcla de biol y microorganismos eficientes en el cultivo de arroz en un suelo de baja oferta nutricional de Montería". Por una parte, esta investigación examinó de qué forma la combinación de biol y organismos microbianos efectivos funcionaba como insumo biológico para la nutrición en plantaciones arroceras bajo condiciones ambientales y edáficas de la región de Buenos Aires, Montería (Hoyos & Ortiz, 2024). Finalmente, los investigadores establecieron que el empleo conjunto de biol y consorcios de microbios efectivos en terrenos de composición arenosa posibilita la minimización de cantidades de abonos químicos (Hoyos & Ortiz, 2024).

Román (2020) realizó una investigación de pregrado. Por lo cual, este trabajo tuvo como meta central comparar la composición nutricional de dos modelos de biol: uno derivado del contenido ruminal bovino y otro obtenido a partir de microorganismos de origen silvestre de zonas elevadas (Román, 2020). Con la aplicación de dos estrategias experimentales diferenciadas, se encontró que el biol elaborado del material ruminal manifestó concentraciones más elevadas de elementos nutrientes macro y micro respecto al preparado con microorganismos montañosos (Román, 2020).

Vélez (2022) desarrolló una tesis de "Evaluación de biol con microorganismos eficientes autóctonos en la producción de plátano de exportación (Musa AAB)". Bajo un esquema experimental de bloques completamente aleatorizados, se probaron cinco concentraciones de biol (0, 50, 100, 150 y 200 mil L⁻¹) (Vélez, 2022). Al evaluar las variables agronómicas, solamente la concentración más elevada (200 mil L⁻¹)

generó incrementos estadísticamente significativos en peso de racimo (12,03 kg) (Vélez, 2022).

Gallegos (2021) presentó una tesis de pregrado denominada "Obtención de Biol a partir de residuos vegetales y animales en un biorreactor comercial". Por una parte, su estudio se enfocó en convertir hojas de mora y excrementos de cuy en biol mediante transformación anaeróbica (Gallegos, 2021). Finalmente, con un rendimiento del 77,67 %, cumplió los criterios de excelencia para abonos de origen orgánico según normativas de Agrocalidad-Ecuador (Gallegos, 2021).

Toalombo (2013) ejecutó una tesis de pregrado titulada "Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.)". Su objetivo consistía en potenciar la producción de mora de Castilla, concluyendo que la administración repetida de biol enriquecido con estiércol de cuy incrementó de forma estadísticamente significativa la emergencia de ramas nuevas y el rendimiento integral (Toalombo, 2013).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

Díaz y Gonzales (2022) prepararon una tesis de pregrado denominada "Obtención de biol a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando microorganismos eficientes, en el distrito de Curiana, Ucayali, Perú". Por lo cual, su investigación identificó los componentes de los materiales desechables de Las Mercedes y evidenció que el 73,43 % del total de 339,5 kg/días recogidos constituía sustancia biodegradable (Díaz & Gonzales, 2022). Con un costo de S/. 0,87 por volumen litro, la totalidad de bioles exhibieron acidez moderada, lo que optimiza la accesibilidad nutriente, y presentaron un balance NPK equiparable al de otros biofertilizantes (Díaz & Gonzales, 2022).

Menacho (2013) presentó una investigación en el cual ensayó cuatro niveles de concentración de EMa (0 %, 5 %, 10 % y 15 %) e instrumentó medidas del período fermentativo: conforme aumentaban las concentraciones, disminuía la duración (35 jornadas al 15 %; 57

jornadas sin EMa) (Menacho, 2013). Por lo cual, el tratamiento con 15% fue el que originó la generación más acelerada y con concentraciones superiores de nitrógeno (0,197 %), potasio (349 ppm) y calcio (1 070 ppm), determinando así la concentración idónea para un fertilizante de estado líquido y características nutricionales sobresalientes (Menacho, 2013).

Zambrano (2021) elaboró una tesis de pregrado titulada "Efecto de los microorganismos efectivos en la calidad del biol". Mediante un esquema factorial completamente aleatorizado empleando 15 biodigestores, cargados con agua, excrementos de cuy, forraje de alfalfa, melaza, polvo mineral, leche, bebida fermentada de maíz y cuatro proporciones de Microorganismos Efectivos (1 %, 2,5 %, 5 % y 10 %), más una unidad testigo sin EM, valoró transcurridos 60 jornadas atributos de aroma, tonalidad, pH, conductividad iónica, materia sólida total, demanda biológica de oxígeno₅, compuestos nitrogenados y microorganismos patógenos fecales (Zambrano, 2021). Se determinó que la concentración más provechosa de EM fue 10 %, aunque niveles intermedios (2,5 % y 5 %) igualmente optimizaron la funcionalidad del biol (Zambrano, 2021).

Díaz (2017), sustentó una tesis de pregrado denominada "Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. *vicus*) en Cajamarca". Por una parte, su investigación contrastó diversos tratamientos biológicos en alfalfa y determinó que la concentración máxima (7,5 mL/L) incrementó la longitud de tallos hasta 90 cm y mejoró la productividad: 2,63 kg con base en peso húmedo y 2,65 % en base deshidratada (Díaz, 2017).

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES.

Marcos (2023), investigó de qué forma los biolíquidos orgánicos enriquecidos con microorganismos efectivos (ME) intervienen en la capacidad productiva y características nutrientes de asociaciones forrajeras. Por lo cual, los hallazgos revelaron que, empleando 1,5 L de

EM por lote, la vegetación alcanzó 0,43 m de medida vertical (Marcos, 2023).

Alvarado (2022) evaluó cómo tres intensidades de concentración de biol enriquecido con ME (5 %, 10 %, 15 %) influyen en la productividad de arveja de color verde. Por ende, el desempeño más favorable correspondió a la intensidad de 15 % de biol con ME, alcanzando promedios de 25,58 vainillas por ejemplar (Alvarado, 2022).

Noreña (2018) ejecutó un proyecto de finalización, utilizando sistemas de digestión semicontinua. Tras el proceso digestivo, el biol alcanzó 4,84 % de componentes deshidratados y 3,92 % de materia biodegradable, con perfiles nutrientes suficientes para su implementación agrícola (Noreña, 2018).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MARCO NORMATIVO.

A. Constitución política del Perú.

Artículo 2.- “toda persona tiene derecho, a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida” (Constitución Política del Perú, 1993).

B. Ley N° 28611, Ley general del ambiente.

Artículo 119.- Respecto al Manejo de los Residuos Sólidos: “la gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o de aquellos con características similares, son de responsabilidad de los gobiernos locales, mientras que la gestión de los residuos distintos a estos, son de responsabilidad del generador” (Ley General del Ambiente, 2005).

C. Decreto supremo N.º 012-2009-MINAM, Política nacional del ambiente.

En el eje "Gestión Comprehensiva de la Excelencia Ambiental" en lo relacionado a desechos sólidos, se fijan orientaciones para:

- “Incrementar la capacidad técnica de administraciones regionales y locales respecto a desechos” (Política Nacional de Ambiental al 2030, 2009).
- “Mejorar los ingresos procedentes de tasas de limpieza y la viabilidad financiera de programas municipales” (Política Nacional de Ambiental al 2030, 2009).

D. Decreto legislativo N.º 1278, Ley de gestión integral de residuos sólidos

Artículo 5.- Criterios Rectores:

- Principio de Aprovechamiento de Residuos: Los desechos sólidos se da preferencia a su reutilización (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).
- Principio de Responsabilidad Compartida (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

Artículo 34.- Segregación en la fuente: “Los generadores de residuos municipales se encuentran obligados a entregar los residuos debidamente segregados a los operadores de residuos sólidos debidamente autorizados o a las municipalidades que presten el servicio” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

Artículo 48.- Formas de valorización: “Constituyen operaciones de valorización material: la reutilización, reciclado, compostaje, recuperación de aceites, bio-conversión, entre otras alternativas que, a través de procesos de transformación física, química, u otros, demuestren su viabilidad técnica, económica y ambiental” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

Artículo 51.- Valorización de los residuos orgánicos municipales: “Las municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes del mantenimiento de áreas verdes y mercados municipales, así como, de ser factible, los residuos orgánicos de origen domiciliario” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

E. Decreto supremo N.º 014-2017-MINAM.

Artículo 11: “el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos es un instrumento técnico, que permite formular estrategias para la segregación en fuente, la recolección selectiva y la participación de las organizaciones de recicladores formalizados” (Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

F. Ley N° 27972, Ley orgánica de municipalidades

Artículo 80: menciona que “las municipalidades distritales son responsables de administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo” (Ley Orgánica de Municipalidades, 2003).

G. Ley N° 26842, Ley general de salud

Artículo 103: “La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que, para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente” (Ley General de Salud, 1997).

2.2.2. NORMAS TÉCNICAS Y/O GUÍAS

A. Guía Práctica para la producción de bioabonos (biol y biosol)

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha formulado y distribuido un documento práctico que explica las ventajas derivadas del aprovechamiento de biol y biosol (MIDAGRI, 2024).

B. Manual técnico para la producción de biofertilizante líquido acelerado.

El Ministerio responsable del desarrollo agroecológico, ha preparado un manual educativo orientado hacia productores rurales y personal técnico especializado (INIA, 2022).

C. NTP 201.206:2018 – Fertilizantes. Productos Orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Requisitos generales y clasificación.

Establece los “requisitos generales y la clasificación de los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo” (NTP 201.206, 2018).

D. NTP 201.210:2025 – Fertilizantes. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abono o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo.

Establece los “los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes” (NTP 201.210, 2025).

E. NTP 201.205:2018 – Fertilizantes. Determinación cuantitativa de micronutrientes en los extractos de abonos por espectrometría de absorción atómica.

Define el “método general para la determinación cuantitativa por medio de la espectrometría de absorción atómica de determinados micronutrientes contenidos en extractos de abonos” (NTP 201.205, 2018).

2.2.3. INSTITUCIONES A NIVEL NACIONAL Y LOCAL

El siguiente cuadro resume las principales instituciones nacionales y locales vinculadas a la gestión de residuos sólidos y la producción de biol:

Tabla 1

Instituciones a nivel nacional y local relacionados con la gestión de residuos sólidos y producción de biol

Ámbito	Actor Institucional	Responsabilidades y Competencias
Nivel nacional	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Organismo máximo rector en materia de residuos; responsable de formular normativas y promover innovaciones técnicas incluyendo tecnologías de producción de biol.

Ámbito	Actor Institucional	Responsabilidades y Competencias
Nivel nacional	Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI)	Orienta la incorporación de abonos fermentados de naturaleza biológica en la agricultura de producción familiar y comunitaria.
Nivel nacional	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)	Diseña y difunde documentos técnicos e innovaciones metodológicas dirigidas a la producción de biol y abonos compostados.
Nivel nacional	Instituto Nacional de Calidad (INACAL)	Órgano emisor de Normas Técnicas Peruanas (NTP) que regulan características y especificaciones de abonos de origen orgánico.
Nivel nacional	Iniciativa de Desarrollo Rural AGRORURAL	Ejecuta iniciativas de desarrollo con sistemas de digestión anaerobia y productos bioensayos dirigidos hacia poblaciones en altitudes superiores.
Nivel nacional	Superintendencia Nacional de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SUNASS)	Incentiva la reutilización de lodos residuales y derivados de naturaleza orgánica en contextos de saneamiento básico comunitario.
Nivel nacional	Organismo de Fiscalización Ambiental (OEFA)	Supervisa la observancia de normativas ambientales en gobiernos municipales y prestadores de servicios de residuos.
Nivel local	Gerencia de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Gobierno Regional de Huánuco	Diseña e implementa directrices regionales para administración de residuos y proporciona orientación técnica a municipalidades territoriales.
Nivel local	Municipalidad Provincial de Huánuco	Gestiona integralmente los residuos sólidos de la provincia y mantiene en operación un centro de transformación de residuos mediante compostaje.
Nivel local	Dirección Regional de Agricultura del	Promueve entre productores locales metodologías agroecológicas modernas y

Ámbito	Actor Institucional	Responsabilidades y Competencias
Nivel local	Departamento de Huánuco	fomenta el aprovechamiento de abonos de procedencia orgánica.
	Mecanismo de Financiamiento PROCOMPITE	Canaliza recursos financieros hacia iniciativas empresariales para manufacturación de biol en centros productivos locales y asociaciones comunitarias.

2.2.4. ANTECEDENTES DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES

La tecnología de microorganismos eficientes (EM) se sustenta en la combinación de tres grupos principales de agentes microbianos: bacterias que realizan fotosíntesis, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras (López, 2019). Para optimizar el desempeño de esta mezcla microbiana, es fundamental mantener el pH por debajo de 3.5 (López, 2019). La preparación de esta solución se realiza mediante procedimientos relativamente sencillos, logrando resultados beneficiosos cuando se aplica en variados contextos ambientales (López, 2019).

2.2.5. MICROORGANISMOS EFICIENTES

La formulación original de los microorganismos eficientes fue desarrollada por el Profesor Doctor Teruo Higa, investigador de la Universidad de Ryukyus ubicada en Okinawa, Japón, durante el año 1980 (Tanya & Leiva, 2019).

A. Tipo de microorganismos eficientes que constituyen la cepa madre

a) Bacterias fototróficas (*rhodopseudomonas spp.*)

Estos organismos presentan autosuficiencia metabólica, aprovechando la radiación solar y el calor emanado del suelo para convertir sustancias derivadas de las raíces, componentes orgánicos del suelo y gases de origen tóxico -como el sulfuro de hidrógeno- en moléculas beneficiosas incluyendo aminoácidos, compuestos nucleotídicos y sustancias bioactivas que estimulan el desarrollo

vegetal (EMRO, 2023). El metabolismo de estas bacterias alimenta de manera directa la zona radical del suelo (EMRO, 2023).

b) Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp.)

El metabolismo de estas bacterias convierte azúcares simples y polisacáridos en ácido láctico, un compuesto con propiedades antimicrobianas sobresalientes (EMRO, 2023). Este ácido posee la capacidad de degradar polímeros complejos como lignina y celulosa, facilitando la eliminación de materia orgánica que resistía la descomposición (EMRO, 2023).

c) Levaduras (*Saccharomyces* spp.)

Estos organismos eucariotas tienen la capacidad de sintetizar compuestos con actividad antimicrobiana y propiedades bioactivas - como fitohormonas y enzimas catalizadoras - utilizando como sustrato los exudados provenientes de raíces y materia orgánica del entorno (EMRO, 2023).

d) Actinomicetos

Estos organismos presentan una estructura celular intermedia entre bacterias y hongos filamentosos (Rivas et al., 2006). Su capacidad fermentativa permite la síntesis de compuestos antimicrobianos (Rivas et al., 2006).

B. Aplicación de los microorganismos eficientes

La aplicación de tecnología EM permite la transformación de desechos de naturaleza orgánica y residuos procedentes de actividades culinarias en producto nutriente para plantas (Rivas et al., 2006).

C. Importancia de los microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes tienen como función principal restaurar y mantener el equilibrio de la comunidad microbiana en el suelo, lo que resulta en mejoramiento de atributos fisicoquímicos del sustrato, incremento de la productividad agrícola y fortalecimiento de los mecanismos de defensa de los cultivos contra factores adversos (Rivas et al., 2006). La implementación de esta tecnología contribuye al logro

de sistemas de producción sostenibles desde el punto de vista ambiental (Rivas et al., 2006).

En las plantas: Beneficios Observables en Plantas

- La tecnología EM produce múltiples efectos benéficos en el desarrollo vegetal.
- Aceleración del proceso germinativo, con incremento sustancial de las tasas de germinación, gracias a acciones hormonales que emulan la función de reguladores de crecimiento como las giberelinas (Ludeña, 2020).
- Estimulación del vigor y expansión de órganos vegetales (tallos y raíces), lo que mejora la viabilidad de las plántulas durante etapas tempranas del desarrollo (Ludeña, 2020).
- Inducción de mecanismos de defensa sistémica contra patógenos de origen biológico y plagas de insectos (Ludeña, 2020).
- Consumo competitivo de sustancias exudadas por raíces, bloqueando acceso a nutrientes que requieren microorganismos causantes de enfermedades (Ludeña, 2020).
- Potenciación de procesos reproductivos (floración y fructificación) y fotosintéticos mediante expansión del área foliar (Ludeña, 2020).

En los suelos: A nivel del suelo, los microorganismos eficientes generan:

- Mejoramiento de atributos estructurales del suelo, incluyendo agregación de partículas, porosidad y capacidad de drenaje (Ludeña, 2020).
- Control biológico de organismos patógenos mediante competencia por espacio y recursos nutritivos (Ludeña, 2020).
- Incremento de la diversidad de la comunidad microbiana autóctona, lo que contribuye a la resiliencia del sistema (Ludeña, 2020).

2.2.6. ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)

A. Taxonomía

La alfalfa forma parte de la familia taxonómica fabaceae, una de las más grandes en el reino vegetal (CIISB, 2019).

B. Morfología

La *Medicago sativa* L. presenta la siguiente estructura:

- **Hojas:** Son Trifoliadas, con peciolo peciolulados, particularmente el central por su mayor longitud. Los folíolos son ovales y alargados (Lloveras et al., 2020).
- **Tallos:** Se definen longitudinalmente por nudos y entrenudos. El tallo principal se ramifica, dando lugar a los tallos primarios, que a su vez se ramifican en secundarios y estos en terciarios (Lloveras et al., 2020).
- **Inflorescencia:** Es un racimo de 10 a 30 flores agrupadas en forma piramidal corta, partiendo de las axilas con un péndulo muy superior a la hoja (Lloveras et al., 2020).
- **Flor:** Es papilionácea de 6 a 10 mm de longitud, compuesta por un estandarte de 11 a 13 mm, alas de 10 mm y carena de 9 mm (Lloveras et al., 2020). El color de las flores es azules o violáceas (Lloveras et al., 2020).
- **Fruto:** Lo conforma una vaina glabra, curvada en espiral con 2 a 4 espiras de 5 a 6 mm de diámetro, de color marrón claro, que puede contener hasta 6 semillas (Lloveras et al., 2020).
- **Semillas:** Es reniforme, aplastada lateralmente y arqueada (formas arriñonadas), su longitud es algo variable de 2 a 2.5 mm de media, por 1.2 a 1.5 mm de anchura (Lloveras et al., 2020).
- **Corona:** Tiene una estructura compleja, une la parte aérea con la raíz. Su posición respecto al suelo puede ser más o menos variable, dependiendo del origen del ecotipo (Lloveras et al., 2020).
- **Raíz:** La alfalfa se caracteriza por tener una robusta raíz pivotante con numerosas raíces secundarias que le permiten profundizar en la tierra (Lloveras et al., 2020).

C. Fisiología de la alfalfa (*medicago sativa l.*)

La fisiología de la alfalfa está determinada por su capacidad de dormancia, su simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, su desarrollo vegetativo y sus fases fenológicas de crecimiento (Mas seeds, 2024).

La dormancia regula el crecimiento estacional y la adaptación climática, mientras que la simbiosis con *Rhizobium* permite la fijación biológica de nitrógeno, mejorando la productividad y persistencia del cultivo (Mas seeds, 2024). El crecimiento de la alfalfa comprende fases vegetativas, iniciación floral, botón floral y floración, siendo el inicio del botón floral una etapa clave para la cosecha de alta calidad (Mas seeds, 2024). Además, la alfalfa es una especie plurianual con alta capacidad de rebrote, cuya persistencia depende del desarrollo del sistema radicular y del manejo agronómico (Mas seeds, 2024).

D. Producción de alfalfa (*medicago sativa l.*) en el Perú

A continuación, se informa la producción de alfalfa en el Perú:

Tabla 2

Producción de alfalfa (medicago sativa l.) en el Perú por departamentos

Departamento	Producción (T)	% de la Producción Nacional
Amazonas	11,299.97	0.14
Ancash	289,379.00	3.69
Apurímac	161,578.45	2.06
Arequipa	2,358,721.19	30.07
Ayacucho	360,078.00	4.59
Cajamarca	199,818.79	2.55
Cuzco	400,491.00	5.11
Huancavelica	226,131.05	2.88
Huánuco	40,154.00	0.51
Ica	102,904.69	1.31
Junín	151,854.51	1.94
La Libertad	222,235.23	2.83
Lambayeque	48,677.60	0.62
Lima	65,823.11	0.84
Moquegua	621,629.67	7.92
Pasco	6,187.81	0.08

Departamento	Producción (T)	% de la Producción Nacional
Piura	6,639.00	0.08
Puno	2,263,428.31	28.85
Tacna	307,759.00	3.92

Fuente: Obtenido de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2024) – Perfil Productivo Regional.

2.2.7. ESTIÉRCOL DE CUY

El cuy, denominado científicamente *cavia porcellus* L., es un roedor herbívoro doméstico de origen andino, con amplia presencia en territorios de América Latina (Montes, 2012).

El residuo excretado por cobayos en estado fresco presenta consistencia blanda y granular (Montes, 2012).

A. Características físicas y químicas

- Coloración: Oscila entre tonos marrones oscurecidos e incluso tonalidades negras cuando alcanza estado de deshidratación completa (Montes, 2012).
- Constitución Textural: Presenta estructura fibrilar y aglomerada, manteniendo características de sequedad cuando se somete a almacenamiento bajo condiciones apropiadas (Montes, 2012).
- Aroma: Exhalación débil luego de procesos de estabilización; intensidad incrementada cuando se encuentra en estado original sin tratamiento (Montes, 2012).
- Composición Elemental:
 - Componente Nitrogenado (N): 1.90 por ciento (Montes, 2012).
 - Óxido Fosfórico (P_2O_5): 0.80 por ciento (Montes, 2012).
 - Óxido Potásico (K_2O): 0.90 por ciento (Montes, 2012).
 - Grado de Alcalinidad (pH): Rango de 6.5 a 7.5 (manifestando reacción levemente ácida hasta neutralidad) (Montes, 2012).

B. Características biológicas

- Presenta elevada capacidad metabólica microbiana posterior a procedimientos de estabilización adecuados (Montes, 2012).

- Puede albergar unidades reproductivas de vegetación adventicia y microorganismos patógenos en ausencia de inactivación térmica (Montes, 2012).
- Enriquece la composición microbiológica del sustrato edáfico (Montes, 2012).
- Estimula la expansión poblacional de oligoquetos en sistemas de transformación mediante lombricultor (Montes, 2012).

C. Usos del estiércol de cuy

Ingrediente para piensos balanceados de ovinos, bovinos y camélidos tras tratamiento previo (Montes, 2012).

- Componente nutritivo en elaboración de alimentos balanceados (Montes, 2012).
- Matriz biológica para generación de biofertilizantes (Montes, 2012).

2.2.8. BIOL – FERTILIZANTE ORGÁNICO

El biol constituye una preparación fertilizante en estado líquido originada del proceso de degradación anaerobia de materia orgánica residual (Quispe, 2021).

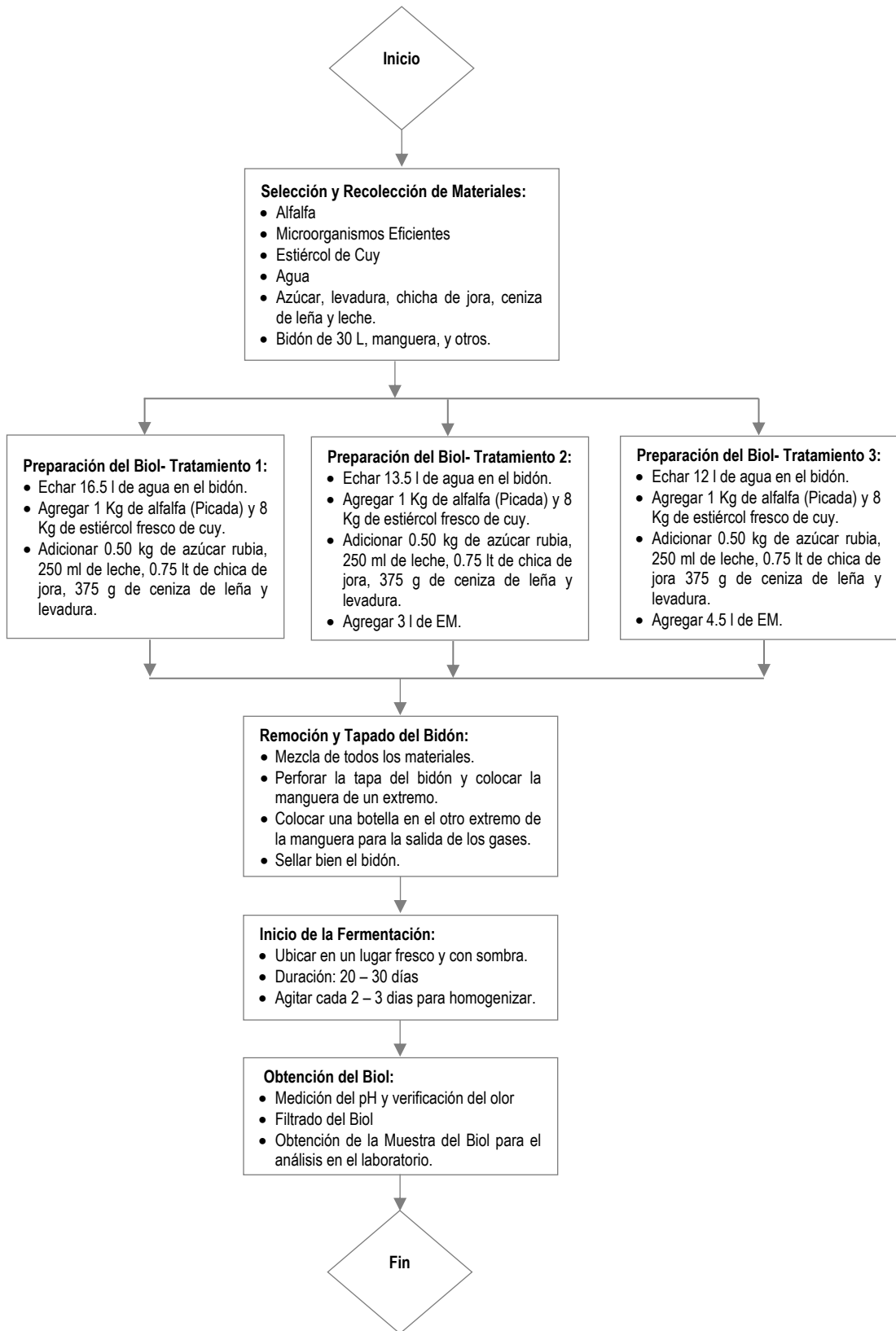
Su función principal radica en actuar como regulador de crecimiento vegetal, catalizando procesos metabólicos vegetales, fortaleciendo la capacidad defensiva contra organismos nocivos y patogénicos (Quispe, 2021).

A. Insumos para preparar biol

- Procedencia Zoológica (Quispe, 2021).
- Procedencia Fitológica: Biomasa herbácea (Quispe, 2021).
- Enriquecedores Minerales: Elementos macro nutricionales y oligoelementos para incrementar potencial nutricional de la mezcla (Quispe, 2021).
- Inóculos Microbianos: Bebida fermentada tradicional (chicha de jora con su carga fúngica) o cultivos comerciales de levaduras seleccionadas (Quispe, 2021).

Figura 1

Flujograma de procesos de elaboración del biol



B. Ventajas del biol

Román indica que el biol ofrece diversos beneficios, entre los que destacan los siguientes (Román, 2020):

- Se prepara con insumos locales que la comunidad suele tener a disposición (Román, 2020).
- La formulación puede ajustarse y cambiar según los recursos con los que cuente el agricultor (Román, 2020).
- Puede elaborarse en el mismo lugar de uso, con un costo reducido (Roman, 2020).
- Aporta nutrientes importantes para el crecimiento radicular, vegetativo y reproductivo, y además ayuda a prevenir plagas y enfermedades (Román, 2020).
- Al provenir de materia orgánica saludable, no produce efectos tóxicos ni genera contaminación ambiental (Román, 2020).
- Su elaboración demanda un menor consumo de energía (Román, 2020).

C. Desventajas del biol

De acuerdo con Román, el biol también presenta ciertas limitaciones (Román, 2020):

- En áreas de gran extensión, su aplicación requiere el uso de mochilas fumigadoras o tanques pulverizadores (Román, 2020).
- El proceso de preparación puede tardar entre uno y tres meses, por lo que exige planificación anticipada (Román, 2020).
- La radiación solar puede deteriorar los recipientes y reducir su tiempo de vida útil (Román, 2020).
- Si la preparación no se realiza de forma adecuada, existe el riesgo de que se desarrollen patógenos (Román, 2020).

2.2.9. DEFINICIONES CONCEPTUALES

A. Ecoeficiencia.

“Empleo racional de materias primas e insumos para optimizar procesos y servicios, procurando reducir al mínimo el impacto ambiental” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

B. Residuos sólidos.

“Cualquier material sólido o semisólido que resulta del consumo o uso de bienes y servicios, y que su poseedor desecha o está obligado a desechar” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

C. Tratamiento.

“Conjunto de procesos, métodos o técnicas orientados a modificar las propiedades físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

D. Procesos de degradación de residuos sólidos orgánicos.

“Es el proceso de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos y otros organismos” (Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

E. Residuos orgánicos.

“Materiales biodegradables capaces de descomponerse” (Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

F. Abono orgánico.

“Productos elaborados a partir de estiércol, compost urbano o rural y otros restos biológicos, cuya efectividad para mejorar la fertilidad” (Román et al., 2013).

G. Anaeróbico.

“Proceso que ocurre en ausencia de oxígeno; en el compostaje, puede retrasar la descomposición y producir olores desagradables” (Román et al., 2013).

H. Bacterias termófilas.

“Microorganismos que se desarrollan en temperaturas altas” (Román et al., 2013).

I. Descomposición.

“Proceso mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica y la convierten en compuestos más simples” (Román et al., 2013).

J. Estiércol.

“Residuo biológico de origen animal que incluye principalmente orina y materia fecal, frecuentemente combinado con restos de plantas” (Román et al., 2013).

K. Materia orgánica.

Acumulación de fragmentos derivados de plantas, fauna y células microbianas en diversos estadios de transformación, además de componentes sintetizados por los seres vivos presentes en el ecosistema edáfico (Román et al., 2013).

L. Microorganismos.

“Entidades biológicas de dimensiones microscópicas, tales como procariontes, hongos filamentosos y unicelulares, protistas y otros grupos similares” (Román et al., 2013).

M. Microorganismos mesófilos.

“Bacterias y hongos que proliferan óptimamente bajo condiciones termales intermedias” (Román et al., 2013).

N. Mineralización.

“Transformación de compuestos orgánicos en elementos nutritivos mineralizados accesibles para la absorción vegetal, mediada por el metabolismo de los agentes microbianos” (Román et al., 2013).

O. Nitrato.

“Forma inorgánica soluble del elemento nitrógeno, propenso a ser arrastrado hacia capas profundas del terreno mediante infiltración de agua” (Román et al., 2013).

P. Nitrógeno

“Macronutriente indispensable en la fisiología vegetal” (Román et al., 2013).

Q. Orgánico

“Sustancia química integrada por moléculas de carbono combinadas con hidrógeno y eventualmente otros átomos” (Román et al., 2013).

R. Patógeno

“Agente microbiológico capaz de provocar afecciones o trastornos funcionales” (Román et al., 2013).

S. Reciclaje de nutrientes

“Movimiento continuo en el que elementos nutritivos en estado orgánico e inorgánico experimentan cambios” (Román et al., 2013).

T. Relación C: N

“Cociente entre la cantidad de carbono y la de nitrógeno en una sustancia” (Román et al., 2013).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_i: La aplicación de microorganismos eficientes mejora significativamente la obtención de biol a partir de alfalfa y estiércol de cuy, incrementando su calidad y beneficios agronómicos en el distrito de Pillco Marca.

H_o: La aplicación de microorganismos eficientes no mejora significativamente la obtención de biol a partir de alfalfa y estiércol de cuy, incrementando su calidad y beneficios agronómicos en el distrito de Pillco Marca.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

H_{i1}: La aplicación de una dosis adecuada de microorganismos eficientes reduce significativamente el tiempo de fermentación del biol.

H₀ 1: La aplicación de una dosis adecuada de microorganismos eficientes no reduce significativamente el tiempo de fermentación del biol.

H_i 2: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes influye significativamente en la concentración de macronutrientes y micronutrientes del biol.

H₀ 2: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes no influye significativamente en la concentración de macronutrientes y micronutrientes del biol.

H_i 3: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes afecta en las características físico-químicas del biol.

H₀ 3: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes no afecta en las características físico-químicas del biol.

H_i 4: La concentración de nutrientes en el biol varía en función de la dosis de microorganismos eficaces activados aplicada.

H₀ 4: La concentración de nutrientes en el biol no varía en función de la dosis de microorganismos eficaces activados aplicada.

Cada proposición nula (H₀) constituye la negación estadística de su correspondiente hipótesis alternativa, postulando la ausencia de efectos significativos en las variables de respuesta analizadas.

2.4. VARIABLES

2.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE:

Biol utilizando alfalfa (medicago sativa l.) y estiércol de cuy.

2.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:

Microorganismos eficientes.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ UM	INSTRUMENTOS
Variable Independiente: Microorganismos eficientes	Comunidad de organismos microscópicos que optimizan la asimilación de nutrientes en la biomasa vegetal, disminuyen incidencias de plagas y patologías, y facilitan la degradación de compuestos orgánicos (Pezo et al., 2019).	Se establece mediante la proporción porcentual y el volumen de agentes microbianos activados incorporados al ciclo fermentativo en la fabricación de biol (Pezo et al., 2019).	Tiempo de Fermentación	Tiempo fermentación (días)	Registro
			Dosificación	Concentración de microorganismos (%)	Registro
Variable Dependiente: Biol utilizando alfalfa (medicago sativa l.) y estiércol de cuy	Descripción Conceptual: Sustancia nutritiva líquida de origen biológico resultante de la descomposición anaeróbica de componentes orgánicos — excrementos de fauna, fragmentos vegetales y componentes complementarios (FAO, 2024).	Descripción Operacional: Se evalúa mediante los parámetros fisicoquímicos y nutrimentales derivados de la aplicación de diferentes cantidades de agentes microbianos (FAO, 2024).	Composición de macronutrientes y micronutrientes	% Macronutrientes	Espectrofotómetro UV-visible; Cromatografía de iones (IC); Destilador Kjeldahl; Fotómetro de emisión
				% Micronutrientes	Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS)
				pH Escala (0–14)	pH-metro

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ UM	INSTRUMENTOS
				Conductividad eléctrica (mS/cm)	Conductímetro digital
			Propiedades físico- químicas	Materia orgánica (%)	Estufa + crisol + balanza (método gravimétrico)
				Color (Escala visual)	Observación directa
				Densidad (g/cm ³)	Balanza + probeta
				Temperatura (°C)	termómetro

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE.

El desarrollo metodológico del estudio adoptó un paradigma epistémico cuantitativo, fundamentado en la recolección sistemática de datos experimentales de naturaleza numérica y su posterior análisis mediante procedimientos estadísticos inferenciales orientados a la contrastación de hipótesis y determinación de patrones de comportamiento en las variables analizadas, conforme lo establecen Sastre (2016) y las directrices metodológicas para investigación científica. La implementación del diseño experimental contempló la aplicación de procedimientos de cuantificación analítica rigurosos, sistemas de medición estandarizados basados en escalas métricas validadas, registro de variables observables bajo condiciones controladas, y la aplicación de técnicas de muestreo probabilístico complementadas con análisis estadísticos multivariados que permitieron establecer relaciones causales entre variables, siguiendo los lineamientos propuestos por Noreña (2018) para investigaciones en ciencias ambientales.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL.

La investigación se caracterizó por poseer un alcance explicativo-causal, orientado a la identificación de los mecanismos subyacentes que determinan los fenómenos estudiados y el establecimiento de relaciones de causalidad entre las variables independientes y dependientes, conforme a los criterios metodológicos establecidos por (Hernández et al., 2014) para estudios experimentales en biotecnología ambiental. En consecuencia, el diseño metodológico permitió evaluar la influencia que ejercen las variaciones en las dosificaciones de consorcios microbiológicos benéficos sobre tres dimensiones críticas del biofertilizante líquido orgánico: (a) la cinética del proceso de biodigestión anaerobia, (b) el perfil nutrimental resultante en términos de

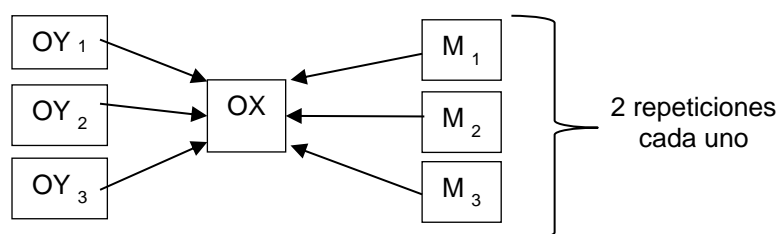
macroelementos y microelementos, y (c) las propiedades fisicoquímicas que determinan su aptitud agronómica, estableciendo correlaciones estadísticamente significativas entre estas variables según lo propuesto por Hernández et al. (2014) en su marco metodológico para investigación experimental.

3.1.3. DISEÑO.

El estudio implementó un diseño experimental de tipo factorial, caracterizado por la manipulación intencional y controlada de la variable independiente (concentraciones diferenciadas de inóculos microbianos efectivos: 0 L, 3 L y 4.5 L por unidad experimental) con el propósito de evaluar sus efectos sobre la variable dependiente (características fisicoquímicas, perfil nutricional y tiempo de fermentación del biofertilizante líquido) bajo condiciones ambientales estandarizadas y estrictamente monitoreadas que garantizaron la validez interna del experimento, siguiendo los principios metodológicos establecidos por Hernández et al. (2014) para diseños experimentales con grupos de comparación y manipulación de variables. La configuración experimental contempló tres tratamientos con dosificaciones diferenciadas más dos réplicas por tratamiento, totalizando seis unidades experimentales que permitieron la aplicación de análisis estadísticos robustos para la contratación de hipótesis y determinación de diferencias significativas entre grupos experimentales.

Figura 2

Diagrama del diseño de investigación



Nota.

- OY 1: grupo de prueba sin agentes microbianos
- OY 2: grupo de prueba con agentes microbianos al 10 %
- OY 3: grupo de prueba con agentes microbianos al 15 %
- OX: materias primas fundamentales (alfalfa y excreta de cobaya)

- M 1, M 2, M 3: muestras procedentes de cada grupo de prueba, examinadas en instalaciones analíticas
- Cada grupo de prueba comprende dos repeticiones para garantizar la precisión de los resultados.

Tabla 4

Matriz experimental del proyecto de investigación

Tratamientos	Repetición 1	Repetición 2
T 0	T 0 R 1	T 0 R 2
T 1	T 1 R 1	T 1 R 2
T 2	T 2 R 1	T 2 R 2

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN.

En esta investigación, el universo estuvo integrado por el pasto *Medicago sativa* y los excrementos de cobaya (*Cavia porcellus* L.) empleados en la síntesis del biol.

3.2.2. MUESTRA.

Las unidades de análisis fueron determinadas mediante el método de selección al azar de mezclas específicas de insumos con distintos porcentajes de agentes microbianos eficaces, conforme al enfoque de muestreo aleatorio (Hernández et al., 2014).

Tabla 5

Número y tamaño de muestras

Tipo de tratamiento	Muestra
Tratamiento sin microorganismos eficientes	T 0
Tratamiento con 10% de microorganismos eficientes	T 1
Tratamiento con 15% de microorganismos eficientes	T 2

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se empleó el muestreo sistemático.

A. Reproducción de la cepa madre de los microorganismos eficientes:

- Mezclar 4 litros de cepa madre con 5 kg de melaza, 40 gr de polvillo de arroz y 44 litros de agua.
- Al día siguiente, incorporar dos cucharadas de levadura.

B. Proceso de elaboración de biol:

a) Tratamiento sin microorganismos

- En un bidón de 30 lt echar 16.5 lt de agua.
- Luego agregar 1 Kg de alfalfa y los 8 Kg de estiércol fresco de cuy.
- Echar 0.5 kg de azúcar rubia.
- Echar 250 ml de leche.
- Echar medio sobre de levadura en polvo.
- 0.75 lt de chica de jora.
- 375 gr de ceniza de leña.
- Posteriormente, remover hasta homogeneizar todos los ingredientes.
- Para facilitar la liberación de gases, perfora la tapa del bidón, introduce la manguera y sállala con soldimix. El otro extremo de la manguera debe colocarse en una botella de agua de un litro.
- Verificar que el bidón este bien sellado y que la manguera permanezca por debajo del nivel de agua de la botella.

El estudio tuvo como finalidad valorar el efecto de diferentes dosis de microorganismos eficientes sobre la calidad del biol preparado con alfalfa y estiércol de cuy en el distrito de Pillco Marca, Huánuco. Para ello, se utilizó un diseño experimental con tres tratamientos y dos repeticiones, evaluándose las variaciones fisicoquímicas, nutricionales y fermentativas mediante muestreo sistemático y protocolos de control durante todo el proceso.

b) Tratamiento con microorganismos al 10%

- En un bidón de 30 lt echar 13.5 lt de agua.
- Luego agregar 1 Kg de alfalfa y los 8 Kg de estiércol fresco de cuy.
- Echar 0.5 kg de azúcar rubia.
- Echar 250 ml de leche.
- Echar medio sobre de levadura en polvo.
- 0.75 lt de chica de jora.
- 375 gr de ceniza de leña.
- Echar 3 Lt de EM.
- Posteriormente, remover hasta integrar todos los componentes.
- Para permitir la salida de los gases, perfora la tapa del bidón, introduce la manguera y sállala con soldimix. El otro extremo de la manguera debe colocarse en una botella de agua de un litro.
- Verificar que el bidón este bien sellado y la manguera quede debajo del nivel de agua de la botella.

c) Tratamiento con microorganismos al 15%

- En un bidón de 30 lt echar 12 lt de agua.
- Luego agregar 1 Kg de alfalfa y los 8 Kg de estiércol fresco de cuy.
- Echar 0.5 kg de azúcar rubia.
- Echar 250 ml de leche.
- Echar medio sobre de levadura en polvo.
- 0.75 lt de chica de jora.
- 375 gr de ceniza de leña.
- Echar 4.5 Lt de EM.
- Posteriormente, remover hasta integrar todos los componentes.
- Para permitir la salida de los gases, perfora la tapa del bidón, introduce la manguera y sállala con soldimix. El otro extremo de la manguera debe colocarse en una botella de agua de un litro.
- Verificar que el bidón este bien sellado y la manguera quede debajo del nivel de agua de la botella.

C. Observación directa

Se utilizó para reconocer cambios visibles en el comportamiento de los microorganismos y en la calidad del biol durante la fermentación.

D. Análisis de laboratorio

Se aplicó para establecer las características fisicoquímicas y la composición nutricional (macro y micronutrientes) del biol obtenido.

3.3.2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Hojas de registro:** Para documentar dosis de EM, pesos, tiempos de fermentación y condiciones ambientales.
- **Equipos de medición:** Se empleó balanza electrónica y medidor digital de pH.

3.4. ASPECTOS ÉTICOS (AUTORIZACIÓN PARA TRABAJAR EN LAS INSTITUCIONES O CONSENTIMIENTO PARA TRABAJAR CON PERSONAS)

No se requirió obtener autorizaciones de organismos institucionales ni consentimiento de personas ajenas al proyecto.

3.5. PLAN DE TRABAJO

3.5.1. PLAN DE TRABAJO

A. Preparación y planificación

Se llevó a cabo una indagación profunda de fuentes bibliográficas referentes a agentes microbianos eficaces y su empleo en sistemas agrarios.

B. Elaboración y aprobación del proyecto de tesis

Se desarrolló el anteproyecto basándose en la temática seleccionada, integrando el análisis crítico de hallazgos previos y referencias bibliográficas pertinentes.

C. Adquisición de materiales y recolección de los insumos

Se realizó el proceso de compra y disponibilidad de químicos reactivos, forraje de alfalfa, excreta de cobaya y otros.

Figura 3

Adquisición y selección de materiales e insumos



Nota: Para dar comienzo al ciclo de elaboración del biol, fue imperativo adquirir y elegir cuidadosamente los siguientes componentes e insumos: pasto alfalfa, agentes microbianos eficaces, excrementos de cobaya, agua destilada, sacarosa, hongos fermentadores, bebida fermentada de grano de maíz, residuo calcinado de combustión vegetal, producto lácteo, recipiente plástico de 30 litros, tuberías de conducción, adhesivos y otros equipos complementarios.

D. Ejecución del proyecto de tesis

Se iniciaron los ciclos de transformación biológica y, paralelamente, se registraron de forma sistemática los indicadores fundamentales indispensables para verificar la validez de las proposiciones planteadas.

Figura 4

Incorporación de mucilago de cacao para preparar el concentrado de EM



Nota: En este proceso se observa el inicio de la elaboración y producción de microorganismos eficientes, destinados a ser utilizados en la preparación del biol. La figura muestra el llenado de un balde con mucilago de cacao, insumo fundamental para el desarrollo de microorganismos.

Figura 5

Incorporación de melaza



Nota: La figura muestra el llenado de melaza a la mezcla, insumo fundamental para la producción de microorganismos.

Figura 6

Incorporación de los microorganismos eficientes



Nota: La figura muestra el llenado de microorganismos eficientes a la mezcla.

Figura 7

Producción de microorganismos eficientes



Nota: La figura muestra el batido de los insumos utilizados en la producción de microorganismos eficientes, proceso que se realizó con el fin de lograr una mezcla uniforme y una combinación homogénea de los componentes.

Figura 8

Microorganismos eficientes



Nota: En la figura se muestran los microorganismos eficientes producidos, listos para ser utilizados en el proceso de elaboración del biol orgánico.

Figura 9

Adecuación de los bidones para el experimento



Nota: En este proceso, se procedió a perforar las tapas de los bidones para insertar una manguera, la cual fue conectada a una botella reciclada de 3 litros. Este mecanismo permite verificar si el proceso de fermentación del biol se encuentra en marcha y, posteriormente, determinar cuándo ha concluido.

Figura 10

Insumos para el proceso de elaboración del biol



Nota: En la figura se observan los insumos que fueron pesados y utilizados en el proceso de elaboración del biol.

Figura 11

Pesado de los insumos de alfalfa y estiércol de cuy



Nota: En este proceso se procedió a pesar los insumos de alfalfa y estiércol de cuy, los cuales fueron utilizados en las diferentes muestras.

Figura 12

Pesado de los insumos de azúcar y cenizas de leña



Nota: En este proceso se procedió a pesar los insumos de azúcar y ceniza de leña, los cuales fueron utilizados en las diferentes muestras.

Figura 13

Pesado de la levadura



Nota: En este proceso se procedió a pesar la levadura, el cual fue utilizado en las diferentes muestras.

Figura 14

Incorporación de estiércol de cuy en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 8 kilogramos de estiércol de cuy.

Figura 15

Incorporación de leche en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 250 mililitros de leche.

Figura 16

Incorporación de chicha de jora en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 750 mililitros de chicha de jora.

Figura 17

Incorporación de levadura en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 375 gramos de levadura.

Figura 18

Incorporación de azúcar en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 500 gramos de azúcar.

Figura 19

Incorporación de alfalfa en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 1 kilogramo de alfalfa picada.

Figura 20

Incorporación de cenizas en todos los tratamientos



Nota: En este proceso para las muestras con los códigos T 0 R 1, T 0 R 2, T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2, se incorporó 375 gramos de cenizas de leña.

Figura 21

Incorporación de microorganismos eficientes en todos los tratamientos



Nota: En este proceso, las muestras con los códigos T 0 R 1 y T 0 R 2 no recibieron la incorporación de microorganismos eficientes. En las muestras T 1 R 1 y T 1 R 2 se adicionaron 3 litros de EM, mientras que en las muestras T 2 R 1 y T 2 R 2 se incorporaron 4,5 litros de microorganismos eficientes.

Figura 22

Preparación del tratamiento 0 para la elaboración del biol



Nota: En la figura se observa el proceso de elaboración del biol orgánico correspondiente al tratamiento 0, en el cual se aplicó un mismo tratamiento experimental con dos réplicas, con el propósito de asegurar la validez y confiabilidad de los resultados.

Figura 23

Preparación del tratamiento 1 para la elaboración del biol



Nota: En la figura se observa el proceso de elaboración del biol orgánico correspondiente al tratamiento 1, en el cual se aplicó un mismo tratamiento experimental con dos réplicas, con el propósito de asegurar la validez y confiabilidad de los resultados.

Figura 24

Preparación del tratamiento 2 para la elaboración del biol



Nota: En la figura se observa el proceso de elaboración del biol orgánico correspondiente al tratamiento 2, en el cual se aplicó un mismo tratamiento experimental con dos réplicas.

Figura 25

Ubicación de los tratamientos en un espacio acondicionado



Nota: En la figura se observa la ubicación de los bidones que contienen la mezcla y el preparado para la elaboración del biol, los cuales fueron colocados en un espacio adecuado y acondicionado, con sombra, para dar inicio a su tratamiento.

Figura 26

Bidones listos para el inicio de elaboración del biol



Nota: En la figura se observa la ubicación de todos los bidones con sus respectivos códigos, los cuales permiten identificar el tipo de tratamiento aplicado.

E. Monitoreo y Recolección de Datos

Monitoreo directo del proceso de fermentación, con toma duplicada de muestras de cada tratamiento en diferentes momentos. Las muestras se enviaron a un laboratorio especializado para analizar sus propiedades físico-químicas.

Figura 27

Monitoreo de los parámetros físicos



Nota: En esta etapa del proceso, se realizó la medición de la temperatura ambiente y la humedad del biol orgánico.

Figura 28

Verificación de la trampa de gases



Nota: En este proceso se verifico la presencia de burbujas en la botella con agua; si no se observan, significa que el biol se encuentra en la etapa de maduración.

Figura 29

Biol orgánico producido



Nota: En la figura se observa el biol orgánico en su etapa de maduración, listo para ser utilizado en los diferentes cultivos desarrollados en el distrito de Pillco Marca.

Figura 30

Recolección de las muestras de los diferentes tratamientos



Nota: En la figura se observa la recolección de muestras de biol orgánico provenientes de los diferentes tratamientos aplicados durante la ejecución del proyecto de investigación.

Figura 31

Proceso de colado del biol orgánico



Nota: En la figura se observa el colado de las muestras de biol orgánico provenientes de los diferentes tratamientos realizados. Este proceso se lleva a cabo con el fin de separar los sólidos y obtener únicamente el líquido, eliminando los restos de insumos utilizados en las etapas anteriores.

Figura 32

Obtención de la muestra del tratamiento (T 0 R 1)



Nota: En la figura se observa la obtención de la muestra correspondiente al tratamiento con código T 0 R 1 (Tratamiento Cero y Repetición Uno), la cual fue envasada en su respectivo recipiente (botella) debidamente codificado, para posteriormente ser enviada al laboratorio y realizar el análisis correspondiente.

Figura 33

Obtención de la muestra del tratamiento (T 0 R 2)



Nota: En la figura se observa la obtención de la muestra correspondiente al tratamiento con código T 0 R 2 (tratamiento cero y repetición dos).

Figura 34

Obtención de la muestra del tratamiento (T 1 R 1)



Nota: En la figura se observa la obtención de la muestra correspondiente al tratamiento con código T 1 R 1 (tratamiento uno y repetición uno), la cual fue envasada en su respectivo recipiente debidamente codificado.

Figura 35

Obtención de la muestra del tratamiento (T 1 R 2)



Nota: En la figura se observa la obtención de la muestra correspondiente al tratamiento con código T 1 R 2 (tratamiento uno y repetición dos), la cual fue envasada en su respectivo recipiente debidamente codificado.

Figura 36

Obtención de la muestra del tratamiento (T 2 R 1)



Nota: En la figura se observa la obtención de la muestra correspondiente al tratamiento con código T 2 R 1 (tratamiento dos y repetición uno), la cual fue envasada en su respectivo recipiente debidamente codificado.

Figura 37

Obtención de la muestra del tratamiento (T 2 R 2)



Nota: En la figura se observa la obtención de la muestra correspondiente al tratamiento con código T 2 R 2 (tratamiento dos y repetición dos), la cual fue envasada en su respectivo recipiente debidamente codificado.

Figura 38

Las muestras de biol en el laboratorio



Nota: En la figura se observan las muestras recolectadas de los diferentes tratamientos de elaboración de biol orgánico. En el laboratorio se procedió a la medición de macronutrientes, micronutrientes, pH, conductividad eléctrica, entre otros parámetros, con el fin de garantizar la calidad del biol orgánico obtenido.

F. Análisis de Datos y elaboración de Informe Final de la Investigación

Tras recopilar la información referente, se llevó a cabo los análisis estadísticos para comprobar la validez de la hipótesis de investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

Con el fin de proseguir con la ejecución del proyecto y contrastar las hipótesis formuladas, se realizó la toma de muestras en diferentes momentos, ya que algunos tratamientos alcanzaron la maduración en menor tiempo que otros. En particular, los tratamientos T 0 R 1 y T 0 R 2 requirieron 36 días para madurar; por su parte, los tratamientos T 1 R 1 y T 1 R 2 alcanzaron dicho estado en 28 y 26 días, respectivamente. Los tratamientos T 2 R 1 y T 2 R 2 alcanzaron su maduración en solo 18 días.

4.1.1. MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS EN EL LABORATORIO

La Tabla 6 presenta los procedimientos y equipos empleados para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, así como de macronutrientes y micronutrientes, en las muestras provenientes de los distintos tratamientos.

Tabla 6

Métodos analíticos usados en el análisis de las muestras

Ítem	Característica	Método
01	Extracto	Vía Seca Digestión Ácida – HCl Espectrofotometría
02	Determinación de Macroelementos: Ca, Mg, K, Na	Absorción Atómica Varían Alemania Metavanadato (Amarillo del Vanadato)
03	Determinación de Fósforo	Molibdato) Espectro UV Visible - Hermo Scientific Usa
04	Determinación de Azufre	Turbidimetría del Sulfato de Bario Espectro UV Visible - Hermo Scientific Usa Método Espectrofotometría de Absorción
05	Cadmio Total y Plomo Total	Atómica Equipo Marca Varían Procedencia Austria

Ítem	Característica	Método
		Neutralización Acida
06	Carbonatos	HCl 0.5n Naoh 0.25n
07	Ph	pH-Metro Isolab Alemania
08	Humedad	Estufa 105° C Memert Alemania
09	Cenizas	Mufla 660° C Therm Concept Alemania
10	Determinación De Microelementos: Fe, Mn, Zn, Cu	Espectrofotometría Absorción Atómica Varian Alemania Colorimetría Con
11	Determinación De Boro	Azometina-H Espectro Uv Visible - Thermo Scientific Usa
12	N Total	Kjendhal Buchi Alemania
13	Nitrógeno Amoniacal Y De Nitratos	Nte Inen 0226: Fertilizantes.
14	Conductividad Eléctrica dS/m	Proporción Agua: Muestra 2:1

Nota: En la tabla se describen los métodos analíticos aplicados para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, macronutrientes y micronutrientes de las muestras obtenidas en los diferentes tratamientos.

4.1.2. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL BIOL

En la Tabla 7 se presentan las características del biol para los distintos tratamientos. Se aprecia que, cuando se aplican dosis más altas de microorganismos eficaces activados (como en T 1 R 1 y T 1 R 2), se obtienen los mayores valores de densidad (1.04 g/cm³ y 1.03 g/cm³), pH (5.31 y 5.30) y conductividad eléctrica (37.70 mS/cm y 38.80 mS/cm), lo que indica una mayor concentración de materia orgánica y sales solubles, probablemente debido a una mayor actividad microbiana durante la fermentación.

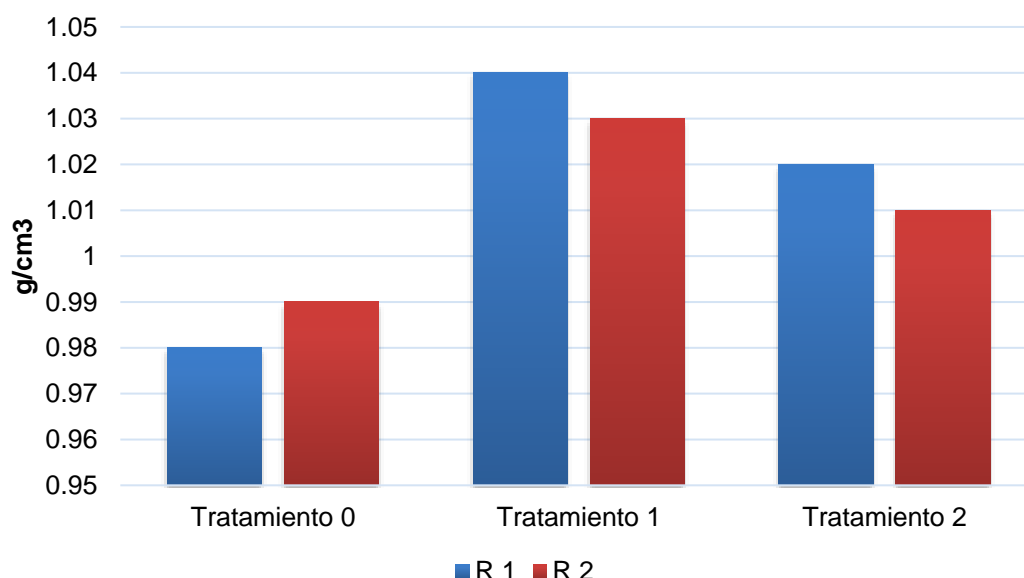
Tabla 7*Resultados de los parámetros fisicoquímicos*

Código	Dato	COLOR	DENSIDAD (g/cm ³)	TEMPERATURA (°C)	pH	CE (mS/cm)
E 25-0284	T 0 R 1	Marrón	0.98	25.20	5.24	19.17
E 25-0285	T 0 R 2	Marrón	0.99	25.20	5.20	19.10
E 25-0288	T 1 R 1	Marrón oscuro	1.04	25.30	5.31	37.70
E 25-0289	T 1 R 2	Marrón oscuro	1.03	25.30	5.30	38.80
E 25-0286	T 2 R 1	Marrón oscuro	1.02	25.80	5.30	35.30
E 25-0287	T 2 R 2	Marrón oscuro	1.01	25.80	5.30	37.60

Nota: En la tabla se consignan los resultados fisicoquímicos obtenidos en laboratorio, los cuales permiten sustentar y verificar la hipótesis planteada.

* R 1 = Repetición 1 y R 2 = Repetición 2

En la Figura 39 se evidencia que el Tratamiento 1 alcanza la mayor densidad: 1.04 g/cm³ (R 1) y 1.03 g/cm³ (R 2), lo que indica una mayor concentración de materia orgánica o sólidos disueltos en estos tratamientos, posiblemente debido a una mayor dosis de microorganismos eficaces activados.

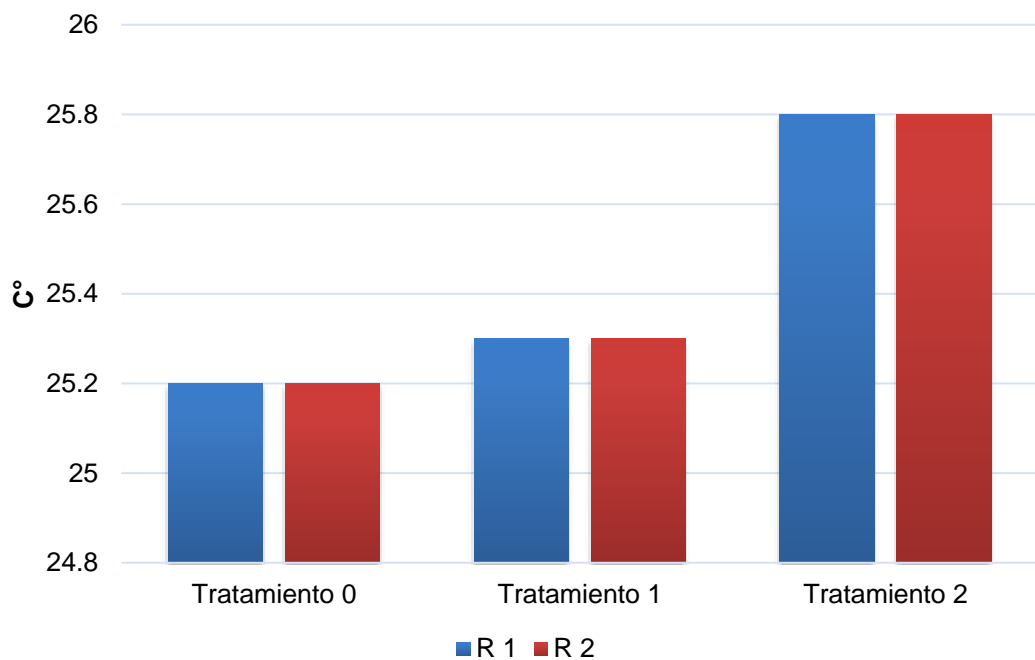
Figura 39*Resultados de densidad del biol.*

Nota: En la figura se muestran los resultados de la densidad del biol según tratamiento y repetición.

La Figura 40 muestra que los tratamientos T 0 y T 1 presentan temperaturas equivalentes a 25.2 y 25.3 °C en R 1 y R 2, mientras que el Tratamiento 2 registra la temperatura más alta (25.8 °C). Este incremento podría asociarse a mayor actividad microbiana o a una dosis superior de microorganismos eficaces, con variaciones mínimas entre repeticiones.

Figura 40

Resultados de temperatura del biol

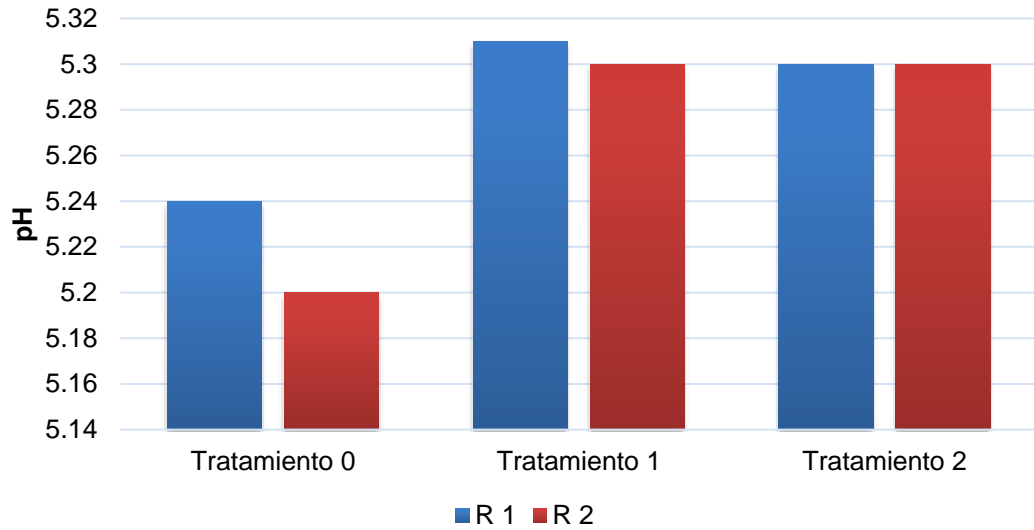


Nota: En la figura se muestran los resultados de la temperatura del biol.

Según la Figura 41, el Tratamiento 1 presenta el pH más elevado, con 5.31 (R 1) y 5.30 (R 2), indicando una acidez leve, relativamente cercana a la neutralidad.

Figura 41

Resultados del pH del biol

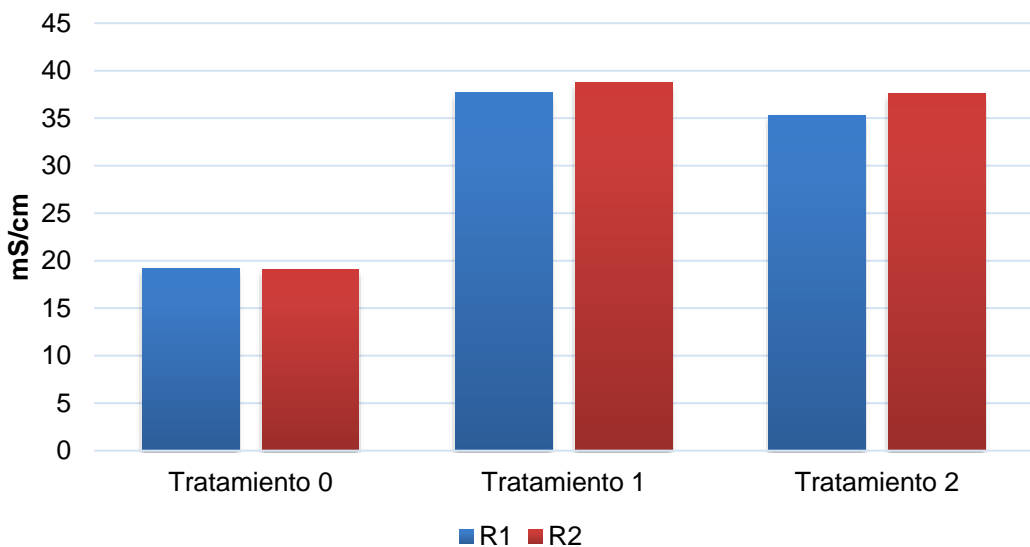


Nota: En la figura se muestran los valores de pH del biol por tratamiento y repetición.

En la Figura 42 se observa que el Tratamiento 1 alcanza las mayores conductividades eléctricas: 37.7 mS/cm (R 1) y 38.8 mS/cm (R 2). El Tratamiento 2 presenta CE ligeramente menor: 35.3 mS/cm (R 1) y 37.6 mS/cm (R 2), manteniendo, no obstante, una concentración importante de sales.

Figura 42

Resultados de la conductividad eléctrica del biol



Nota: En la figura se presentan los resultados de conductividad del biol por tratamiento y repetición.

4.1.3. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN BASE HÚMEDA DEL BIOL

La Tabla 8 reúne los resultados fisicoquímicos del biol en base húmeda. Se advierte que los tratamientos con mayores dosis de microorganismos activados (T 1 R 1, T 1 R 2, T 2 R 1 y T 2 R 2) registran incrementos en materia orgánica, carbono, nitrógeno y cenizas, lo que evidencia un mejor perfil nutricional.

Tabla 8

Resultados fisicoquímicos en base húmeda

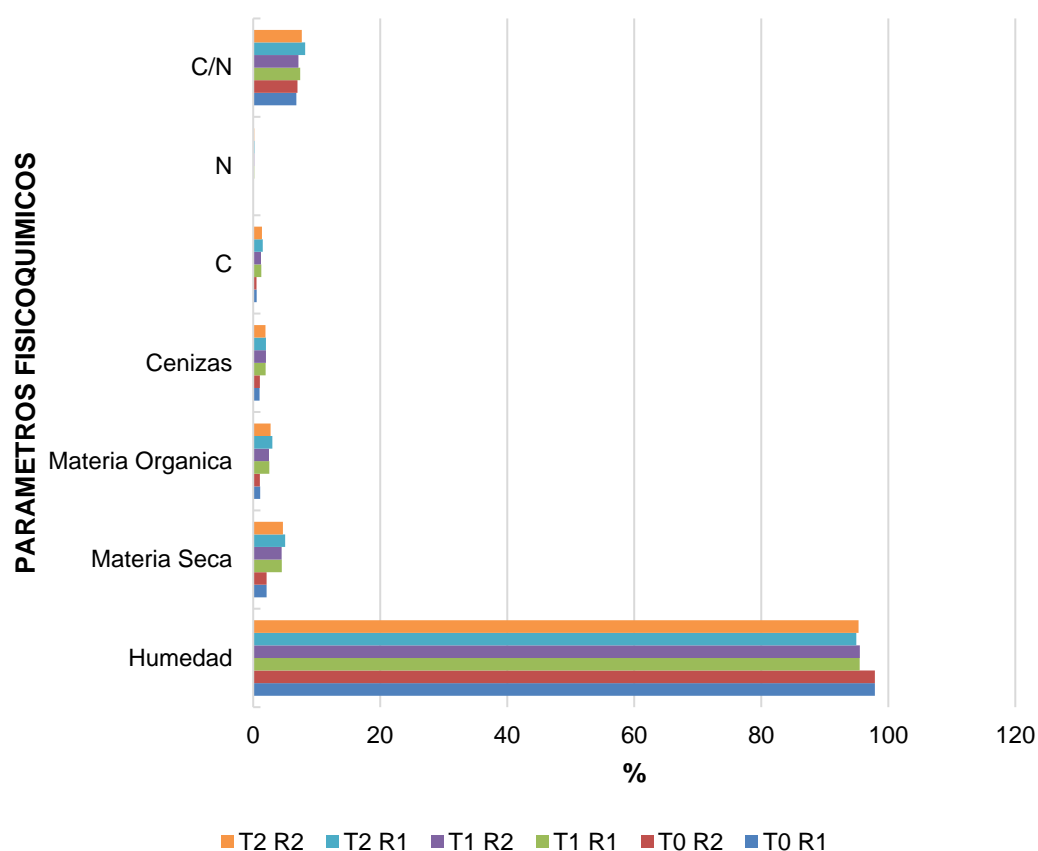
Código	Dato	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	C/N
E 25-0284	T 0 R 1	97.89	2.11	1.10	1.01	0.552	0.081	6.79
E 25-0285	T 0 R 2	97.89	2.11	1.05	1.05	0.527	0.076	6.98
E 25-0288	T 1 R 1	95.50	4.50	2.54	1.96	1.272	0.172	7.39
E 25-0289	T 1 R 2	95.52	4.48	2.48	2.00	1.238	0.174	7.13
E 25-0286	T 2 R 1	94.97	5.03	3.02	2.01	1.510	0.185	8.17
E 25-0287	T 2 R 2	95.32	4.68	2.74	1.94	1.369	0.179	7.64

Nota: En la siguiente tabla se presentan los resultados fisicoquímicos en base húmeda obtenidos en el laboratorio.

La Figura 43 muestra que T 0 R 1 y T 0 R 2 presentan la mayor humedad (97.89%), pero los valores más bajos de materia orgánica, carbono y nitrógeno, lo que evidencia menor efectividad frente a los tratamientos con microorganismos eficientes. En conjunto, T 2 R 1 destaca por su mejor desempeño fisicoquímico, posicionándose como el tratamiento más adecuado como biofertilizante.

Figura 43

Resultados de los parámetros fisicoquímicos del biol en base húmeda



Nota: En la figura se muestran las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del biol en base húmeda por tratamiento.

4.1.4. RESULTADOS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN BASE SECA DEL BIOL.

En la Tabla 9 observa que los tratamientos con mayor dosis de microorganismos eficientes —especialmente T 2 R 1 y T 2 R 2— presentan concentraciones superiores de materia orgánica, carbono y nitrógeno.

Tabla 9

Resultados fisicoquímicos en base seca

Código	Dato	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	C/N
E 25-0284	T 0 R 1	52.27	47.73	26.136	3.848	6.79
E 25-0285	T 0 R 2	50.00	50.00	25.000	3.584	6.98
E 25-0288	T 1 R 1	56.52	43.48	28.261	3.826	7.39
E 25-0289	T 1 R 2	52.27	47.73	27.660	3.878	7.13

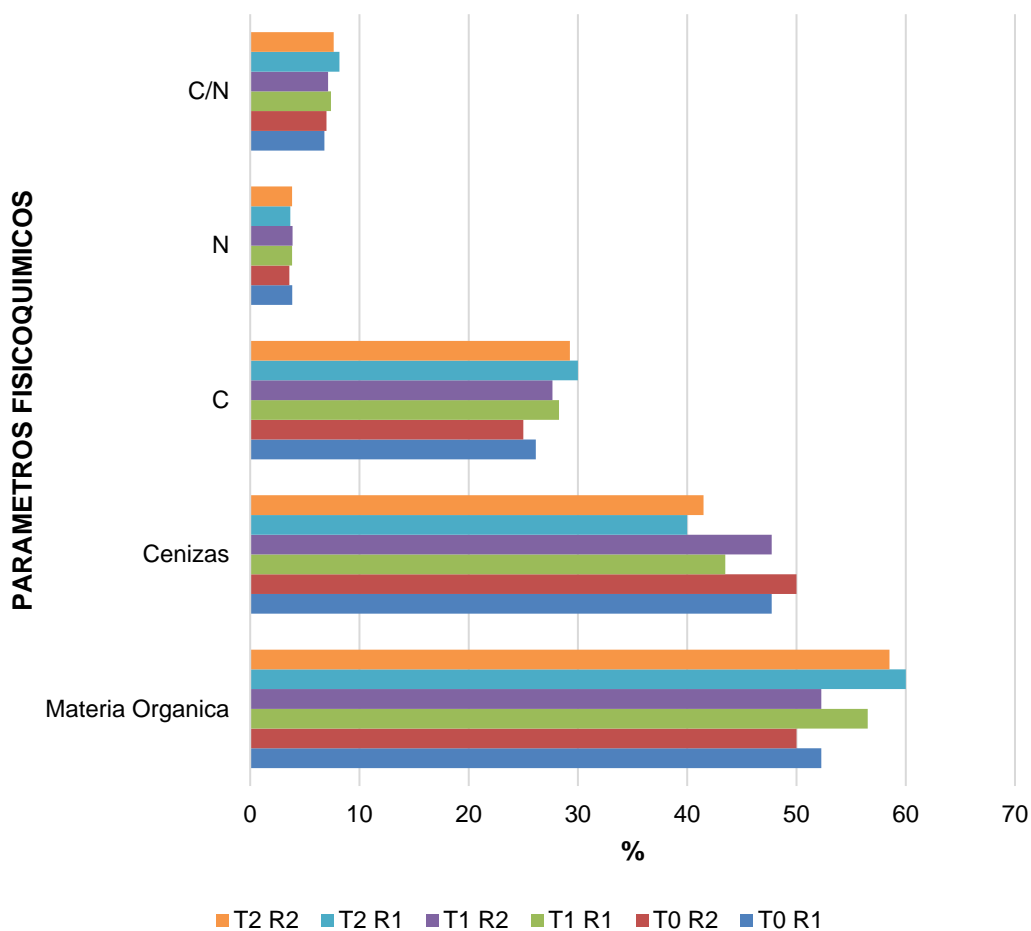
Código	Dato	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	C/N
E 25-0286	T 2 R 1	60.00	40.00	30.000	3.672	8.17
E 25-0287	T 2 R 2	58.51	41.49	29.255	3.830	7.64

Nota: En la tabla se presentan los resultados fisicoquímicos en base seca obtenidos en laboratorio.

La Figura 44 muestra que T 2 R 1 presenta el mayor contenido de materia orgánica (60 %), seguido de T 2 R 2 (58.51 %). En T 2 R 2 se registran 29.25 % de carbono, 3.83 % de nitrógeno y una relación C/N de 7.64. En contraste, T 0 R 1 y T 0 R 2 presentan los valores más bajos en los parámetros evaluados. En conjunto, los tratamientos con mayor dosis de microorganismos eficientes generan bioles de mejor calidad.

Figura 44

Resultados de parámetros fisicoquímicos del biol en base seca



Nota: En la figura se muestran las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del biol en base seca entre tratamientos.

4.1.5. RESULTADOS DE NUTRIENTES

A. Resultados de los Parámetros de Macronutrientes del Biol

En la Tabla 10 se evidencia que, cuando se emplean dosis más altas de microorganismos eficaces activados, como en los tratamientos T 1 R 1 y T 2 R 2, se obtienen mayores concentraciones de fósforo (P_2O_5), calcio (Ca) y potasio (K).

Tabla 10

Resultados de macronutrientes del biol orgánico

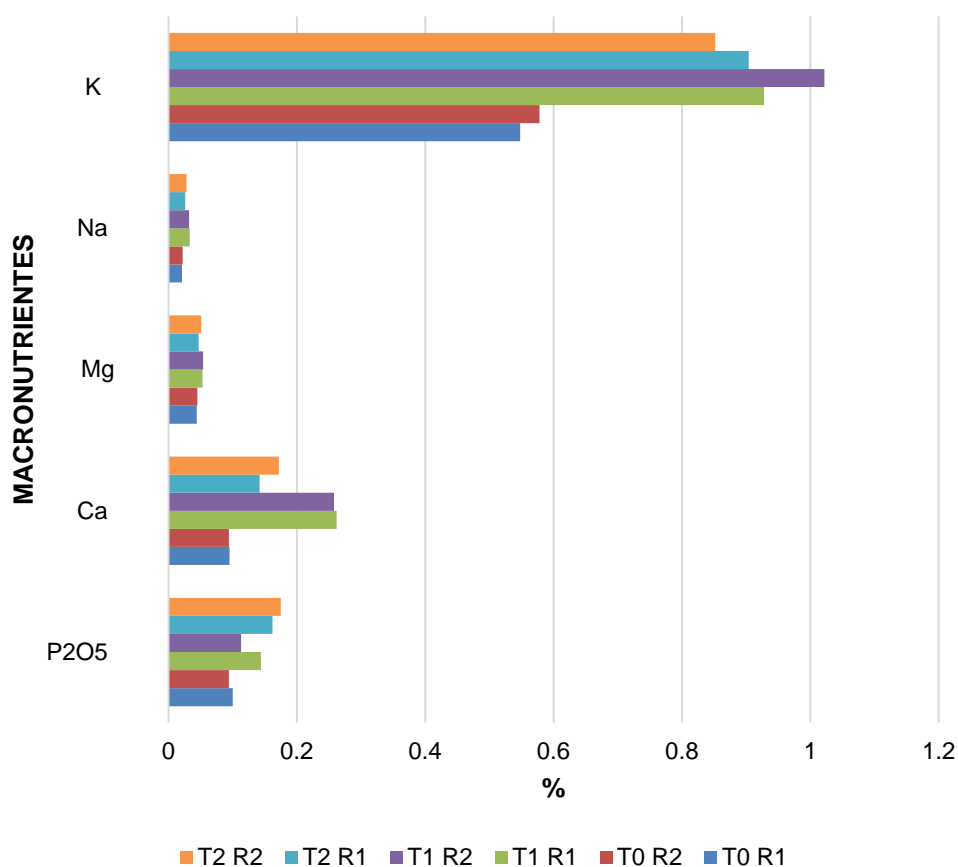
Código	Dato	P_2O_5 (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)
E 25-0284	T 0 R 1	0.100	0.095	0.044	0.021	0.548
E 25-0285	T 0 R 2	0.094	0.094	0.045	0.022	0.578
E 25-0288	T 1 R 1	0.144	0.262	0.053	0.033	0.928
E 25-0289	T 1 R 2	0.113	0.258	0.054	0.032	1.022
E 25-0286	T 2 R 1	0.162	0.142	0.047	0.026	0.904
E 25-0287	T 2 R 2	0.175	0.172	0.051	0.028	0.852

Nota: En la siguiente tabla se presentan los resultados de macronutrientes obtenidos a partir de las muestras recolectadas en los diferentes tratamientos ejecutados en el proyecto.

La Figura 45 muestra que T 1 R 1 y T 1 R 2 presentan las mayores concentraciones de macronutrientes, destacando fósforo ($P_2O_5 = 0.144$ % en T 1 R 1) y calcio (Ca = 0.262 % en T 1 R 1). En contraste, T 0 R 1 y T 0 R 2 registran las menores concentraciones, con valores como $P_2O_5 = 0.094$ % en T 0 R 2 y Ca = 0.095 % en T 0 R 1. Estos resultados evidencian un mejor aporte nutricional en los tratamientos con microorganismos eficientes.

Figura 45

Resultados de macronutrientes del biol



Nota. En la figura se presentan los resultados de los macronutrientes del biol.

B. Resultados de Parámetros de Micronutrientes del Biol.

En la Tabla 11 se observa que el tratamiento T 1 R 1 alcanza la mayor concentración de zinc, mientras que los tratamientos T 2 R 1 y T 2 R 2 registran las concentraciones más elevadas de hierro, con el valor máximo en T 2 R 1.

Tabla 11

Resultados de micronutrientes del biol orgánico

Código	Dato	Zn mg/L	Fe mg/L	Cu mg/L	Mn mg/L
E 25-0284	T 0 R 1	4.26	37.98	2.16	14.40
E 25-0285	T 0 R 2	4.34	42.96	1.98	10.00
E 25-0288	T 1 R 1	7.41	52.52	0.94	20.00
E 25-0289	T 1 R 2	7.08	51.50	0.98	22.00
E 25-0286	T 2 R 1	6.12	74.44	1.56	24.00

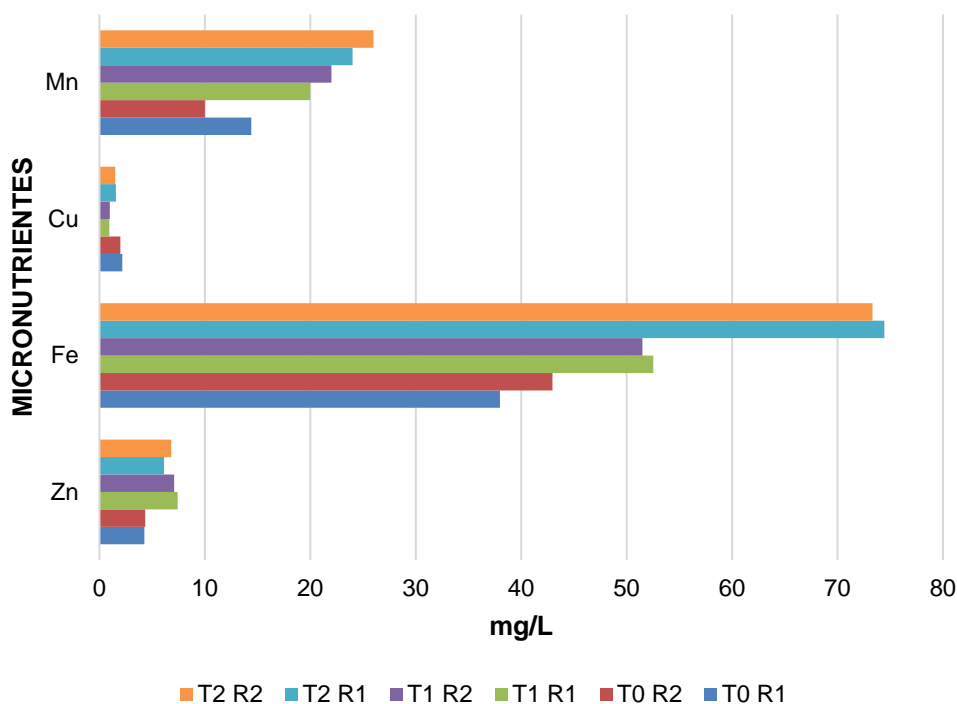
Código	Dato	Zn mg/L	Fe mg/L	Cu mg/L	Mn mg/L
E 25-0287	T 2 R 2	6.81	73.32	1.49	26.00

Nota: En la tabla se presentan los resultados de micronutrientes obtenidos a partir de las muestras recolectadas en los diferentes tratamientos ejecutados en el proyecto

La Figura 46 muestra que T 1 R 1 y T 1 R 2 presentan las mayores concentraciones de zinc (7.41 y 7.08 mg/L, respectivamente). En hierro, cobre y manganeso destacan T 2 R 1 y T 2 R 2, con Fe de hasta 74.44 mg/L, Cu de 1.56 mg/L y Mn de 26.00 mg/L. En conjunto, T 2 R 1 y T 2 R 2 sobresalen por su mayor contenido de Fe, Cu y Mn, mientras que T 1 R 1 y T 1 R 2 se caracterizan por mayores concentraciones de Zn.

Figura 46

Resultados de micronutrientes del biol



Nota: En la figura se presentan los resultados de los micronutrientes del biol orgánico.

Por una parte, la hipótesis planteada fue la siguiente: ***La concentración de nutrientes en el biol varía en función de la dosis de microorganismos eficaces activados aplicada.***

Los resultados obtenidos en macronutrientes y micronutrientes respaldan la hipótesis formulada. Se evidencia que los tratamientos con

mayores dosis de microorganismos eficaces activados, como T 1 R 1 y T 1 R 2, alcanzan concentraciones más altas de nutrientes esenciales.

4.1.6. RESULTADOS DE TIEMPO DE FERMENTACIÓN DEL BIOL.

Según la Tabla 12, el biol orgánico elaborado sin la incorporación de microorganismos eficaces activados —tratamientos T 0 R 1 y T 0 R 2— requirió 36 días para completar la fermentación.

Tabla 12

Resultados del tiempo de fermentación del biol orgánico

Tratamiento	Tiempo (días)	Dosis (L)
T 0 R 1	36	0
T 0 R 2	36	0
T 1 R 1	28	3
T 1 R 2	26	3
T 2 R 1	18	4.5
T 2 R 2	18	4.5

Nota: En la siguiente tabla se observa los resultados del tiempo de fermentación.

4.2. RESULTADOS INFERENCIALES

4.2.1. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS

Para cumplir con la prueba de normalidad se debe de cumplir con dos criterios:

- P – Valor $\Rightarrow \alpha \rightarrow$ Los datos provienen de una distribución normal
- P – Valor $< \alpha \rightarrow$ Los datos No provienen de una distribución normal

En la Tabla 13 se consignan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, empleada para verificar si el tiempo de fermentación se distribuye normalmente.

Tabla 13

Prueba de normalidad del tiempo de fermentación del biol orgánico

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
TIEMPO DE FERMENTACIÓN	,866	6	,211

Nota: Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras.

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los parámetros de macronutrientes y micronutrientes del biol. Los elementos evaluados (fósforo, calcio, magnesio, sodio, potasio, zinc, hierro, cobre y manganeso) presentan significancias superiores a 0.05.

Tabla 14

Prueba de normalidad de macronutrientes y micronutrientes

	Parámetros	Estadístico	gl	Sig.
Macronutrientes	Fosforo	,912	6	,449
	Calcio	,862	6	,195
	Magnesio	,906	6	,409
	Sodio	,923	6	,529
	Potasio	,866	6	,212
	Zinc	,849	6	,153
Micronutrientes	Hierro	,882	6	,277
	Cobre	,917	6	,484
	Manganeso	,935	6	,619

Nota: Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras.

La Tabla 15 presenta los resultados de la evaluación de normalidad en los datos, donde la materia orgánica tiene un nivel de significancia de 0.081 y la densidad uno de 0.801, ambos por encima del umbral de 0.05.

Para el pH (0.032), la conductividad eléctrica (0.012), el color (0.001) y la temperatura (0.017), los niveles de significancia están por debajo de 0.05.

Tabla 15

Prueba de normalidad de las características fisicoquímicas del biol

Parámetros	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
pH	,771	6	,032
Conductividad Eléctrica	,728	6	,012
Materia Orgánica	,816	6	,081
Color	,640	6	,001
Densidad	,958	6	,801
Temperatura	,743	6	,017

Nota: Se usa la prueba de Shapiro – Wilk porque es para menor a 30 muestras.

4.2.2. APLICACIÓN DE LA PRUEBA ESTADÍSTICO PARA LA COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

H₁₁: La aplicación de una dosis adecuada de microorganismos eficientes reduce significativamente el tiempo de fermentación del biol.

Para confirmar la primera hipótesis específica del trabajo, se registró el tiempo de fermentación en cada una de las preparaciones.

Tabla 16

Aplicación de la prueba estadístico para la comprobación de la primera hipótesis específica

TIEMPO DE FERMENTACIÓN	
Chi-cuadrado	7,385
gl	2
Sig. asintót.	,025
a. Prueba de Kruskal-Wallis	
b. Variable de agrupación: TRATAMIENTOS	

Nota:

- Si $p < 0.05$, se rechaza $H_0 \rightarrow$ Hay diferencias significativas entre tratamientos \rightarrow La dosis de EM sí reduce el tiempo de fermentación.
- Si $p \geq 0.05$, no se rechaza $H_0 \rightarrow$ No hay diferencias significativas entre tratamientos \rightarrow La dosis de EM no influye en el tiempo de fermentación.

En la Tabla 16, el chi-cuadrado alcanza 7.385 y el p es 0.025, inferior al límite de 0.05. Esto permite descartar la hipótesis nula (H_0) y afirmar que hay diferencias relevantes entre las variantes. Así, los datos respaldan que la cantidad de microorganismos eficaces activados sí disminuye de forma significativa el periodo de fermentación del biol.

H_{i 2}: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes influye significativamente en la concentración de macronutrientes y micronutrientes del biol.

Para validar la segunda hipótesis específica del estudio, se tomaron muestras de biol de todas las preparaciones y se enviaron al laboratorio para examinarlas.

Tabla 17*Aplicación de la prueba estadístico para la comprobación de la segunda hipótesis específica*

Macronutrientes y Micronutrientes	Fosforo	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Zinc	Hierro	Cobre	Manganeso
Chi-cuadrado	2,400	7,261	7,200	7,261	7,200	7,200	7,200	7,200	1,156
gl	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. asintót.	,301	,027	,027	,027	,027	,027	,027	,027	,027
a. Prueba de Kruskal-Wallis									
b. Variable de agrupación: TRATAMIENTOS									

En la Tabla 17 se detallan los datos de la prueba de Kruskal-Wallis, que busca establecer si las variadas cantidades de microorganismos eficaces activados tienen un efecto notable.

Los valores de chi-cuadrado muestran $p = 0.027$ para la mayoría de los nutrientes evaluados. Sin embargo, fósforo ($p = 0.301$) no presentan diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). En contraste, calcio, magnesio, sodio, potasio, zinc, hierro y manganeso presentan diferencias significativas ($p < 0.05$). En conjunto, los resultados indican que la dosis de microorganismos eficientes influye significativamente en la concentración de varios macronutrientes y micronutrientes del biol, aunque no en todos los nutrientes evaluados.

H_{i 3}: El empleo de dosis distintas de microorganismos eficientes incide en los atributos físico-químicos del biol.

Para validar la tercera hipótesis específica del estudio, se obtuvieron muestras de biol de cada una de las variantes preparadas, que luego se remitieron al laboratorio para su evaluación correspondiente.

Tabla 18*Aplicación de la prueba estadístico para la comprobación de la tercera hipótesis específica*

Parámetros Físicoquímicos	Densidad	Temperatura	pH	Conductividad Eléctrica	Humedad	Materia Seca	Materia Orgánica	Cenizas	Carbono	Nitrógeno
Chi-cuadrado	6,771	7,385	6,720	7,200	7,448	7,322	7,200	1,867	7,200	7,200
gl	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sig. asintót.	,034	,025	,035	,027	,024	,026	,027	,061	,027	,027
a. Prueba de Kruskal-Wallis										
b. Variable de agrupación: TRATAMIENTOS										

La Tabla 18 evidencia que la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces activados (MEA) influye significativamente en las propiedades físicoquímicas del biol (densidad, temperatura, pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, carbono y nitrógeno), con valores de $p < 0.05$ en todos los casos. Para el caso de cenizas no presentan diferencia significativa porque el $p = 0.061$ siendo el $p > 0.05$. Estos resultados confirman la tercera hipótesis, indicando que la dosis de MEA afecta de manera significativa las características físicoquímicas del biol y mejora su calidad como fertilizante.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las observaciones experimentales documentadas en esta investigación demuestran que la inoculación de consorcios microbiológicos benéficos optimizó significativamente las características fisicoquímicas y el perfil nutrimental del biofertilizante líquido orgánico elaborado mediante biodigestión anaerobia de *Medicago sativa* L. combinado con deposiciones de *Cavia porcellus* L., manifestándose en incrementos cuantificables de macronutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio) y microelementos traza (zinc, hierro, cobre, manganeso), así como en el mejoramiento de parámetros fisicoquímicos determinantes para su aplicabilidad agronómica. Estos hallazgos presentan coherencia con los datos reportados por Menacho (2013) quien evidenció que la incorporación de inóculos microbianos efectivos acelera los procesos de mineralización orgánica, incrementando la biodisponibilidad de nitrógeno asimilable, pentóxido de fósforo y potasio en biofertilizantes producidos en la región de Huaraz, Perú. De manera análoga, las investigaciones desarrolladas por Zambrano (2021) constataron que dosificaciones intermedias y elevadas de cultivos bacterianos activados producen optimización de variables como el equilibrio ácido-base (pH) y conductividad eléctrica, corroborando la función catalizadora de estos consorcios en la solubilización mineral y liberación de compuestos nutrimentales.

La implementación de agentes microbianos eficaces activados genera influencia sustancial tanto en la duración temporal del proceso fermentativo como en las concentraciones nutrimentales del producto de biodigestión obtenido a partir de forraje leguminoso y material fecal de cuyes. Las unidades experimentales caracterizadas por dosificaciones superiores de microorganismos efectivos, específicamente T 2 R 1 y T 2 R 2, exhibieron períodos de fermentación reducidos, validando la aceleración metabólica en la degradación de matrices orgánicas complejas, conforme lo documentan Díaz y Gonzales (2022) en sus estudios sobre cinética de biodigestión anaerobia.

En relación con el contenido nutrimental, las variantes experimentales inoculadas con concentraciones incrementadas de consorcios microbiológicos registraron cuantificaciones superiores de macroelementos —pentóxido de fósforo (P_2O_5), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K)— así como de microelementos esenciales entre los que destacan zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu) y manganeso (Mn). A modo ilustrativo, el tratamiento T 1 R 1 alcanzó concentraciones de 0.144 % de P_2O_5 , 0.262 % de Ca y 0.928 % de K, valores que exceden significativamente las cuantificaciones del grupo control T 0 R 1, el cual registró 0.094% de fósforo, 0.095% de calcio y 0.548% de potasio, evidenciando incrementos porcentuales del 53.2 %, 175.8 % y 69.3 % respectivamente. Esta tendencia guarda concordancia con las observaciones reportadas por Ludeña (2020), quien documentó que la presencia de inóculos microbianos efectivos potencia la biodisponibilidad de nutrientes minerales en fertilizantes orgánicos líquidos.

Por otra parte, las formulaciones experimentales con dosificaciones elevadas de microorganismos eficaces activados, particularmente T 2 R 2, manifestaron propiedades fisicoquímicas optimizadas, incluyendo densidad relativa incrementada, conductividad eléctrica superior y estabilización del parámetro de acidez en rangos favorables, aspectos que determinan la idoneidad del biofertilizante para aplicación en sistemas de producción agrícola, conforme lo establece (Raja, 2010) en sus criterios de calidad para fertilizantes biodinámicos.

La totalidad de las evidencias experimentales valida que la dosificación de consorcios microbiológicos benéficos constituye un factor determinante en la composición nutrimental del fertilizante líquido orgánico, si bien la magnitud de esta influencia exhibe variabilidad en función del nutriente específico o parámetro fisicoquímico analizado. Esta heterogeneidad en las respuestas subraya la necesidad de ajustar las concentraciones de inóculos microbianos en función de los requerimientos nutricionales particulares de cada sistema de cultivo, perspectiva que se alinea con los planteamientos de Alvarado (2022) en sus investigaciones sobre producción de arveja verde (*Pisum sativum* L.), donde el rendimiento agronómico varió significativamente en

correspondencia con las dosificaciones de biofertilizante enriquecido con microorganismos efectivos.

En consecuencia, las observaciones documentadas en esta investigación no solamente corroboran la hipótesis formulada inicialmente, sino que además contribuyen a la expansión del conocimiento científico respecto a las posibilidades de valorización de residuos orgánicos del sector agropecuario mediante su transformación en fertilizantes biodinámicos en fase líquida con elevado potencial de aplicabilidad en sistemas productivos agrícolas del distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco.

CONCLUSIONES

1. La incorporación de organismos microbiológicos benéficos produce incrementos sustanciales en la calidad del biofertilizante líquido orgánico obtenido mediante biodigestión anaerobia de *Medicago sativa* L. combinado con deposiciones de *Cavia porcellus* L., evidenciándose mejoras significativas en el perfil nutrimental y características fisicoquímicas del producto resultante.
2. Las unidades experimentales inoculadas con dosificaciones superiores demostraron una reducción estadísticamente significativa ($p = 0.025$) en la duración del proceso fermentativo, alcanzando la fase estacionaria en períodos temporales menores comparados con el grupo control, lo cual valida la aceleración metabólica inducida por estos consorcios bacterianos.
3. Los tratamientos experimentales T 1 R 1 y T 1 R 2, caracterizados por la implementación de concentraciones elevadas de cultivos microbianos activados, registraron cuantificaciones superiores de macroelementos esenciales —específicamente pentóxido de fósforo (P_2O_5), calcio (Ca) y potasio (K)— así como de microelementos traza entre los que destacan zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn), superando significativamente los valores obtenidos en formulaciones con dosificaciones menores.
4. Las variantes experimentales T 1 R 1 y T 2 R 2, en las cuales se incorporaron dosificaciones incrementadas de agentes microbianos eficaces activados, manifestaron optimización notable de los parámetros fisicoquímicos del fertilizante biodinámico en fase líquida, incluyendo mejoras en el equilibrio ácido-base (pH), conductividad eléctrica, densidad relativa y temperatura de estabilización, aspectos determinantes para su viabilidad agronómica.
5. La evidencia experimental documenta que las unidades de análisis tratadas con concentraciones superiores de consorcios microbiológicos efectivos exhibieron biodisponibilidad nutrimental incrementada tanto en macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio) como en micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre), confirmando la correlación directa entre la dosificación de inóculos microbianos y el enriquecimiento del contenido mineral del biofertilizante producido.

RECOMENDACIONES

1. Resulta imperativo desarrollar investigaciones complementarias orientadas a establecer la dosificación óptima de consorcios microbiológicos benéficos y su influencia en sistemas de cultivo diversificados, con el propósito de generar protocolos técnicos estandarizados que permitan la replicabilidad metodológica del proceso en condiciones edafoclimáticas heterogéneas propias de distintos agroecosistemas.
2. Se recomienda implementar programas de capacitación técnica dirigidos a productores del sector agrícola, enfocados en el dominio de metodologías de elaboración de biofertilizantes líquidos mediante el aprovechamiento de recursos orgánicos endógenos, específicamente *Medicago sativa* L. y deposiciones de *Cavia porcellus* L., orientados a minimizar riesgos de contaminación microbiológica y garantizar concentraciones nutrimentales apropiadas de macronutrientes y micronutrientes esenciales para su aplicación agronómica eficiente en sistemas productivos vegetales.
3. La incorporación estratégica de inóculos microbianos efectivos en los procesos de biodigestión anaerobia para la generación de fertilizantes orgánicos líquidos debe ser promovida a nivel comunitario, considerando que las evidencias experimentales documentadas demuestran incrementos significativos en el perfil nutrimental del producto resultante.
4. Es necesario articular la transferencia tecnológica relacionada con la producción de biofertilizantes mediante consorcios microbiológicos activados dentro de los currículos académicos de programas educativos ambientales y de sostenibilidad, tanto en instituciones de educación básica como superior, así como en organizaciones comunitarias de base, contribuyendo a la formación de capacidades en gestión ambiental participativa.
5. Se sugiere impulsar la formulación de políticas públicas y mecanismos de asistencia técnica institucional, desde los gobiernos regionales y municipalidades, destinados a la promoción y masificación del uso de fertilizantes biodinámicos en fase líquida, con el objetivo de reducir la dependencia de insumos agroquímicos sintéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, D. R. L. (2022). Efecto de tres niveles de Biol con microorganismos eficaces (em) en el rendimiento de la arveja verde (*Pisum sativum* L.) variedad quantum en condiciones agroecológicas de Huacrachuco – Huánuco [Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/e4a502b8-174d-4d9f-ae37-88671325cc44>

CIISB, C. de I. de I. S. S. de la B. del P. (2019). Línea Base de la Alfalfa con fines de Bioseguridad en el Perú. Dirección General de Diversidad Biológica. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/normatividad/implementacion/lineas-de-base/alfalfa/>

Constitución Política del Perú, 176 (1993). <https://www.congreso.gob.pe/Docs/constitucion/constitucion/index.html#p=1>

Díaz, J. A. Q., & Gonzales, D. C. L. (2022). Obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando microorganismos eficientes, en el distrito de Curimaná, Ucayali, Perú [Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNU_dc496b2aa18cb078317a594e67d0a5aa

Díaz, S. L. P. (2017). Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* v. *Vicus*) en Cajamarca [Pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAG_436d545d46842e41e70352b5e3a8ad9f/Details

EMRO, R. O. (2023). Guía de la Tecnología de EM. https://www.inavirtual.ed.cr/pluginfile.php/2856286/mod_resource/content/3/GUIA%20DE%20TECNOLOGIA%20DE%20EM.pdf

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2024). Biol y biocidas FAO. Plataforma de Conocimientos sobre Agricultura Familiar. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1709720/>

FERTILIZANTES. Determinación cuantitativa de micronutrientes en los extractos de abonos por espectrometría de absorción atómica. 1ª Edición, Legislación No. NTP 201.205:2018, RD N° 038-2018-INACAL/DN Norma Técnica Peruana 22 (2018).

FERTILIZANTES. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Requisitos generales y clasificación. 1ª Edición, Legislación No. NTP 201.206.2018, R.D N° 043-2018-INACAL/DN Norma Técnica Peruana 5 (2018).
<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=28252>

FERTILIZANTES. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. 1ª Edición, Legislación No. NTP N° 201.210:2025, R.D. N° 032-2025-INACAL/DN Norma Técnica Peruana 71 (2025).

Gallegos, T. F. C. (2021). Obtención de biol a partir de residuos vegetales y animales en un biorreactor comercial [Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/468ce6eb-c5c4-455d-acc3-4ed5967e5350/content>

Gonzales, P. U. (2019). Consecuencias Ambientales de la Aplicación de Fertilizantes. Asesoría Técnica Parlamentaria.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf

Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista, M. del P. L. (2014). Metodología de la Investigación (Vol. 6).
https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Hoyos, B. F. J., & Ortiz, R. D. P. (2024). Evaluación de la mezcla bioles y microorganismos eficientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en un suelo de baja oferta nutricional de Montería.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/8378>

INIA, I. N. de I. A. (2022). Manual Técnico de Producción de Biofertilizante Líquido Acelerado [Manual]. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
<https://test-assets->

opsaa.iica.int/storage/resource/2024/11/158e5e44ee1a208f7e521e84a43f2b99.pdf

Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Legislativo N° 1278 Decreto Legislativo 17 (2017). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos>

Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 Ley (2005). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

Ley General de Salud, Ley N° 26842 Ley 20 (1997). https://essalud.gob.pe/transparencia/pdf/informacion/ley_general_salud_26842.pdf

Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972 Ley 86 (2003). https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publica/capacita/programacion_formulacion_presupuestal2012/Anexos/ley27972.pdf

Lloveras, J. V., Delgado, I. E., & Chocarro, C. G. (2020). La alfalfa. Universitat de Lleida. https://www.google.com.pe/books/edition/La_alfalfa/BxnxDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1 (Obra original publicada en Edicions de la Universitat de Lleida)

López, M. G. (2019). Tecnología de Microorganismos Efectivos (EM). Frabese. <https://frabese.es/tecnologia-de-microorganismos-efectivos-em/>

Ludeña, J. D. (2020). Biol: El método artesanal preventivo que promueve Minagri para mejorar el rendimiento y calidad de los productos agropecuarios—Noticias—Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural—Plataforma del Estado Peruano [Entrevista]. AGRORURAL. <https://www.gob.pe/institucion/agrorural/noticias/525846-biol-el-metodo-artesanal-preventivo-que-promueve-minagri-para-mejorar-el-rendimiento-y-calidad-de-los-productos-agropecuarios>

Marcos, M. C. (2023). Efecto de bioles orgánicos con microorganismos eficaces en el rendimiento y la calidad de la asociación de pasturas en condiciones edafoclimática del CC.PP. Carhuapata -Jacas Grande-Huamalíes – Huánuco 2018 [Pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_f4106cdf4d3ce013b9d1f8bc9df0f912

Mas seeds, A. together for a C. A. (2024). Alfalfa – Aspectos agronómicos esenciales [Guía]. <https://www.masseeds.es/wp-content/uploads/sites/9/2024/07/alfalfa-esencial.pdf>

Menacho, O. F. D. (2013). Evaluación física – química del biol obtenido con aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces activados, en Huaraz, Ancash [Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM_1e53ea8a1013c1b978f3767da780c8ea/Details

MIDAGRI, M. de D. A. y R. (2024). Guía práctica para la producción de bioabonos.

<http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/1740>

Montes, T. A. (2012). Guía Técnica de Crianza de Cuyes. Studocu. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-educacion-enrique-guzman-y-valle/ciencia-y-tecnologia/sistema-de-crianza-cuyes/120968234>

Naranjo, E. I. P. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en Compost. [Pregrado]. Universidad de Técnica de Ambato.

Noreña, J. M. A. (2018). EVALUACIÓN DEL ESTIÉRCOL DE CUY DE LA GRANJA MONTERO Y AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE HUÁNUCO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOL MEDIANTE BIODIGESTORES DEL TIPO SEMICONTINUO – 2017 [Pregrado, Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1282>

Pezo, D., Muschler, R., Tobar, D., & Pulido, A. (2019). Intervenciones y tecnologías ambientalmente racionales (TAR) para la adaptación al cambio climático del sector agropecuario de América Latina y el Caribe. https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Intervenciones_y_tecnolog%C3%ADas_ambientalmente_racionales_TAR_para_la_adaptaci%C3%B3n_al_cambio_clim%C3%A1tico_del_sector_agropecuario_de_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_ALC_es.pdf

Política Nacional de Ambiental al 2030, Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM Decreto Supremo 600 (2009).

<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/POLITICA%20NACIONAL%20DEL%20AMBIENTE%20AL%202030.pdf.pdf>

Quispe, J. R. (2021, febrero 21). El abono líquido llamado BIOL de fácil preparación y muy útil para las plantas. UNAH AL DIA. <https://aldia.unah.edu.pe/?p=3385>

Raja, K. N. (2010). EFFECT OF FORMULATION OF EFFECTIVE MICROORGANISM (EM) ON POST TREATMENT PERSISTENCE, MICROBIAL DENSITY AND SOIL MACRONUTRIENTS. 102-106. https://www.researchgate.net/publication/265730495_Effect_of_formulation_of_effective_microorganism_EM_on_post_treatment_persistence_microbial_density_and_soil_macronutrients

Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM Decreto Supremo 32 (2017). <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-decreto-legislativo-ndeg-1278-decreto-legislativo-que-aprueba>

Rivas, B. S., Sada, E., Hernández, R. P., & Tsutsumi, V. (2006). Péptidos antimicrobianos en la inmunidad innata de enfermedades infecciosas. *Salud Pública de México*, 48(1), 62-71. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0036-36342006000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Román, A. (2020). Guía para elaborar el Biol. <https://cbc.org.pe/wp-content/uploads/2020/06/Cartilla-Biol-para-Web.pdf>

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor—Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

Sastre, F. J. S. (2016). Una revisión crítica sobre el enfoque de las escuelas de negocio españolas [Doctorado, Universidad Pontificia]. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/7095>

Tanya, M. M., & Leiva, M. M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola. <https://www.scienceopen.com/document?vid=b44b5775-15b4-4733-85be-ac89ea406a4c>

Toalombo, M. C. Y. (2013). Aplicación de Abonos orgánicos líquidos tipo Biol al Cultivo de Mora (*Rubusglaucus Benth*) [Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://es.scribd.com/document/460347923/Tesis-cultivo-de-mora-pdf>

Vélez, J. D. L. (2022). Evaluación de biol enriquecido con microorganismos eficientes autóctonos en la producción de plátano de exportación (*Musa AAB*). [Pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/5204>

Zambrano, T. Y. R. (2021). Efecto de los microorganismos efectivos en la calidad del biol [Pregrado, Universidad Privada del Norte]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_803edd0e283b8dc1f80125deace3f411

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Montero Ramírez, S. (2026). *Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (*medicago sativa*) y estiércol de cuy (*cavia porcellus l.*) en el distrito de Pillco Marca, Huánuco - 2025* [Tesis de postgrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (medicago sativa) y estiércol de cuy (cavia porcellus l.) en el distrito de Pillco Marca, Huánuco - 2025”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General PG: ¿Cómo influye la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (Medicago sativa) y estiércol de cuy (Cavia porcellus L.) en el distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco? Problemas Específicos	Objetivo General: OB: Evaluar la aplicación de microorganismos eficientes en la obtención de biol utilizando alfalfa (Medicago sativa) y estiércol de cuy (Cavia porcellus L.) en el distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco. Objetivos Específicos	Hipótesis General Hi: La aplicación de microorganismos eficientes mejora significativamente la obtención de biol a partir de alfalfa y estiércol de cuy, incrementando su calidad y beneficios agronómicos en el distrito de Pillco Marca. Ho: La aplicación de microorganismos eficientes no mejora significativamente la obtención de biol a partir de alfalfa y estiércol de cuy, incrementando su calidad y beneficios agronómicos en el distrito de Pillco Marca. Hipótesis Especificas	Variable Independiente: Microorganismos eficientes. Dimensiones: Tiempo de Fermentación Dosificación de Microorganismos Eficientes Variables Dependiente Biol a base de alfalfa (Medicago	Tipo de Investigación: Enfoque: Cuantitativo, porque se recopilarán datos sobre la dosificación de microorganismos, las características físico-químicas y la composición de macronutrientes y micronutrientes del biol obtenido	Técnicas de Recolección de Datos: Muestreo Sistemático: Esta técnica se aplicará para tomar dos muestras de cada tratamiento en diferentes momentos. Observación Directa: Esta técnica permitirá detectar cualquier

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
PE 1: ¿Cómo influye la variación en la dosis de microorganismos eficaces en el tiempo de fermentación del biol?	OE 1: Evaluar el efecto de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el tiempo de fermentación del biol. OE 2: Determinar las características de macronutrientes y micronutrientes del biol obtenido con diferentes dosis de microorganismos eficientes. OE 3: Determinar las características físico-químicas del biol obtenido con diferentes dosis de microorganismos eficientes.	Hi 1: La aplicación de una dosis adecuada de microorganismos eficientes reduce significativamente el tiempo de fermentación del biol. Ho 1: La aplicación de una dosis adecuada de microorganismos eficientes no reduce significativamente el tiempo de fermentación del biol. Hi 2: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes influye significativamente en la concentración de macronutrientes y micronutrientes del biol. Ho 2: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes no influye significativamente en la concentración de macronutrientes y micronutrientes del biol. Hi 3: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes afecta	Sativa L.) y Estiércol de Cuy. Dimensiones: Composición de Macronutrientes y Micronutrientes Características Físico - Químicos	Alcance o Nivel: Explicativo porque busca analizar y explicar cómo la dosis de microorganismos influye en el proceso de fermentación, en la concentración de macronutrientes y en las características físico-químicas del biol obtenido. Diseño: Experimental, debido a que se probará el efecto de la variable independiente en la	cambio que indique variaciones en la calidad del biol o en la actividad de los microorganismos eficientes. Análisis de Laboratorio: Esta técnica permitirá obtener datos sobre las características físico-químicas, así como la composición de macronutrientes y micronutrientes del biol.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>microorganismos eficientes?</p> <p>PE 4: ¿Existe una relación entre la dosis de microorganismos eficientes y la concentración de nutrientes en el biol producido?</p>	<p>OE 4: Comparar la concentración de nutrientes del biol producido con distintas dosis de microorganismos eficientes.</p>	<p>en las características físico-químicas del biol.</p> <p>Ho 3: La aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficientes no afecta en las características físico-químicas del biol.</p> <p>Hi 4: La concentración de nutrientes en el biol varía en función de la dosis de microorganismos eficaces activados aplicada.</p> <p>Ho 4: La concentración de nutrientes en el biol no varía en función de la dosis de microorganismos eficaces activados aplicada.</p>		<p>variable dependiente.</p> <p>Población: La población de la investigación será la alfalfa (Medicago sativa) y estiércol de cuy (Cavia porcellus L.) que serán utilizados para la producción de biol.</p> <p>Muestra: La muestra serán 3 tratamientos con 2 muestra cada uno.</p>	<p>Instrumentos para la Recolección de Datos:</p> <p>Hojas de Registro: Se utilizarán registro de dosis de microorganismos eficientes, pesos, aplicación y tiempo de fermentación del biol.</p> <p>Equipo de Medición: Se utilizará balanza electrónica, PH-metro digital.</p>

ANEXO 2

RESULTADOS DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS																											
SOLICITANTE:				MONTERO RAMIREZ SALLY YASMINE										MUESTREADO POR:				MONTERO RAMIREZ SALLY YASMINE									
DEPARTAMENTO:				HUANUCO										FECHA DE REPORTE:				14/08/2025									
MUESTRA:				BIOL										RECIBO O FACTURA:				2932489									
2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO																											
DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					RESULTADOS EN BASE HUMEDA						RESULTADOS EN BASE SECA						RESULTADOS								
Código	Dato	COLOR	densidad (g/cm ³)	TEMPERATURA (°C)	PH	CE (mS/cm)	Humedad H ₂ O (%)	Materia Seca (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	CIN	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	CIN	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn (mg/L)	Fa (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)
025-0284	T0 R1	marrón	0.98	25.20	5.24	19.17	97.89	2.11	1.10	1.01	0.552	0.081	6.79	52.27	47.73	26.136	3.848	6.79	0.100	0.095	0.044	0.021	0.548	4.26	37.98	2.16	14.40
025-0285	T0 R2	marrón	0.99	25.20	5.20	19.10	97.89	2.11	1.05	1.05	0.527	0.076	6.98	50.00	50.00	25.000	3.584	6.98	0.094	0.094	0.045	0.022	0.578	4.34	42.96	1.98	10.00
025-0286	T2 R1	marrón DECLORO	1.02	25.80	5.30	35.30	94.97	5.03	3.02	2.01	1.510	0.185	8.17	60.00	40.00	30.000	3.672	8.17	0.162	0.142	0.047	0.026	0.904	6.12	74.44	1.56	24.00
025-0287	T2 R2	marrón DECLORO	1.01	25.80	5.30	37.60	95.32	4.68	2.74	1.94	1.389	0.179	7.64	58.51	41.49	29.255	3.830	7.64	0.175	0.172	0.051	0.028	0.852	6.81	73.32	1.49	26.00
025-0288	T1 R1	marrón DECLORO	1.04	25.30	5.31	37.70	95.50	4.50	2.54	1.96	1.272	0.172	7.39	56.52	43.48	28.261	3.826	7.39	0.144	0.262	0.053	0.033	0.928	7.41	52.52	0.94	20.00
025-0289	T1 R2	marrón DECLORO	1.03	25.30	5.30	38.80	95.52	4.48	2.48	2.00	1.238	0.174	7.13	55.32	44.68	27.660	3.878	7.13	0.113	0.258	0.054	0.032	1.022	7.08	51.50	0.98	22.00

Los Resultados presentados a ser válidos únicamente para las muestras enviadas. Cuando se solicite la reproducción de los datos se debe indicar el número de la muestra de la que se tomó el análisis.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de idoneidad de calidad de la entidad que los produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

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





MÉTODOS ANALÍTICOS

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CARACTERÍSTICA	MÉTODO
EXTRACTO	VIA SECA DIGESTIÓN ACIDA – HCl	HUMEDAD	ESTUFA 105° C MEMERT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS: Ca, Mg, K, Na	ESPECTROFOTOMETRIA ABSORCION ATOMICA VARIAN ALEMANIA	CENIZAS	MUFLA 660° C THERM CONCEPT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	METAVANADATO (AMARILLO DEL VANADATO MOLIBDATO) ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS: Fe, Mn, Zn, Cu	ESPECTROFOTOMETRIA ABSORCION ATOMICA VARIAN ALEMANIA
DETERMINACION DE AZUFRE	TURBIDIMETRIA DEL SULFATO DE BARIO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACION DE BORO	COLORIMETRIA CON AZOMETINA-H ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA
CADMIO TOTAL Y PLOMO TOTAL	METODO ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EQUIPO MARCA VARIAN PROCEDENCIA AUSTRIA	N TOTAL	KJENDHAL BUCHI ALEMANIA
CARBONATOS	NEUTRALIZACION ACIDA HCl 0.5N NaOH 0.25N	NITRÓGENO AMONIACAL Y DE NITRATOS	NTE INEN 0226: FERTILIZANTES.
PH	PH-METRO ISOLAB ALEMANIA	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dS/m	PROPORCION AGUA : MUESTRA 2 : 1