

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y**  
**AMBIENTALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS**  
**SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, UTILIZANDO**  
**MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL DISTRITO DE**  
**CURIMANÁ, UCAYALI, PERÚ**

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

**JIM AXELL DÍAZ QUISPE**  
**DIEGO CRISTHIAN GONZALES LOBATON**

**PUCALLPA, PERÚ**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS**



**ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

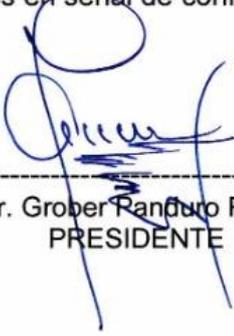
**N° 156/2022-CGyT-FCFyA-UNU**

En la ciudad de Pucallpa a las 08:30 horas a.m. del día Lunes 12 de diciembre del 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvieron designado con memo múltiple 119-2.22-UNU-FCFyA-CGT conformando por los siguientes docentes:

Dr. Grober Panduro Pisco	Presidente
Dr. Manuel Mamani Flores	Miembro
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis denominada **“OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS DOMICILIARIOS, UTILIZANDO MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL DISTRITO DE CURIMANA, UCAYALI, PERÚ”**. Presentado por los bachilleres **JIM AXELL DÍAZ QUISPE Y DIEGO CRISTHIAN GONZÁLES LOBATON**, asesorado por el **Dr. Fermín Campos Solórzano**. Finalizando la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia la tesis fue **APROBADA** por **MAYORÍA** y quedando expedito para el otorgamiento del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Siendo las 09:40 a.m. horas del mismo día, se da por concluida el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

  
-----  
Dr. Grober Panduro Pisco  
PRESIDENTE

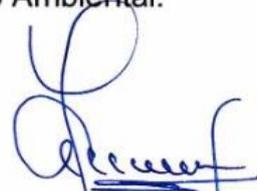
  
-----  
Dr. Manuel Mamani Flores  
MIEMBRO

  
-----  
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia  
MIEMBRO

## ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Grober Panduro Pisco



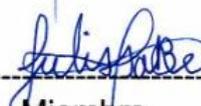
-----  
Presidente

Dr. Manuel Mamani Flores



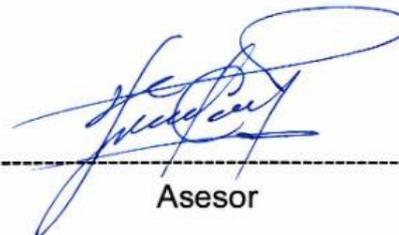
-----  
Miembro

Dr. Julissa Katy Bautista Valencia



-----  
Miembro

Dr. Fermín Campos Solórzano



-----  
Asesor

Bach. Jim Axell Díaz Quispe



-----  
Tesista

Bach. Diego Cristhian Gonzales Lobaton



-----  
Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

**N° V/0720-2022**

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:

**“OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, UTILIZANDO MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL DISTRITO DE CURIMANA, UCAYALI, PERÚ”.**

Autor(es) : **DÍAZ QUISPE, JIM AXELL  
GONZALE LOBATON, DIEGO CRISTHIAN**

Facultad : **CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**  
Escuela Profesional : **ING. AMBIENTAL**  
Asesor(a) : **Dr. CAMPOS SOLORZANO, FERMIN**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI** Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que **SI** se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.

**FECHA 16/11/2022**



Mg. **JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA**  
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Jim Axell Diaz Quispe

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"Obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios utilizando microorganismos eficientes, el distrito de Curimaná, Ucayali, Perú."

Sustentada el año: 2022.

Con la asesoría de: Dr. Fermin Campos Solórzano.

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales.

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental.

Autorizo la publicación:

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 12 / 12 / 2022

Email: jimaxellidiazquispe.ad@gmail.com

Teléfono: 953699876

Firma:

DNI: 73804927



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Diego Cristhian Gonzales Lobatón

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"Obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando microorganismos eficientes, en el distrito de Guimará, Ucayali, Perú".

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Dr. Fermin Campos Solórzano

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 12 / 12 / 2022

Email: diego.ing.ambiental.91@gmail.com

Teléfono: 948144117

Firma: 

DNI: 70602023

## DEDICATORIA

Yo, Jim Axell Díaz Quispe dedico este triunfo a mi querida madre Sabina Quispe Condori que, con su gran amor, paciencia y mucho sacrificio me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí tus grandes virtudes. A mí querido tío, Jesús Porturas por su cariño y apoyo incondicional que en todo momento ha creído en mí, aunque ya no esté presente en este mundo. A toda la familia Quispe Condori por sus consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona.

De igual manera mi persona Diego Cristhian Gonzales Lobaton dedico con todo mi corazón la tesis a DIOS, ya que gracias a él logré concluir mi carrera. A mis padres quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo, porque también han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecemos a nuestros formadores académicos por los conocimientos brindados en toda nuestra formación, de igual manera a la Universidad Nacional de Ucayali, a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la cual nos sentimos orgullosos ser parte.

Al Dr. Fermín Campos Solórzano, Asesor de la tesis por brindarnos su apoyo constante y conocimientos.

Al Ing. Enrique Barrantes Santillán co asesor externo de la Tesis, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, experiencia y su paciencia nos ha motivado durante la elaboración de la tesis.

Al Dr. Marco Chota, quien en vida fue nuestro asesor para de la elaboración de la Tesis, por su esfuerzo y dedicación que nos brindó.

# ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE TABLA.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.1.1. General .....	2
1.1.2. Específico .....	2
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.2.1. General .....	2
1.2.2. Específicos .....	3
1.3. HIPÓTESIS .....	3
1.3.1. Hipótesis alternativa (Ha) .....	3
1.3.2. Hipótesis Nula (Ho).....	3
1.4. COMPONENTES ESTUDIADOS .....	3
1.4.1. Variables independientes .....	3
1.4.2. Variables dependientes .....	3

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes del Problema .....	4
2.1.1. A nivel internacional .....	4
2.1.2. A nivel nacional .....	8
2.1.3. A nivel local .....	10
2.2. Planteamiento Teórico del Problema .....	12
2.2.1. Residuos sólidos .....	12
2.2.2. Clasificación de los residuos sólidos .....	13
2.2.3. Estudio de caracterización de residuos sólidos .....	14
2.2.4. Situación actual de los abonos orgánicos en el Perú .....	14
2.2.5. Biofertilizante líquido.....	15
2.2.6. Biol acelerado.....	16
2.2.7. Microorganismos eficientes .....	17
2.2.10. Melaza .....	26
2.3. Definición de términos básicos .....	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Metodología de la investigación .....	31
3.2. Ubicación, población y muestra .....	32
3.2.1. Ubicación .....	32
3.2.2. Población .....	32
3.2.3. Muestra .....	32
3.3. Diseño de la investigación .....	33

3.4. Análisis estadístico.....	34
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	34
3.5.1. Técnicas.....	34
3.5.2. Instrumentos .....	34
3.6. Procedimiento de recolección de datos .....	36
3.6.1. Adquisición de materiales, equipos, herramientas e insumo.. .....	36
3.6.2. Selección y acondicionamiento del área de trabajo .....	36
3.6.3. Estudio de Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del caserío Mercedes .....	37
3.6.4. Preparación de biol .....	39
3.6.5. Análisis de la calidad del Biol .....	40
3.7. Análisis e interpretación de datos .....	41
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>42</b>
4.1. Generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios del caserío las Mercedes .....	42
4.1.1. Residuos sólidos orgánicos domiciliarios per cápita .....	42
4.1.2. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados .....	42
4.2. Caracterización fisicoquímica del biol producido a partir de residuos sólidos domiciliarios .....	43
4.2.1. Comportamiento del pH en la elaboración del biol .....	43
4.2.2. Comportamiento del contenido elemental del (NPK) .....	48

4.2.3. Caracterización organoléptica del biol .....	53
4.2.4. Rendimiento de la producción de biol.....	54
4.3. Evaluar el costo de producción de biol a partir de residuos sólidos orgánico domiciliarios .....	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones .....	56
BIBLIOGRAFÍA VI.....	58
ANEXOS VII .....	66
Iconografía.....	70

## ÍNDICE DE TABLA

	<b>Pág.</b>
Tabla 1	Composición química de diferentes tipos de bioles..... 15
Tabla 2	Composición química de los bioles acelerados..... 17
Tabla 3	Análisis microbiológico del B-Lac..... 24
Tabla 4	Diseño de la investigación..... 33
Tabla 5	Generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el caserío las Mercedes..... 42
Tabla 6	pH en todos los tratamientos..... 43
Tabla 7	Composición de NPK en el biol..... 48
Tabla 8	Rendimiento de Biol según tratamiento..... 54
Tabla 9	Costo de producción de 9560 L de Biol..... 55
Tabla 10	Análisis estadístico descriptivos del contenido elemental (N, P, K) del biol..... 67
Tabla 11	Análisis ANOVA para el parámetro Nitrógeno..... 68
Tabla 12	Agrupación de información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%..... 68
Tabla 13	Prueba de Kruskal-Wallis para el fósforo..... 69

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1	Activación de Microorganismos Eficientes..... 26
Figura 2	Recolección de datos sobre residuos domiciliarios en el caserío las Mercedes ..... 38
Figura 3	Cuantificación del peso de residuos sólidos domiciliarios..... 38
Figura 4	Segregación de residuos sólidos domiciliarios en caserío Mercedes. 39
Figura 5	Activación de los Microorganismos eficientes..... 39
Figura 6	Triturado de los residuos orgánicos domiciliarios..... 39
Figura 7	Aplicación de EM en los residuos..... 40
Figura 8	Caracterización física de los residuos sólidos domiciliarios..... 43
Figura 9	Comportamiento del pH en la obtención de Biol..... 47
Figura 10	Concentración de Nitrógeno en el Biol..... 49
Figura 11	Concentración de Fosforo en el Biol..... 50
Figura 12	Concentración de Potasio en el Biol..... 53
Figura 13	Análisis de normalidad del Nitrógeno..... 67
Figura 14	Análisis de normalidad del Fósforo..... 68
Figura 15	Pesado de los residuos sólidos..... 70
Figura 16	Encuesta en las Mercedes ..... 70
Figura 17	Densidad de residuos sólidos..... 70
Figura 18	Activación de microorganismos eficientes..... 70
Figura 19	Muestras de residuos sólidos..... 71
Figura 20	Muestras con EM+ residuos orgánicos..... 71
Figura 21	Muestras en la estufa eléctrica ..... 71
Figura 22	Extrayendo el biol del biodigestor..... 71
Figura 23	Resultados del análisis NPK..... 72

## RESUMEN

Dentro de la gestión de los residuos sólidos en el Perú no se ha tenido énfasis en el manejo de los residuos sólidos domiciliarios, en Ucayali existe muchas deficiencias que conlleva a inadecuados manejos de los residuos, esta investigación consistió en obtener biol mediante la aplicación de dosis de microorganismos eficientes, en una digestión anaerobia, para ello se realizó la caracterización de residuos sólidos domiciliarios del caserío las Mercedes, con ello determinar la fracción de residuos orgánicos. Se utilizó microorganismos eficientes para acelerar el proceso de obtención de biol a partir de los residuos orgánicos domiciliarios, con cuatro tratamientos, donde se evaluó la calidad mediante un análisis fisicoquímico de pH, NPK, color y olor, estos resultados se contrastaron mediante un ANOVA y Tukey, al 95% de confianza. El estudio de caracterización arrojó una generación de 339.5 kg/día, donde el 73.43% es fracción orgánica, los tratamientos del 1 al 4 se mostraron ligeramente ácido (5.6-6.3), el tratamiento 1, muestra mejor calidad con valores de 0.15% de N, 0.008% de P y 0.02% de K, siendo el costo de producción de 1L de biol de S/. 0.87.

**Palabras claves: residuos orgánicos, fermentación, pH, NPK, biol**

## **ABSTRACT**

Within the management of solid waste in Peru there has been no emphasis on the management of household solid waste, in Ucayali there are many deficiencies that lead to inadequate waste management, this research consisted of obtaining biol through the application of doses of efficient microorganisms, in an anaerobic digestion, for this it carried out the characterization of household solid waste from the Las Mercedes farmhouse, thereby determining the fraction of organic waste. Efficient microorganisms were used to accelerate the process of obtaining biol from household organic waste, with four treatments, where the quality was evaluated through a physicochemical analysis of pH, NPK, color and odor, these results were contrasted through an ANOVA and Tukey, at 95% confidence. The characterization study showed a generation of 339.5 kg/day, where 73.43% is organic fraction, treatments from 1 to 4 were slightly acid (5.6-6.3), treatment 1, shows better quality with values of 0.15% of N, 0.008% P and 0.02% K, with the production cost of 1L of biol being S/. 0.87.

Keywords: organic residues, fermentation, pH, NPK, biol.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos compuestos principalmente por despojos de verduras, cascarillas de frutas se producen de manera diaria tanto en las actividades domésticas como en las industriales, el rápido crecimiento demográfico aumenta de forma exponencial el consumo de alimentos el cual por ende los residuos (Yang, Li, Qian, Li, & Lou, 2019), mientras que la eliminación de los desechos en los vertederos o mediante la incineración genera problemas graves ambientales, tales como lixiviado o las emisiones de gases de combustión (Zhou, y otros, 2020), la disposición de los residuos sólidos domiciliarios en un medio abierto es el método común y barato que se aplica en la actualidad (Ghosh, Ow, & Wilson, 2015).

La biodigestión es un proceso de biodegradación de los residuos sólidos orgánicos, donde una fracción es convertida en biogás. El biogás es un gas combustible que corresponde a una mezcla de dióxido de carbono, metano y trazas de otros gases. El proceso se desarrolla en cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, donde el agua es responsable del crecimiento de la población microbiana y también funciona como un agente de taponamiento para todo el sustrato y los reactivos (Kothari, Pandey, Kumar, Tyagi, & Tyagi, 2014). El proceso de biodigestión se puede llevar a cabo vía seca y húmeda. La diferencia reside en el porcentaje de sólidos que posee el proceso biológico: en la biodigestión seca el contenido de sólidos va de 20 a 40%, mientras que para la segunda corresponde a un líquido o lodo con un contenido de sólidos del 10 al 15% (Mery, Herrera, Flores, & Bravo, 2018).

Una alternativa innovadora en este estudio, es la aplicación de Consorcio Microbiano de Bacterias Ácido Láctico, (B-LAC), mediante fermentación anaeróbica donde la materia orgánica produce un residuo orgánico de excelentes propiedades agronómicas, siendo la composición del bioabono en promedio de 8.5% de materia

orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5% de fósforo, 1.0% de potasio a un pH de 7.5; Los microorganismos eficientes comprenden una gran diversidad microbiana representada por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con actividad fermentativa. Los microorganismos eficientes tienen numerosas aplicaciones agrícolas debido a que funcionalmente favorecen la germinación de semillas, incrementan la floración, aumentan el crecimiento y desarrollo de los frutos, incrementan la biomasa, garantizan una reproducción exitosa en las plantas, mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades. Los microorganismos eficientes incrementan la actividad fotosintética y la absorción de agua y nutrientes en las plantas, también reducen los tiempos de maduración de abonos orgánicos en particular el composteo, lo cual ofrece importantes aplicaciones agrícolas. (Pozo, Elosegí, Ramón, & Molinero, 2009 & Morocho & Mora, 2019).

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación será la obtención de un abono líquido de buena calidad a partir de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario procedentes del caserío Mercedes, Distrito de Curimaná, Ucayali con la aplicación de un proceso fermentativo acelerado usando el B-LAC y melaza. Determinar la calidad de este fertilizante líquido (biol) representa una alternativa prometedora frente al tiempo de elaboración y a la minimización de los impactos generados al medio por la falta o deficiente manejo de los residuos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los residuos compuestos principalmente por despojos de verduras, cascarillas de frutas se producen de manera diaria tanto en las actividades domésticas como en las industriales, el rápido crecimiento demográfico aumenta de forma exponencial el consumo de alimentos el cual por ende los residuos (Yang, Li, Qian, Li, & Lou, 2019), mientras que la eliminación de los desechos en los vertederos o mediante la incineración genera problemas graves ambientales, tales como lixiviado o las emisiones de gases de combustión (Zhou, y otros, 2020), la disposición de los residuos sólidos domiciliarios en un medio abierto es el método común y barato que se aplica en la actualidad (Ghosh, Ow, & Wilson, 2015).

Como solución más eficiente en la actualidad, es utilizar estos residuos orgánicos para obtener bioabonos, no solo como fertilizante sino también como práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de suelos degradados ya que incrementan la actividad y cantidad de biomasa microbiana del suelo y disminuye los gases de efecto invernadero como el metano (CH<sub>4</sub>) (Fortis, y otros, 2009). Un fertilizante de origen orgánico debe declarar sus macronutrientes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) con sus símbolos químicos en el orden NPK (Comisión Europea, 2016).

Una alternativa innovadora en este estudio, es la aplicación de Consorcio Microbiano de Bacterias Ácido Láctico, (B-LAC), mediante fermentación anaeróbica donde la materia orgánica produce un residuo orgánico de excelentes propiedades agronómicas, siendo la composición del bioabono en promedio de 8.5% de materia orgánica, 2.6% de nitrógeno, 1.5%

de fósforo, 1.0% de potasio a un pH de 7.5 (Pozo, Elosegí, Ramón, & Molinero, 2009).

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue obtener un abono líquido de buena calidad en función al NPK, a partir de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario procedentes del caserío Mercedes, Distrito de Curimaná, Ucayali con la aplicación de un proceso fermentativo acelerado usando el B-LAC y melaza. Determinar la calidad de este fertilizante líquido (biol) representa una alternativa prometedora frente al tiempo de elaboración y a la minimización de los impactos generados al medio por la falta o deficiente manejo de los residuos.

## **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.1. General**

¿Cuál es la calidad del biol obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando Microorganismos Eficientes, en el caserío las Mercedes, Distrito de Curimaná, Ucayali, Perú?

### **1.1.2. Específico**

- ¿Cuánto es la generación de residuos sólidos domiciliarios en el caserío las Mercedes?
- ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del biol producido a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios?
- ¿Cuál es el costo de producción del biol a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. General**

Determinar la calidad del biol obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando Microorganismos Eficientes, en el Distrito de Curimaná, Ucayali, Perú.

### **1.2.2. Específicos**

- Determinar la generación de residuos sólidos domiciliarios que se genera en el caserío las Mercedes.
- Conocer la caracterización fisicoquímica del biol producido a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios.
- Establecer el costo de producción del biol a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios.

## **1.3. HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis alternativa (Ha)**

La calidad del biol obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios es buena, utilizando Microorganismos Eficientes, en el caserío las Mercedes, Distrito de Curimaná, Ucayali, Perú.

### **1.3.2. Hipótesis Nula (Ho)**

La calidad del biol obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios es mala, utilizando Microorganismos Eficientes, en el caserío las Mercedes, Distrito de Curimaná, Ucayali, Perú.

## **1.4. COMPONENTES ESTUDIADOS**

### **1.4.1. Variables independientes**

Residuos orgánicos + microorganismos.

### **1.4.2. Variables dependientes**

Calidad de abono líquido (biol)

## **CAPÍTULO II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Antecedentes del Problema**

##### **2.1.1. A nivel internacional**

Fernández, Del Amo, Lucas, García, & Coca (2022), realizaron la viabilidad económica y ambiental de una planta industrial con una capacidad de tratamiento de 300 kg/h de residuos orgánicos para la producción de fertilizantes líquidos. Se han comparado dos tecnologías de extracción (convencional y microondas) y dos disolventes (agua y alcalina) para seleccionar el escenario más sostenible y rentable para el escalado. El análisis económico demostró que el costo total de inversión de la tecnología de microondas (>3.5 millones de euros) es tres veces superior a la tecnología de extracción convencional (<1,5 millones de euros), principalmente debido a la mayor complejidad del equipo. El fertilizante obtenido por extracción convencional con solvente alcalino tendrían un precio de venta más bajo (alrededor de 1 euros/L). A la vista de los resultados obtenidos en la evaluación económica y ambiental, se puede concluir que el escenario más favorable para escalar la producción de fertilizantes líquidos a partir de residuos orgánicos es la extracción convencional en condiciones alcalinas.

Ahmad, Tin, Roji, Jaromír, & Zhang (2019), desarrollaron una correlación entre los nutrientes disponibles en el fertilizante líquido (tanto el lixiviado de compost como el té de compost) con respecto a los nutrientes disponibles en el compost sólido final de diferentes fuentes de biorresiduos. En base a la caracterización física y nutricional, el fertilizante

líquido contiene elementos como nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P) que son esenciales para el crecimiento de las plantas. Se recomienda la dilución o el pretratamiento ya que el producto contiene un alto contenido de compuestos orgánicos que van desde 1152 mg/L hasta 105 300 mg/L que pueden dañar la planta y el suelo. Cada residuo biológico contiene una determinada cantidad de una gama de nutrientes. El compost de desechos animales registró la composición más alta de N y P, que puede alcanzar hasta 25 g/kg de N, 6,4 g/kg de P. El compost de desechos verdes registró el valor más alto de K con un valor máximo de 19 g/kg. Según el gráfico de correlación de nutrientes, la composición de nutrientes del compost es directamente proporcional a CL y CT. El valor de los nutrientes N, P y K para el fertilizante líquido en forma de lixiviado (CL) es 124 veces, 90 veces y 23 veces mayor en comparación con té de compost (CT).

Azeem (2015), investigó sobre la conversión de los desechos de alimentos generados por restaurantes, salones matrimoniales y hoteles en fertilizante líquido orgánico a través de un proceso anaeróbico en el Área Industrial de Cherlapally para mejorar los puntos de referencia del nivel de servicio según lo diseñado por el Ministerio de Medio Ambiente y Bosques. El desperdicio de alimentos se procesó en un contenedor cerrado junto con la adición de melaza en condiciones anaeróbicas donde después de 72 horas los desperdicios de alimentos comenzaron a convertirse en fertilizante líquido orgánico y un subproducto como pulpa. Se analizaron los valores de NPK en el fertilizante líquido el cual presentó N-1,15 %, P-0,308 % y K-0,7 % y en pulpa N-0,39 %, P-0,159 % y K-0,51 %. El fertilizante líquido tiene muchas ventajas debido a su fácil proceso, bajo

costo y sin efectos secundarios. Es muy probable que los beneficios resultantes fertilicen los cultivos, mantengan la estabilidad de los elementos nutritivos en el suelo y reduzcan los efectos nocivos de los fertilizantes químicos.

Según Román (2012b), en su investigación nos da a conocer que los biofertilizantes acelerados resultan de la fermentación láctica de la materia orgánica, en la que es indispensable la adición del consorcio microbiano Biolac el cual contiene cepas de *Lactobacillus*, las cuales sintetizan ácido láctico y sustancias antimicrobianas, principalmente. De esta forma se garantiza la obtención de un biofermento cuyo filtrado se obtiene un efluente líquido (abono líquido) y un residuo sólido (biosol), en tan sólo 5 días (proceso fermentativo acelerado), a diferencia de los bioles que tardan aproximadamente 3 meses (Restrepo, 2007b). Los biofertilizantes acelerados se caracterizan por su elevada acidez (pH).

Amrullah, Amin, & Ali (2021), su estudio destinado a producir fertilizante orgánico líquido a partir de orina de vaca utilizando consorcio probiótico que consiste en *Lactobacillus* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Actinomycetes* sp. y *Streptomyces* sp. Este estudio utilizó un número diferente de bacterias y tiempo de fermentación. Calidad de líquido orgánico se evaluó el fertilizante (N, P, K, C/N, pH). Los resultados mostraron que el N aumentó (1.0-2.3%) del día 1 al 12, y estancada en adelante. P aumentó (0.6-2.2%) con el día 0 a 15, y se estancó hasta el día 21. K aumentó (1.0-3.2%) con el día 0 al 12, y se estancó hasta el día 21. La C disminuyó (5.6-0.1%) con el día 0 al 21. Además, C/N disminuyó (5.62-0.03) del día 0 al 21. El pH aumentó (7.1-8.6) del día 0 al 21. Por otro lado, N aumentó (1-

2.54%) para un aumento número de microorganismos (5-30 mL). P aumentó (1.2-2.2) para un aumento en el número de microorganismos (5-25 mL), y estancada hasta los 30 mL. El K aumentó (1.5-3.3%) en incrementos de 5 a 30 ml. El valor de C disminuyó (0,3-0,1%) de 5 a 30 ml. Mientras tanto, el C/N disminuyó (0.3-0.04) de 5 a 30 mL. El pH estaba entre 8,3 y 8,5.

Loyola (2018), investigó el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de la digestión anaerobia adicionando suelo de chaparro con el fin de obtener un biol, el cual podría ser empleado para aumentar el rendimiento agrícola. Se evaluó la calidad de los bioles con normas internacionales, se observó la cantidad de NPK, se experimentó en campo abierto con *Raphanus sativus*; además, se evaluó el aporte de los bioles al suelo. Como resultado se obtuvo que los bioles no cumplen con las normas internacionales, comparando con diferentes autores se observa que los bioles están dentro del intervalo de los mismos, una vez analizadas las variables de estudio empleando el diseño completamente al azar se observa que los tratamientos no son estadísticamente diferentes, el mejor tratamiento de aporte de NPK al suelo fue variable. Se concluye que los insumos y los parámetros de digestión anaerobia son fundamentales para obtener un biol que cumpla con las normas internacionales, además, al 0 % se produjo la activación de los microorganismos de montaña, aunque no se observaron resultados en las variables estudiadas debido a que los niveles de NPK estaban en niveles críticos en el suelo según lo reportado por los análisis.

### 2.1.2. A nivel nacional

Florez, Roldán, & Juscamaita (2022), el objetivo de su investigación fue elaborar un fertilizante líquido utilizando subproductos de trucha (FLVT), caracterizarlo y evaluar la fitotoxicidad. El contenido total de aminoácidos fue de 3.2 g/100 g y el de proteína fue de 6.2 g/100 g; mientras el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio fue de 12 040 mg/l, 1 189 mg/l, 5 540 mg/l, respectivamente. El fertilizante líquido no presentó E. coli ni Salmonella sp. Los contenidos de plomo, cadmio y cromo fueron menores a los límites máximos permisibles según las normativas para fertilizantes líquidos. En la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga *Lactuca sativa*, las concentraciones del FLVT de 0.1% a 0.001% estuvieron libres de sustancias fitotóxicas y con valores de índice de germinación (IG) mayores a 80%.

Peralta, Juscamaita, & Meza (2016), su investigación tuvo como objetivo proponer un sistema biológico acelerado (5 días) para la obtención de abonos orgánicos. De este modo, se pre-trataron excretas frescas de ganado vacuno y se aplicaron 25 tratamientos con las excretas tratadas (ET) en una proporción hasta del 100%, melaza de caña de azúcar y como inóculo el consorcio microbiano ácido láctico (B-lac) en la proporción de 0, 5, 10, 15 y 20 % (v/p) respectivamente, bajo un Diseño Completo al Azar (DCA) con arreglo factorial 5x5. Los tratamientos fueron evaluados por un período de 21 días y los resultados mostraron al tratamiento T20 (20% melaza, 15 %B-lac y 65% ET) como el mejor tratamiento que cumplió los requerimientos planteados de pH más bajo 4.02 y acidez más alta en el menor tiempo de 2.06% en ácido láctico; además T20 estuvo exento de agentes patógenos y presentó buenas propiedades agronómicas de

nitrógeno 4 200 mg L<sup>-1</sup> , de fósforo 744 mg L<sup>-1</sup> , potasio 17 200 mg L<sup>-1</sup> , materia orgánica 181 g L<sup>-1</sup> y un alto contenido de micronutrientes.

Buchelli (2014a), quien investigó la utilización de los residuos orgánicos de las industrias cervecera, ganadera y láctea como son el bagazo de cebada, las excretas de ganado vacuno y el suero de quesería respectivamente para generar biofertilizante mediante el proceso de fermentación homoláctica. Para ello, se prepararon en la etapa laboratorio 16 tratamientos con diferentes concentraciones de consorcio microbiano B-lac, melaza y la mezcla de bagazo de cebada, las excretas de vacuno y suero de quesería, evaluándose los parámetros de pH, porcentaje de ácido láctico, ausencia de hongos, olor y costos para la elección del mejor tratamiento. Llegando a ser rentable la utilización de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería para generar biofertilizante, logrando una ganancia neta mínima de 875 nuevos soles por la producción de 806 litros de biofertilizante, representando un porcentaje de ganancia del 76.6%.

Pacheco & Malca (2016), describieron el desarrollo de un abono orgánico líquido tipo biol usando desechos orgánicos, un bio-reactor simple y un proceso anaeróbico. Los desechos orgánicos consisten de estiércol de ganado, follaje de leguminosas, pseudotallos de plátano además de cabezas y vísceras de pescado, que son insumos económicos y de fácil obtención por ser residuos de actividades agrícolas y ganaderas. El bio-reactor simple consta de un tanque plástico sellado herméticamente, que es la infraestructura sobre la cual las reacciones químicas y orgánicas

toman lugar para la generación del biol. Finalmente, el proceso anaeróbico se basa en la privación de oxígeno a la biomasa entrante con el objetivo de generar procesos fermentativos en diferentes fases: hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis. Una vez la última fase es terminada, el resultado consta de dos componentes: el componente sólido conocido como lodo o biosol y el componente líquido conocido como biol que es un abono económico, ambientalmente amigable que no contamina las aguas subterráneas y principalmente la capa vegetativa que se utiliza para los cultivos tradicionales. Se obtuvo para el fósforo 7,6 g/kg y para el hierro 63,3 mg/kg. Se concluye que el biol presenta mejoras significativas en fósforo y hierro.

Quiñones (2016), ejecutó el estudio de investigación “Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica”. El mejor tratamiento contenía Biolac y melaza en proporción 5:15, con una elevada acidez y salinidad. El biofertilizante presentó un alto contenido nutricional y ausencia relativa de coliformes totales, fecales y E. coli.

### **2.1.3. A nivel local**

Lastra (2019), investigó obtener un abono líquido, en 30 días empleándose 12 biofermentos de mezcla de excretas con lactosuero (proporción de 1:1). Se aplicó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones con dosis de microorganismos eficientes (T1= 0 ml, T2= 100 ml, T3= 200 ml, T4= 300 ml). Se realizó un análisis inicial como base y luego se realizó tomas de muestras del biol en dos ocasiones al día 5 y al día 30. Los parámetros analizados fueron, pH,

temperatura; Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio; Coliformes termotolerantes, Coliformes totales. El tratamiento de los datos se realizó con el análisis de varianza y prueba de Tukey ( $p > 0.005$ ) y según los resultados obtenidos en la aplicación de distintas dosis de microorganismos eficientes, tuvo efecto positivo en la calidad microbiológica, reduciendo considerablemente las concentraciones de  $58 \times 10^6$  NMP/100 ml a 4.23 NMP/100 ml de Coliformes Termotolerantes y a 5,66 NMP/100 ml Coliformes Totales, sin embargo en el aspecto químico, no tuvo mayor incidencia en el contenido de macronutrientes.

Meza (2014), quien investigó en la elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papas de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-lac. Para lo cual, después de las pruebas realizadas, se determinó que las mezclas T10, T15, T 20 y T25 fueron los que obtuvieron los valores más bajos de pH y mayor porcentaje de acidez titulable al finalizar los cinco primeros días de fermentación homoláctica. La Papa-Biol presentó valores de macronutrientes y micronutrientes aceptables, estos fueron mayores a 4 de los vióles con los cuales se comparó, siendo dos de ellos realizados en base a materia vegetal. Por ésta razón, el Papa-Biol nos asegura ser un buen abono líquido para las plantas.

Romero (2019), en su investigación determinó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de cenizas de palma aceitera en el Biol generado en la PTAR de Olamsa. El estudio cuenta con tres tratamientos con insumos distribuidos de la siguiente manera: Tratamiento 0 (T0) 2,4 litros de Biol generado en la PTAR de Olamsa + 0 gramos de cenizas de palma

aceitera; Tratamiento 1 (T1) 2,4 litros de Biol generado en la PTAR de Olamsa + 100 gramos de cenizas de palma aceitera; Tratamiento 2 (T2) 2,4 litros de Biol generado en la PTAR de Olamsa + 200 gramos de cenizas de palma aceitera. Mediante los tratamientos instalados se determinó las concentraciones de macronutrientes como el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio; y de micronutrientes como el Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso. Los resultados obtenidos demostraron que en el T2 las cenizas de palma aceitera aportaron mayor concentración de Nitrógeno, Fósforo, Cobre y Manganeso en el Biol generado en la PTAR de Olamsa; mientras que el T1 las cenizas de palma aceitera aportaron mayor concentración de Potasio, Calcio, Magnesio y Hierro.

## **2.2. Planteamiento Teórico del Problema**

### **2.2.1. Residuos sólidos**

Según el artículo 14º de la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314), se consideran como “residuos sólidos” a aquellas sustancias, productos o subproductos de naturaleza sólida o semisólida, que su generador dispone o está obligado a disponer, según lo establecido en la normatividad nacional sobre los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados adecuadamente, a través de un sistema que debe incluir, según corresponda, los siguientes procesos:

- Minimización de residuos
- Segregación en la fuente
- Reaprovechamiento
- Almacenamiento
- Recolección

- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Transferencia
- Disposición final

### **2.2.2. Clasificación de los residuos sólidos**

**Clasificación por estado:** Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica Román (2012c).

**Clasificación por origen:** Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. A los residuos sólidos se los puede clasificar, dependiendo del origen de su generación en dos tipos:

**a. Residuos Sólidos Urbanos:** Se define como residuo sólido urbano a todo desecho que resulta de las actividades cotidianas que se realizan dentro del perímetro urbano de una ciudad.

**b. Residuo Sólido Rural:** si bien el término hace solo referencia a los residuos generados como referencia a la ubicación geográfica de su origen, cabe anotar que generalmente estos residuos difieren

comparativamente en la composición y cantidades de residuos sólidos que son producidos en los centros urbanos.

### **2.2.3. Estudio de caracterización de residuos sólidos**

Según el Ministerio del Ambiente 2018, es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos en este caso caseríos, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también la planificación administrativa y financiera, ya que sabiendo cuánto de residuos sólidos se genera en cada una de las actividades que se producen residuos.

### **2.2.4. Situación actual de los abonos orgánicos en el Perú**

Al 2014, el mercado de los abonos orgánicos en el Perú generó US\$ 200 millones anuales, y se estima que su demanda es de 8.6 millones de toneladas al año; además se proyecta que la agro-exportación peruana superará los US\$ 10 billones en el 2020, un sector en continuo crecimiento (MINAGRI, 2014), Según los resultados del VI Censo Nacional Agropecuario, de los 5'476'977 Ha. de superficie agrícola que existen en el Perú, 18% corresponden a una extensión aproximada de 1 millón de hectáreas, catalogada como área mejorable, es decir que su suelo debe ser enriquecido con fertilizantes. (p.23)

En el Perú el número total de productores agropecuarios que utilizan algún tipo de abono orgánico es de 1, 370 000; el cual representa el 62% del total de productores agropecuarios (INIA, 2012), lo cual es indicativo

del potencial agropecuario en el país, especialmente en zonas alto andinas (p.51)

### 2.2.5. Biofertilizante líquido

También denominado bio abono líquido, es un tipo de abono orgánico que es producto de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos provenientes de animales y vegetales, como estiércol o restos vegetales (Arana, 2011). Esta degradación se lleva a cabo en depósitos herméticamente cerrados que tienen el nombre de biodigestores (Peralta R. , 2010).

El biol es una fuente orgánica de fitoreguladores que, a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. Influye sobre actividades agronómicas como el enraizado (aumentando y fortaleciendo la base radicular), acción sobre el follaje (ampliando la base foliar), mejora la floración y el poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de la cosecha (Susquilanda, 1995a).

**Tabla 1.**  
*Composición química de diferentes tipos de bioles.*

Componente	Estiércol vacuno	Restos de comida	Restos de banana hojas, tallos y frutos
pH	7,96	8,1	No mencionada
Materia seca	4,18%	4,2%	No mencionada
Nitrógeno total	2,63 g/Kg	2,4 g/Kg	0,2 g/kg
NH <sub>4</sub>	1,27 g /Kg	1,08 g/Kg	No mencionada
Fosforo	0,43 g /Kg	1,01	0,076 g/kg
Potasio	2,66 g /Kg	2,94	4,2 g/kg

Calcio	1.05 g /Kg	0,50	0,056 g/kg
Magnesio	0,38 g /Kg	No mencionada	0,131 g/kg
Sodio	0,404 g /Kg	No mencionada	2,1 g/kg
Azufre	No mencionada	No mencionada	6,4 g/kg
Carbono	No mencionada	No mencionada	1,1 g/kg
Aluminio	No mencionada	No mencionada	0,04 g/kg
Boro	No mencionada	No mencionada	0,56 g/kg
Zinc	No mencionada	No mencionada	No mencionada

**Fuente:** Aparcana, (2005)

### 2.2.6. Biol acelerado

Los bioles acelerados son el resultado de la fermentación láctica de la materia orgánica utilizando el consorcio microbiano B-lac, estas bacterias aceleran el proceso de degradación de los residuos además de eliminar rápidamente las bacterias y otros patógenos por la producción de ácido láctico que inhibe el crecimiento y desarrollo de las otras bacterias dándole ventaja competitiva a las bacterias ácido-lácticas, estos ácidos le dan la particularidad a los bioles acelerados de tener un pH ácido (Peralta R. , 2010).

Además, la producción de este abono orgánico es una gran alternativa a la utilización de fertilizantes químicos debido a la baja inversión económica para su producción y su rapidez para transformar múltiples tipos de residuos orgánicos que evitarán y minimizarán los impactos ambientales de estos. Al igual que los bioles la composición nutricional de los bioles acelerados varía con la composición química de los insumos utilizados en el proceso de fermentación. En la tabla 2 se muestra la composición química de diferentes bioles acelerados.

**Tabla 2.**  
*Composición química de los bioles acelerados.*

Nutrientes (mg/l)	Composición química de los bioles acelerados			
	Biol acelerado de estiércol de vacuno	Biol acelerado de residuos de rocoto	Biol acelerado de estiércol de ovino	Biol acelerado de residuos de pota
<b>N</b>	4200	2716	1876	16800
<b>P</b>	744.2	259	203.4	1222
<b>K</b>	17200	8040	9005.6	8160
<b>Ca</b>	5200	836	1523.10	1520
<b>Mg</b>	1740	556	1044.4	864
<b>Na</b>	1040	214	590.8	2280

Fuente: Peralta (2010).

### 2.2.7. Microorganismos eficientes

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

Los ME han mostrado efectos beneficiosos para el tratamiento de aguas negras, reducción de malos olores, en la producción de alimentos libres de agroquímicos, el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades, entre otros (Feijoo, 2016).

Los ME surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Teruo Higa,

de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa aproximadamente en 1970. Este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, el mismo había sufrido efectos tóxicos de plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercitar su profesión (Quispe y Chávez, 2017).

#### **2.2.8. Grupo microbiano que componen los ME**

##### **Las bacterias ácido lácticas (BAL)**

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

Son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles, anaeróbicos, microaerofílicos o aerotolerantes; oxidasa, catalasa y bencidina negativas, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito y producen ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos (Soto, Cárdenas, & García, 2017). Además, las BAL son ácido tolerante por lo que algunas pueden crecer a valores de pH tan bajos como 3, 2; otras a valores tan altos como 9,6; y la mayoría crece a pH entre 4 y 4,5. Estas características le permiten sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no lograrían sobrevivir (Souza, Ambrosini, & Passaglia, 2015).

Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*S. lactis*) y *Pediococcus*, que pueden ser aisladas a partir de alimentos fermentados,

masas ácidas, bebidas, plantas y los tractos respiratorio, intestinal y vaginal de animales homeotérmicos entre otros. Las mismas pueden mostrar efecto antagónico frente a diferentes agentes fitopatógenos del suelo debido fundamentalmente a la disminución del pH, la producción de péptidos con actividad antimicrobiana como son bacteriocinas clase I y la nisina muy activa contra bacterias Gram positivas. Desde el punto de vista bioecológico estas bacterias son microaerófilos por ello se desarrollan bien en una atmósfera con un 5 % de CO<sub>2</sub>. Son microorganismos de lento crecimiento muy dependiente de la temperatura, cuyo óptimo es de 30 °C (Londoño, TOborda, López, & Acosta, 2015).

### **Las bacterias fotosintéticas**

Son un grupo de microorganismos representados fundamentalmente por las especies *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, microorganismos autótrofos facultativos. Este grupo utiliza como fuente de carbono moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y como fuente de energía utilizan la luz solar y la energía calórica del suelo (Su, Tan, Li, & et al., 2017)

Entre las bacterias fotosintéticas que forman parte de los ME, *R. palustris* es una bacteria fototrófica facultativa clasificada como una bacteria púrpura no de azufre. Esta especie es capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, donde todos ellos pueden ser utilizados por microorganismos heterótrofos para su crecimiento (Feijoo, 2016).

Por otra parte, *R. sphaeroides* es una bacteria fotosintética facultativa y Gram negativa. Las células de *R. sphaeroides* pueden vivir tanto en agua dulce como en agua de mar, y formar una película rosada en la superficie de

los estanques. Además de la actividad fotosintética, *R. sphaeroides* muestra gran diversidad metabólica que incluyen litotrofismo, respiración aeróbica y anaeróbica, la fijación de nitrógeno y la síntesis de tetrapiroles, clorofilas, hemos y vitamina B12. Muchas cepas de *R. sphaeroides* poseen un flagelo ubicado en el costado del cuerpo celular, pero el flagelo es en realidad peritrico (Morocho & Mora, 2019).

### **Levaduras**

Las levaduras son un grupo microbiano presente en la preparación de los ME capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos (Fayami & Ojokoh, 2014).

Otros nutrientes requeridos por estos microorganismos es el fósforo que se puede administrar en forma de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas del complejo B. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las BAL. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad antifúngica (Meena & Meena, 2017). *S. cerevisiae* es un eucariota unicelular, de forma globular y color verde amarillento. Es un microorganismo quimioorganótrofo, ya que requiere de

compuestos orgánicos como fuente de energía y no requiere de luz solar para crecer. Esta levadura es capaz de utilizar diferentes azúcares, siendo la glucosa la fuente de carbono preferida. Esta especie es anaeróbica facultativa, ya que es capaz de crecer en condiciones de deficiencia de oxígeno. Durante esta condición ambiental, la glucosa es convertida en diferentes intermediarios como etanol, CO<sub>2</sub> y glicerol. Esto último se conoce como fermentación alcohólica. El crecimiento de la levadura no es eficiente, sin embargo, es el medio ampliamente utilizado por la industria para fermentar los azúcares presentes en diferentes granos como trigo, cebada y maíz (Gao, Zhang, Wen, & et al., 2019).

### **Actinomicetos**

Los actinomicetos son bacterias filamentosas con cierta similitud con los hongos. El crecimiento consiste en un micelio ramificado que tiende a fragmentarse en elementos bacterianos. Muchos actinomicetos son de vida libre, particularmente en el suelo. Se destacan por su papel principal en la solubilización de la pared celular o componentes de las plantas, hongos e insectos. Por ello tienen gran importancia en el compostaje y en la formación de suelos. Algunas especies de actinomicetos pueden ser endófitos en tejidos vegetales (Morocho & Mora, 2019).

Como componentes de ME *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de actinomicetos informadas (Vurukonda, Giovanardi, & Stefani, 2018). Varias especies de actinomicetos, principalmente las que pertenecen al género *Streptomyces*, son excelentes agentes de control biológico debido a su amplio repertorio para producir compuestos antifúngicos que inhiben el crecimiento micelial de varios hongos fitopatógenos. La actividad antagonista de *Streptomyces* contra

hongos patógenos generalmente está relacionada con la producción de compuestos antifúngicos como: enzimas hidrolíticas extracelulares (quitinasas y  $\beta$ -1,3-glucanasa), se consideran enzimas hidrolíticas importantes en la lisis de las paredes celulares de *Fusarium oxysporum* Schldl., *Sclerotinia minor* Jagger y *Sclerotium rolfsii* Sacc. (Chaurisia, Meena, Tripathi, & et al., 2018).

### **Hongos fermentadores**

Los hongos contribuyen con los procesos de mineralización del carbono orgánico del suelo; además una gran cantidad de los hongos son antagónicos de especies fitopatógenas. Por otro lado, los hongos poseen la capacidad de reproducirse tanto sexual como asexualmente, en donde la segunda les permite multiplicarse de forma rápida bajo condiciones favorables (sustratos ácidos y ricos en carbono) y la sexual (esporas) es más común bajo condiciones desfavorables. Los hongos poseen requerimientos relativamente bajos de nitrógeno, lo cual les brinda una ventaja competitiva en la descomposición de materiales como la paja y la madera (Yang, Jiang, HSE, & Liu, 2017).

Dentro de los principales representantes de estos hongos encontramos a las siguientes especies: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp y *Mucor hiemalis* Wehmer. *A. oryzae* es un hongo microscópico, aeróbico y filamentoso. Esta especie ha sido utilizada milenariamente en la cocina china, japonesa y de otros países de Asia Oriental especialmente para fermentar soja y arroz, aunque también se refiere actividad celulolítica. Varias especies del género *Penicillium* son excelentes degradadores de lignina y celulosa, muy comunes en los

ecosistemas tropicales por su capacidad de secretar enzimas extracelulares, su adaptación a ambientes ácidos, y al estrés hídrico, su rápido crecimiento (Gendy, Zahrani, & Bondkly, 2017).

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* sp. Se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. Las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial. Esta distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. Las especies de *Trichoderma* pueden ejercer diferentes mecanismos biocontroladores como: competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia (Horwath, 2017).

#### **2.2.9.1 Bacterias B-LAC (consorcio microbiano de bacterias ácido láctico)**

EL consorcio de bacterias Biolac (B-Lac) está elaborado con cepas seleccionadas de bacterias probióticas del género *Lactobacillus* (Guccione, 2009). La composición de este se puede observar en la tabla 3.

En este consorcio hay total ausencia de mohos, coliformes fecales y coliformes totales, debido al pH ácido (pH de 3.5,) por la formación de ácido láctico que producen las bacterias probióticas, además producen bacteriocinas y peróxido de hidrógeno previniendo el crecimiento de

microorganismos patógenos. Las levaduras comúnmente se encuentran junto con las BAL, pero estas no son perjudiciales (García, 2008). Estas bacterias toleran ambientes con pH ácido, a diferencia del resto de bacterias, además son mesófilas, aunque son capaces de vivir en un rango de 5°C- 45°C, generalmente su temperatura óptima es de 25-35 °C. Estas bacterias también son muy exigentes con respecto a su alimentación, sólo crecen en medios ricos en vitaminas, bases nitrogenadas y fuentes de carbono, por ello, se suele utilizar melaza u otros insumos similares como alimento para las BAL (Ramírez, 2005).

**Tabla 3.**  
*Análisis microbiológico del B-Lac.*

Análisis Microbiológico	Resultado
Recuento de <i>Lactobacillus sp.</i> (UFC/ml)	7x10 <sup>7</sup>
Recuento de Levaduras (UFC/ml)	2.5x10 <sup>5</sup>
Recuento de mohos (UFC/ml)	<10
Recuento de bacterias mesófilas viables (UFC/ml)	3.3x10 <sup>4</sup>
Recuento de coliformes totales (NMP/ml)	<3
Recuento de coliformes fecales (NMP/ml)	<3

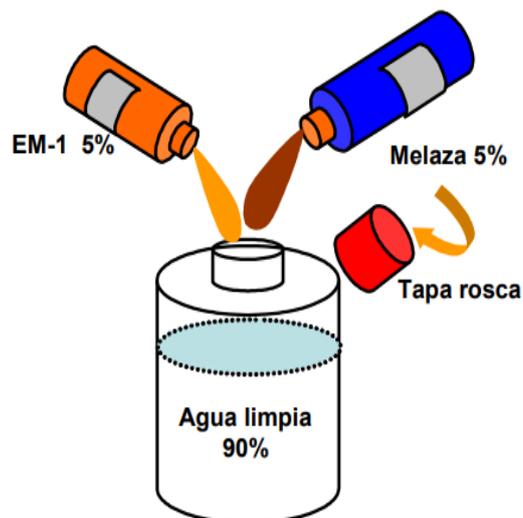
Fuente: García (2008).

### 2.2.9.2. Dosis para elaborar B-LAC (EM activado)

Peter (2006b) recomienda: Mezclar 1 litro de B-LAC con 1 litro de melaza de caña de azúcar y 18 litros con agua templada de una buena calidad. Dejar fermentar de siete a diez-días con una temperatura de entre 25 °C y 37 °C con el bidón cerrado. A partir del tercer día, dejar escapar un poco de aire una vez al día. El B-LAC estará listo cuando ya no se produzca más presión. El proceso de fermentación debería tener lugar, a ser posible, en la oscuridad. Éste producto se puede utilizar de

forma óptima durante 14 días; después, pierde en eficacia. Por ello, se debería calcular antes la cantidad exacta.

Es un producto comercial de inocuidad microbiológica, al estar compuesto por *Lactobacillus* y haber ausencia relativa de mohos, coliformes fecales y coliformes totales en su composición (Guccione, 2009), debido al pH ácido de 3.5 que ellos mismos generan y son capaces de tolerar, manteniéndose estables por periodos prolongados (Román, 2012). Su uso en producción de biofertilizantes transforma las excretas del ganado en un producto inocuo, ya que activa y hace desarrollar la fermentación homoláctica (Román, 2012c). Se utiliza además en ganadería y agricultura para la reducción de olores desagradables y como enmienda orgánica, respectivamente. Las levaduras presentes en el Biolac realizan la fermentación de azúcares, produciendo alcohol o ácido láctico Bylund, 2003 citado por (Gordón, 2013), y a pesar de que se encuentran junto con las bacterias ácido lácticas, éstas no son perjudiciales (García, 2008). El Biolac también contiene bacterias mesófilas viables ( $3.3 \times 10^4$  UFC/ml) capaces de desarrollarse en ambientes a 30°C, las cuales toleran ambientes con pH ácido, a diferencia del resto de bacterias, además son mesófitas, aunque son capaces de vivir en un rango de 5°C a 45°C, generalmente su temperatura óptima es de 25°C a 35°C (Martín, 2002).



**Figura 1.** Activación de Microorganismos Eficientes (Fuente: Guía Metodológica, 2019).

Cuando los microorganismos del Biolac entran en contacto con la materia orgánica secretan vitaminas, ácidos orgánicos, bacteriocinas y fundamentalmente sustancias antioxidantes (Román, 2012d).

### 2.2.10. Melaza

A la melaza se le denomina miel final 85° Brix. La denominación Brix es usada para indicar la gravedad específica. La lectura en Brix se usa en la comercialización; de esta manera cuando las lecturas en Brix son usadas en soluciones puras de azúcar, estas indican el porcentaje de azúcares por peso. No obstante, la melaza contiene también ciertos minerales, gomas y otros materiales extraños, por lo que las lecturas en Brix no son un indicador verdadero del total de azúcar o sólidos totales. La melaza contiene de 75 a 83% de materia seca, 30 a 40% de sacarosa, 2.5 a 4.5% de compuestos nitrogenados (predominado aspartato y glutamato) y aproximadamente, 0.4 a 1.5% de nitrógeno. La melaza

contiene de 26 a 40% de sacarosa y de 12 a 25% de azúcares reductores, con un contenido total de azúcar de más de 50 a 60%. El contenido de proteína cruda normalmente es bastante bajo (cerca del 3%) y variable, el contenido de ceniza varía de 8-10%, constituido principalmente por K, Mg, Ca, Cl y sales de azufre (Michel, 2009). Esta composición es precisamente lo que le da a la melaza un gran valor alimenticio como suplemento en la elaboración de piensos para la alimentación de ganado (CONADESUCA, 2016).

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Residuos orgánicos municipales:** están compuestos por residuos de origen biológico (vegetal o animal) que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como fertilizantes (compost, humus, entre otros) (OEFA, 2016).
- **Biodigestor:** este dispositivo es fundamental en la presente investigación. Básicamente consiste en un “contenedor cerrado, hermético e impermeable dentro del cual se deposita el material orgánico que, para transformarlas en subproductos aprovechables, en este caso gas metano y abono, comúnmente se los denomina Biodigestores. Toman su término de digestivo o digestión” (Auxiliadora & Zelaya, 2015).
- **pH:** es el nivel de acidez o basicidad de una sustancia. Alude específicamente a la concentración de iones de hidrógeno presente en un cuerpo o sustancia. La digestión anaeróbica se ve afectada por los cambios de pH que suceden dentro de los biodigestores. Estas transformaciones

provocan que las bacterias metanogénicas que descomponen a un pH entre 6.5 y 7.5 cercano a un pH neutro se empiecen a inhibir (Glossary, 2021).

- **Bacterias ácido lácticas:** Son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles, anaeróbicos, microaerófilicos o aerotolerantes; oxidasa, catalasa y benzidina negativas, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito y producen ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos (Soto et al., 2017).
- **Bacterias fotosintéticas:** Son un grupo de microorganismos representados fundamentalmente por las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *hodobacter sphaeroides*, microorganismos autótrofos facultativos. Este grupo utiliza como fuente de carbono moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y como fuente de energía utilizan la luz solar y la energía calórica del suelo (Su et al., 2017).
- **Biol:** El biol es un fitoestimulante orgánico con contenido de fitoreguladores, que resulta de la descomposición anaeróbica (sin oxígeno), de los desechos orgánicos que se obtiene por medio de filtración o decantación del bioabono. Pueden ser preparados a partir de estiércol fresco, disuelto en agua y enriquecidos con leche, melaza y ceniza, el cual se deja fermentar por varios días en túneles o tanques de plástico en anaerobiosis (Lagler, 2017).
- **Biosol:** Es el residuo sólido que queda al prensar y extraer la parte líquida del biofertilizante (Buchelli, 2014b)
- **Coliformes Totales:** Los coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas

de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C.

- **Descomposición de Materia Orgánica:** se trata de materia orgánica muerta o detritus, representa la mayor parte de la energía química presente en los ecosistemas. En cualquier eslabón de la cadena trófica (Pozo J. , 2009).
- **Fosforo Total:** Constituye numerosos compuestos fundamentales en la vida de las plantas, forma parte de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP y del ATP. En tejidos meristemáticos de las regiones de la planta que son sede de un activo crecimiento, se encuentran fuertes concentraciones de fósforo (Román, 2012e).
- **Nitrógeno Total:** Es esencial para la vida de las plantas porque estimula el crecimiento por encima del suelo, se encuentra bajo tres formas químicas: orgánica, amoniacal y nítrica. El nitrógeno orgánico procede de la descomposición de materias vegetales (restos de cosechas, estiércol, abonos verdes, etc.). Por acción de algunos microorganismos del suelo, el nitrógeno orgánico se transforma en nitrógeno mineral, es de esa forma en la que el nitrógeno puede ser absorbido por las plantas. La forma nítrica se asimila directamente, en cambio la forma amoniacal tiene que pasar a la forma nítrica, pero una parte de esta también se puede asimilar, sobre todo en la primera fase de las plantas (Ricse, 2013)
- **Potencial de hidrogeno:** La fabricación de abono orgánico líquido, requiere que el pH oscile entre un 6 y 7, los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales. El pH

desciende en los primeros días hasta 5 por la producción de ácidos orgánicos.

- **Potasio Total:** El potasio se encuentra en el suelo en pequeñas cantidades y es absorbida por las plantas bajo la forma del ión  $K^+$  (Román, 2012e), la importancia del potasio en el desarrollo de las plantas es diversa: influye en el intercambio de carbohidratos, en la síntesis de proteínas, regula la actividad de otros elementos minerales, participa en la activación de múltiples enzimas y coordina los movimiento de apertura y cierre de los estomas, regulando así el régimen hídrico de las plantas.

## **CAPÍTULO III**

### **Metodología**

#### **3.1. Metodología de la investigación**

De acuerdo a Behar (2008), el nivel y tipo de investigación es:

El nivel de la investigación es explicativo y experimental porque analizamos y determinamos las causas de los efectos físicos, químicos y biológicos, nos centramos en explicar porque ocurrieron los fenómenos del biol, en qué condiciones se dio este, y la explicación de las correlaciones de las variables de sus causas y efectos.

El tipo de investigación según el estudio es aplicativo, ya que se resolvió problemas prácticos, como la utilización de abonos orgánicos elaborados por los mismos pobladores del caserío, y los resultados se aplicaron de inmediato en la solución del problema para satisfacer las necesidades de la sociedad del sector productivo agropecuario mejorando las condiciones del suelo con nutrientes orgánicos,

El proyecto consistió en depositar 200 g de residuos orgánicos de origen domiciliario (Caserío Las Mercedes, distrito de Curimaná, Padre Abad, Ucayali) + según sea el caso, para el tratamiento 1: 100 ml de EM activos, tratamiento 2: 150 ml de EM activos, tratamiento 3: 200 ml de EM activos y el tratamiento 4: 250 ml de EM activos, sometidos a una digestión anaerobia, durante 15 días, durante el proceso de fermentación para la obtención del abono líquido (biol), se realizó la medición del pH en los días 0, 1, 2, 3, 4, 5, 8 y 15; y la concentración de NPK en los días 4, 9 y 15. Para el caso del estudio no se consideró la medición del Biosol (abono sólido), la metodología empleada es similar, Azeem (2015), de tal manera que se pueda contar con un

procedimiento práctico y pueda ser utilizado por el sector agrario y se promueva la economía circular.

### **3.2. Ubicación, población y muestra**

#### **3.2.1. Ubicación**

El proyecto se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de Microbiología y Parasitología, perteneciente a la Universidad Nacional de Ucayali, en el Distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali, con Coordenadas Este: 466980.07 y Norte: 9066855.82, la muestra de residuos se adquirió del Caserío las Mercedes, del Distrito de Curimaná, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali. Donde este clima es considerado Af; Ecuatorial o tropical húmedo según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Pucallpa se encuentra a 25.8 °C. Las precipitaciones es alrededor de 2682 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

#### **3.2.2. Población**

La población estuvo constituida por la cantidad de residuos sólidos orgánicos, procedente de una muestra (46 viviendas) de la población de 160 viviendas, el cual tiene una generación domiciliaria de 339.48 Kg/día de residuos sólidos con un 73.43% de fracción orgánica en el caserío las Mercedes del Distrito de Curimaná.

#### **3.2.3. Muestra**

El tipo de muestreo fue probabilístico (se mezcló los residuos orgánicos y se hizo grupos, de los cuales todos tenían la misma probabilidad de ser elegidos) del tipo aleatorio simple, compuesta por

2.4 kg de residuos sólidos orgánicos para el análisis fisicoquímico y para la obtención de abono líquido (biol), ya que cada tratamiento consistió en 200 g de residuo orgánico.

### 3.3. Diseño de la investigación

Se realizó una investigación experimental del tipo preexperimentos, con un diseño de estudio de una sola medición, el cual consistió en la aplicación de microorganismos eficiente – EM a los residuos orgánicos domiciliarios, para evaluar el comportamiento de la degradación y su calidad en términos de NPK y pH del Biol, los cuales fueron sometidos a 3 repeticiones en cada nivel; haciendo un total de 12 unidades experimentales considerado.

**Tabla 4.**  
*Diseño de la investigación.*

Tratamiento con repetición	Relación (ml de EM:g de RO)	Resultados
R1G1	0.5:01	0
R2G1	0.5:01	0
R3G1	0.5:01	0
R1G2	0.75:01	0
R2G2	0.75:01	0
R3G2	0.75:01	0
R1G3	01:01	0
R2G3	01:01	0
R3G3	01:01	0
R1G4	1.25:01	0
R2G4	1.25:01	0
R3G4	1.25:01	0

Este diseño muestra la interacción (relación de EM + residuos orgánicos) con los grupos experimentales (G1, G2, G3 y G4) con sus respectivas repeticiones (R), así como los resultados que se obtuvieron (O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub>, O<sub>7</sub>, O<sub>8</sub>, O<sub>9</sub>, O<sub>10</sub>, O<sub>11</sub>, O<sub>12</sub>).

### **3.4. Análisis estadístico**

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico con el software Minitab 19, se realizó una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) y Kruskal. Wallis para determinar cuál es tratamiento con el biol de mejor calidad a un nivel de confianza del 95%, una posterior prueba de HSD Tukey, ello se evaluó mediante gráficos de las medias.

### **3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.5.1. Técnicas**

Se empleó la observación experimental, porque se elaboró un registro de datos en condiciones relativamente controladas a través de la ejecución del proyecto, el cual estaba sujeto a los datos que registraron en campo y los análisis obtenidos de laboratorios.

#### **3.5.2. Instrumentos**

Se empleó el uso de la guía del MINAM (2019), para el estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios para así poder registrar los datos obtenidos de la caracterización y procesar de acuerdo a su formato.

#### **Materiales**

- Tablero de apuntes
- Rótulos
- 24 Baldes (1L)
- Bolsas plásticas (10 x 15 cm)
- Ligas de hule
- Organza

- 1 Pala pequeña
- 1 Pala de metal
- Botas de jebe
- Plumón de tinta indeleble
- Lapiceros
- Libreta de apuntes
- 1 Bureta (25 ml)
- 1 Piseta
- 3 Matraces aforados (50 ml)
- 1 Matraz de Erlenmeyer (50 ml)
- 1 Agitador de metal
- Placas Petri
- Tubos de microbiología
- Papel filtro
- Papel toalla
- Pinza
- Pipetas graduadas
- 1 Probeta graduada
- Fiola de 50 ml
- Guantes de látex
- Mascarillas
- Mandil

### **Equipos**

- Multiparametro para pH, Conductividad.

- Estufa eléctrica
- Balanza analítica
- Autoclave
- Taladro
- Cámara fotográfica

### **Insumos**

- Residuos sólidos orgánicos
- 3 litros del Microorganismo eficientes
- Melaza de caña
- Soluciones buffer de pH 7.01 y 4.01
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Alcohol 96°

## **3.6. Procedimiento de recolección de datos**

### **3.6.1. Adquisición de materiales, equipos, herramientas e insumos**

En esta primera etapa se adquirió los materiales, equipos, herramientas, insumos y otros componentes que ayudaron a alcanzar el cumplimiento y desarrollo del proyecto, esto con la finalidad de obtener una información de base, respecto a la caracterización de residuos sólidos domiciliarios.

### **3.6.2. Selección y acondicionamiento del área de trabajo**

Se seleccionó para este estudio al caserío las Mercedes, por otro lado, la parte experimental de la obtención de Biol se desarrolló en los

laboratorios de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Ucayali.

### **3.6.3. Estudio de Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del caserío Mercedes**

Para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos se empleó los procedimientos de la Guía actualizada de estudios de caracterización de residuos sólidos Municipales del año 2018 (MINAM).

La caracterización de residuos sólidos domiciliarios tuvo como duración de ocho días ininterrumpidos. Se desarrolló 8 pasos para obtener la población muestral, la generación per cápita, la generación domiciliaria, la densidad, el volumen y la caracterización de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario (MINAM, 2018).

El estudio solo hubo una zona (la parte domiciliaria que comprendía 46 viviendas. Se envió una carta de invitación a los generadores domiciliario, posteriormente, se empadronó y realizó encuestas a los domicilios, que aceptaron ser parte de éste estudio, lo cual fue señalizada con un pequeño sticker que los permitía identificar rápidamente. Se entregó 2 bolsas, 1 bolsa de color negro para residuos sólidos inorgánicos y orgánicos, y 1 bolsa de color rojo para los residuos sanitarios, al cabo del término del día se procedió a recoger los residuos y a dejar nuevas bolsas, se aplicó un código de cada generador y procedió con la caracterización mediante el pesado y la segregación, durante 8 días ininterrumpidos; la densidad se calculó

mediante un balde de 20 L, sin compactar, por último se realizó la caracterización por el método del conteo.



**Figura 2.** Recolección de datos sobre residuos domiciliarios en el caserío las Mercedes (encuesta).



**Figura 3.** Cuantificación del peso de residuos sólidos domiciliarios.



**Figura 4.** Segregación de residuos sólidos domiciliarios en caserío Mercedes.

#### 3.6.4. Preparación de biol



**Figura 5.** Activación de los Microorganismos eficientes.



**Figura 5.** Triturado de los residuos orgánicos domiciliarios.

Se utilizó los residuos de materia orgánica domiciliarios de acuerdo a los tratamientos y relaciones para la preparación de los biofermentos. Primero se mezcló y homogenizó el EM activado y la materia orgánica en envases de 2 L, luego se cubieron con bolsas de plástico, para generar un ambiente anaerobio. Seguidamente, los envases se

taparon y fueron marcados con un plumón de tinta indeleble. Todos los tratamientos fueron incubados en una estufa a 40 °C por 5 días, luego se almacenó a temperatura ambiente.

La cosecha del abono (posterior a los 15 días) consistió en la extracción de todos los tratamientos y 3 repeticiones con una manguera de ¼ pulg. y una jeringa del efluente líquido (abono líquido), quedando un residuo sólido (biosol).



**Figura 6.** Aplicación de EM en los residuos.

### **3.6.5. Análisis de la calidad del Biol**

Los análisis de los parámetros físicos y químicos de las muestras se realizaron en servicios integrales Bio Vital S.A.C.

#### **Medición del pH**

Se midieron entre los 15 días el parámetro de pH.

## **Análisis químico**

La composición nutricional a evaluar fueron Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), del bioabono (biol), esto fue una muestra compuesta, es decir que se mezcló porciones de las tres repeticiones, y lo analizaron en los servicios integrales Bio Vital S.A.C, un total de 12 muestras.

### **3.7. Análisis e interpretación de datos**

Se realizó el análisis estadístico para determinar la homogeneidad y normalidad de los datos, para determinar se utiliza una prueba de análisis de varianza – ANOVA y posteriormente una prueba de Tukey o una prueba de Kruskal Wallis a un nivel de confianza del 95% con el software Minitab 19.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios del caserío las Mercedes

##### 4.1.1. Residuos sólidos orgánicos domiciliarios per cápita

En la tabla 5 se presenta una generación per cápita de 0.69 kg/hab/día, con una generación domiciliaria de 339.48 kg de residuos sólidos, una densidad de 49.2 kg/m<sup>3</sup> y un volumen de 6.9 m<sup>3</sup>, producido de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios del caserío las Mercedes.

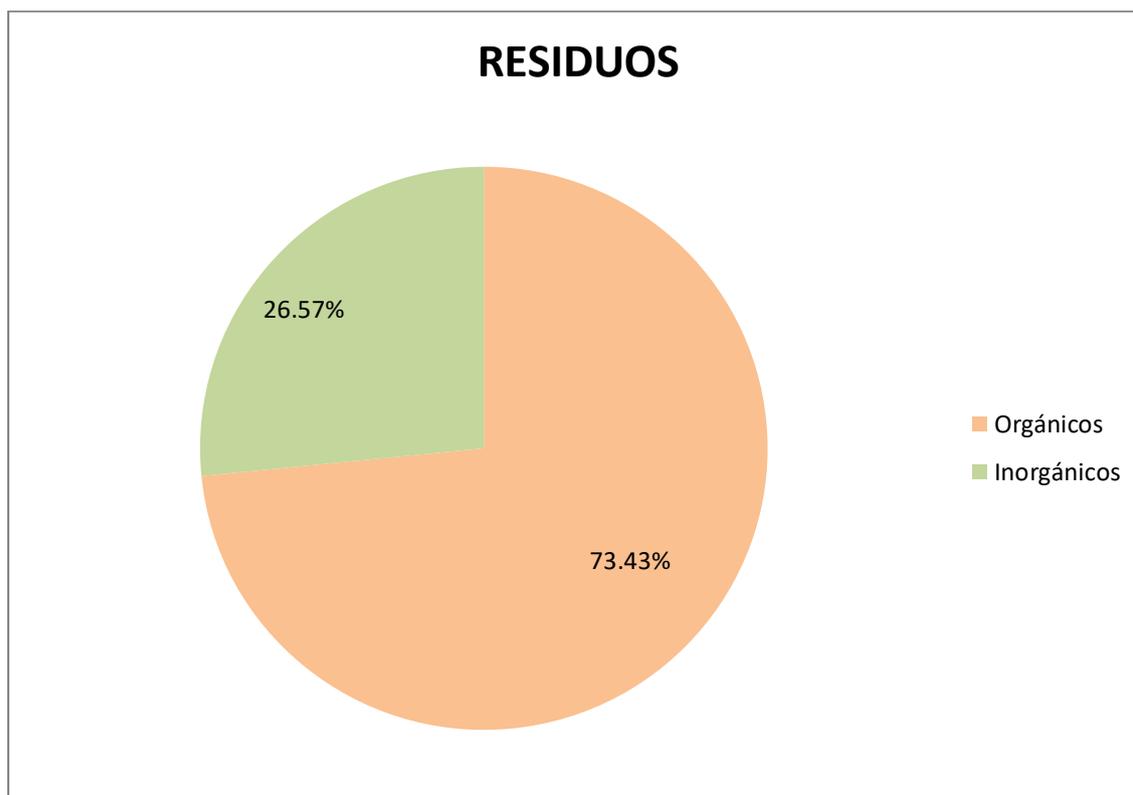
**Tabla 5.**

*Generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el caserío las Mercedes.*

Población total	GPC (kg/hab/día)	Generación domiciliaria (kg/día)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> /día)
492	0.69	339.48	49.2	6.9

##### 4.1.2. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados

La composición porcentual permitió conocer que los residuos sólidos domiciliarios del caserío las Mercedes, contienen el 73.43% de residuos orgánicos y 26.57% de residuos inorgánicos, por otro lado, en función a su aprovechamiento, el valor porcentual es de 92.39% y lo no aprovechables representan el 7.61%.



**Figura 7.** Caracterización física de los residuos sólidos domiciliarios.

## 4.2. Caracterización fisicoquímica del biol producido a partir de residuos sólidos domiciliarios

### 4.2.1. Comportamiento del pH en la elaboración del biol

**Tabla 6.**  
*pH en todos los tratamientos.*

Tratamientos	Dosis	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 8	Día 15
T1	0.5:01	5.5	5.3	4.8	4.9	4.5	3.6	4.7	5.3	5.6
T2	0.75:01	5.2	4.8	4.6	4.2	4	3.7	4.8	5.6	5.9
T3	01:01	5.4	5.3	5	4.8	4.6	3.4	5	5.7	6.3
T4	1.25:1	5	5.1	4.9	4.5	4.1	3.3	4.6	5.2	6.1

En la tabla 06 y figura 9 muestra que en el día 0, se encontró un pH ligeramente ácido con un valor de 5 para los 4 tratamientos, a partir del día 1 se observa un descenso y el máximo en el día 5, donde todos los

tratamientos se encontraron en la escala de moderadamente ácido con valores de 3.6, 3.7, 3.4 y 3.3 para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, en el día 8 se observa un incremento hasta el día 15, donde el pH para los tratamientos es ligeramente ácido con valores de 5.6, 5.9, 6.3 y 6.1 con tendencia a neutro, encontrando valores por debajo de estos como reporta (León, 2018; Florez, 2017), Panwar & Tripathi (2021) también obtuvo resultados similares con un pH con tendencia a neutro durante los primeros 15 días de la descomposición. Fitriyanto et al. (2019) observaron valores de pH un poco más altos al final de un periodo de fermentación de 14 días, entre 6 a 6.14, estos autores prepararon un biofertilizante a base de estiércol de cabra y fermentado con heces de pollo. Mondaca et al. (2019) detectaron que la adición de un biofertilizante preparado con bacterias halófilas de conductividad eléctrica 18 mS/cm aumentó la conductividad eléctrica del suelo, debido a que esto no es favorable para las propiedades del suelo el ensayo los autores decidieron continuar con dosis más bajas de este biol. Sánchez (2018), reporta que comenzó con pH de 8.49 para obtener luego de la digestión un pH de 5.59 con ligera acidez, al igual Alvarado (2018), quien reporto en su estudio valores de pH de 8.03 al momento de la elaboración y 5.12 al instante de la cosecha de biofertilizante a base estiércol de ganado vacuno; Phibunwatthanawong & Riddech (2019) señalan que un biofertilizante orgánico de buena calidad generalmente debería de tener un pH menor a 5, variaciones o un incremento en el pH podría limitar el crecimiento bacteriano (Pérez et al., 2019). El Manual Técnico de biofertilizante líquido acelerado del Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA (Reynoso et al., 2022) que recomienda un pH de 3.44, en

estas condiciones, la fermentación tiene a estabilizar la solubilidad de los elementos nutricionales de la planta, permitiendo una mejor disponibilidad de los nutrientes.

Respecto al desempeño del proceso en la obtención del biol fue el óptimo ya que los valores del pH encontrado, también recomiendan (Arfarita et al. (2020)), biofertilizantes con pH 5.5 a 6.5 para un óptimo desempeño. Mamani et al. (2019) concluyen que durante los primeros días de la fermentación el pH es ácido (4) por el ácido láctico que liberan estas bacterias que actúan como microorganismos efectivos, con el transcurso de los días se prevé que el pH irá incrementando.

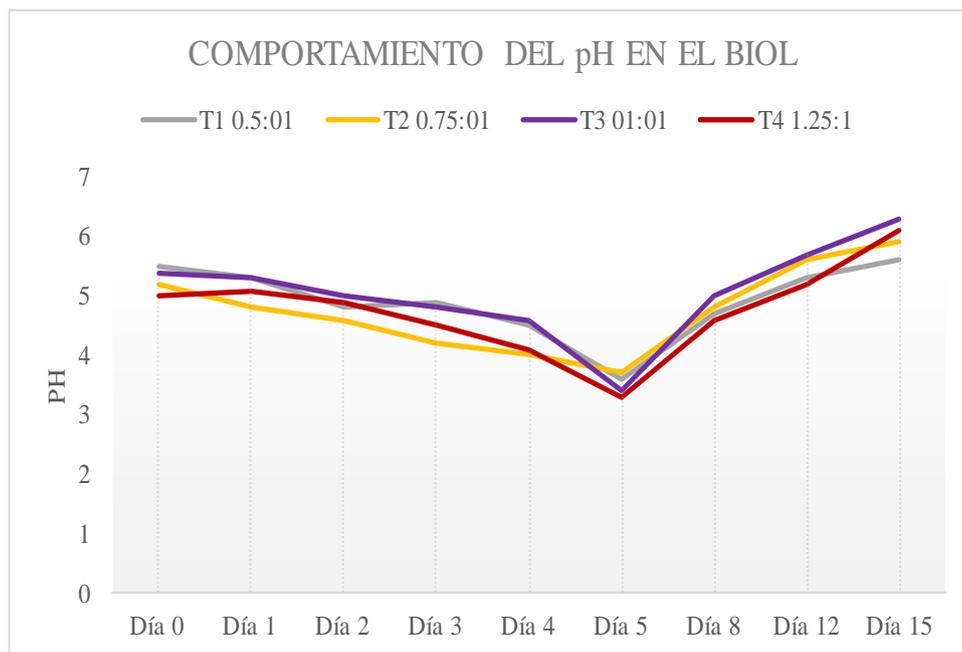
El pH de todos los tratamientos descendió drásticamente hasta un valor de 3.3 para el tratamiento 4 (Tabla 6) desde el primer día de fermentación, debido a la acción de las bacterias ácido lácticas, estas bacterias son uno de los cinco grupos de microorganismos eficaces. Son anaerobias y tienen como principal característica generar ácido láctico como producto secundario de la fermentación de carbohidratos, también logran desarrollarse en rangos amplios de pH (Cazalla, 2021). Resultados similares fueron obtenidos por Leiva (2018), que reportó un descenso drástico de los valores de pH desde el primer día de fermentación. Florez et al. (2020) también tuvieron resultados similares durante la fermentación de subproductos del procesamiento de la trucha, al quinto día tuvo un pH entre 3.4 a 3.91. Rivera et al. (2022) reportan resultados diferentes, pues los valores mínimos de pH (3.6-3.76) ocurrieron en el día 5 de preparación del biofertilizante y en el caso de Mukhtar et al. (2020) ocurrieron durante las dos primeras semanas de la fermentación. López

(2018) menciona que durante las primeras 24 horas el nivel del pH se mantiene entre 4 y 5 por la adición de la melaza, luego a partir de las 48 horas el pH disminuye debido a las propiedades de acidificación de los microorganismos.

Como todas las muestras contenían al menos residuos sólidos orgánicos, los sustratos de la materia orgánica (azúcares, materia orgánica, minerales, microorganismos) en el medio líquido que se activaron instantáneamente la fermentación, ya que se observó el burbujeo en los envases con Biofermentos, lo cual indicó la actividad microbiana interna; con el notable descenso del pH que se observa en las figuras 9. Según Moreno (2019) el Biolac es un bioprotector, reactivador y un activador de la fermentación láctica que cuenta con bacterias benéficas principalmente del género *Lactobacillus*. Al respecto, Felix (2020) reporta que la adición de Biolac (acelerador fermentativo) intensifica la fermentación y que otras investigaciones han logrado obtener abonos orgánicos con pH de valores cercanos a 4 utilizando 15% de Biolac.

Sin embargo, desde el quinto día de fermentación, los 2 tratamientos que tenían mayor dosis de microorganismos eficientes (T3 y, T4) empezaron a reducir su grado de acidez con la consiguiente elevación de la curva de pH (figura 9), alcanzando valores de pH de 6.3 y 6.1 al quinceavo día respectivamente. Esto se debió a que los *Lactobacillus* presentes en los tratamientos en pequeñas cantidades se, consumieron la fuente inicial de carbono (melaza que les provenía de azúcares) y luego no tuvieron el sustrato necesario para producir más ácido láctico

(Alarcon et al., 2019). Sin embargo, el tratamientos T1 y T2 aún mantuvieron su pH inferior a 6.0 hasta el quinceavo día, ya que si contenían dosis menos elevadas de microorganismos (Tabla 6), comprobando que aceleró el consumo de los nutrientes, ya que durante 5 días se mantuvo a 40°C en incubación en la estufa, al respecto Mengqi et al. (2021) indican que la temperatura es uno de los factores más importantes en la actividad microbiana y en el proceso de fermentación. Es decir que su valor afecta directamente la actividad enzimática, la calidad del proceso y determina la velocidad a la que muchas de las reacciones biológicas tienen lugar como la capacidad de saneamiento del proceso (Dhanya et al., 2020).



**Figura 8.** Comportamiento del pH en la obtención de Biol.

#### 4.2.2. Comportamiento del contenido elemental del (NPK)

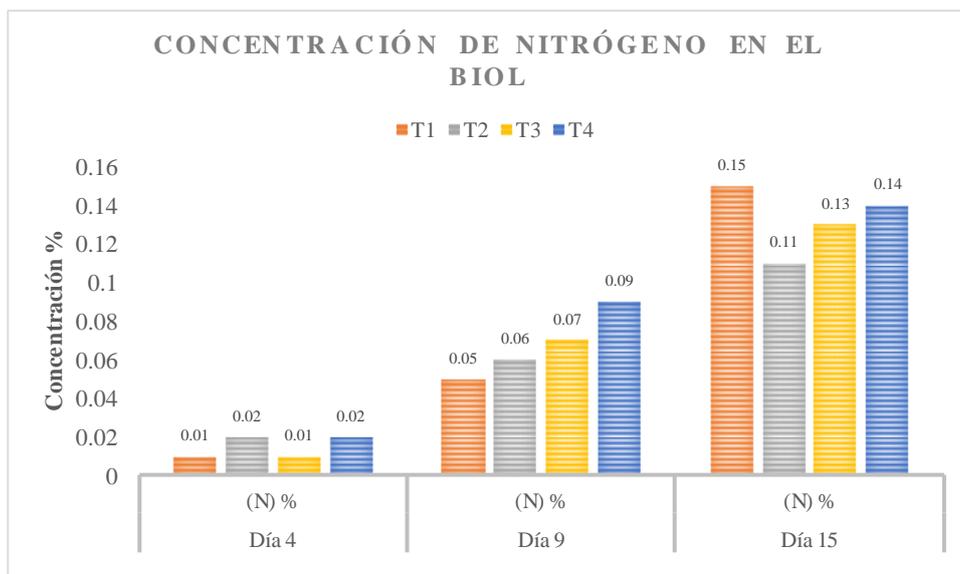
**Tabla 7.**

*Composición de NPK en el biol.*

Tratamientos	Dosis (ml/g)	DIA 4			DIA 9			DIA 15		
		(N) %	(P) %	(K) %	(N) %	(P) %	(K) %	(N) %	(P) %	(K) %
T1	0.5:01	0.01	0.03	0.01	0.05	0.005	0.01	0.15	0.008	0.02
T2	0.75:01	0.02	0.002	0.01	0.06	0.005	0.01	0.11	0.009	0.02
T3	01:01	0.01	0.004	0.01	0.07	0.006	0.01	0.13	0.009	0.02
T4	1.25:1	0.02	0.005	0.01	0.09	0.009	0.01	0.14	0.0011	0.02

En la tabla 7 y figura 10, se encontró un incremento de nitrógeno en el Biol, en los días 4, 9 y 15 en donde la mayor concentración de nitrógeno se observa en el tratamiento 1 con 0.15%, tratamiento 4 con 0.14%, tratamiento 3 con 0.13%, tratamiento 2 con 0.11%; esta disponibilidad de nitrógeno del tratamiento 1 está más cercano a un alto rendimiento agrícola. La fracción de nitrógeno que se convierte en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) depende del contenido de nitrógeno de la materia prima y del grado de descomposición que esta presenta, después de la digestión. Sin embargo, en especificaciones mínimas estatales en países del Asia (Mangera & Yuni Ekowati, 2022) el contenido mínimo de porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio se recomienda entre 3 y 6%. En cuanto al contenido de nitrógeno en los biofertilizantes, Pérez (2020) menciona que la forma de nitrógeno de mayor proporción en la composición es como nítrica y amoniacal y que una mayor presencia de nitrógeno amoniacal será beneficioso para que el calcio se mantenga disponible para la planta, disminuyendo su fijación con el fósforo debido a las condiciones de acidez. Fernández (2020) desarrolla que los especialistas en elaboración de abonos orgánicos explican que la materia orgánica que se obtiene del

excremento como insumo primario se mineraliza, y es por esa razón que el nitrógeno amoniacal incrementa en proporción y disminuye el nitrógeno en fase orgánica. Delgado et al., (2019) explican que, durante su ciclo biogeoquímico, el nitrógeno se convierte en muchas formas; el ion nitrato o amonio son las dos formas disponibles para las plantas, es decir, las que son más fácilmente asimilables por estas. Este amonio se forma al inicio del ciclo biogeoquímico del nitrógeno, durante el proceso de fijación de nitrógeno atmosférico. La fracción de nitrógeno que se convierte en  $\text{NH}_4^+$  depende del contenido de nitrógeno de la materia prima y del grado de descomposición que esta presenta, después de la digestión.

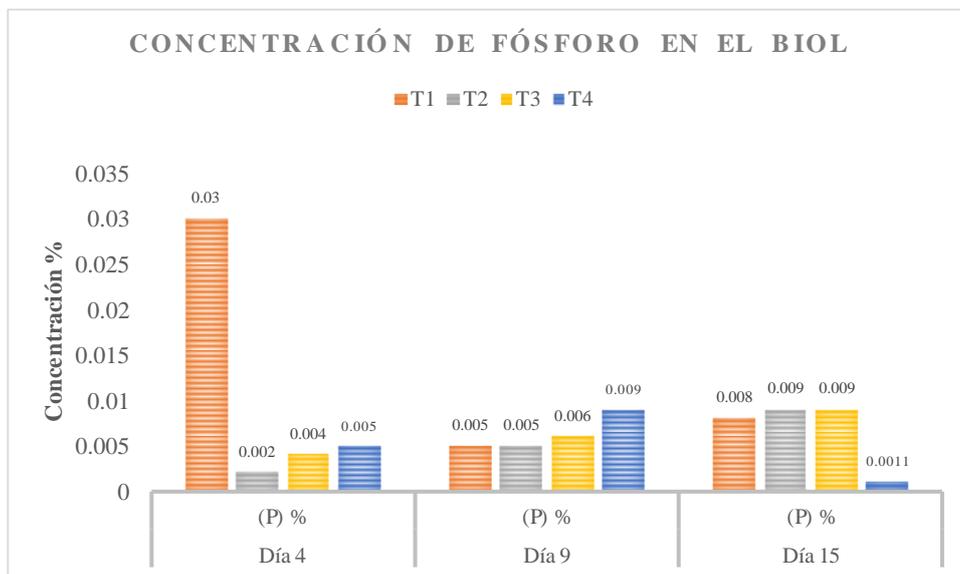


**Figura 9.** Concentración de Nitrógeno en el Biol.

La tabla 11 y figura 13 (anexo), se muestra que el Nitrógeno presenta una homogeneidad de datos y presentan una distribución normal; para lo cual utilizamos el estadístico ANOVA para contrastar la hipótesis en la tabla 12 y 13 (anexo), muestra que no hay diferencias significativas entre las medias

con una sig. 0.367 y corroborado con la prueba HSD Tukey en los tratamientos T1 (200g MO + 100 ml EM), T2 (200g MO + 150 ml EM), T3 (200g MO + 200 ml EM) y T4 (200g MO + 250 ml EM), a un nivel de confianza del 95%.

La figura 11 muestra que en el día 4 la mayor concentración de Fósforo fue para el tratamiento 1, seguido por el tratamiento 4, tratamiento 3 y 2, posteriormente se observa un descenso para el tratamiento 1 en el día 9, por otra lado, los tratamientos 2, 3 y 4 tuvieron un ascenso en el día 9, hasta el día 15 se observó que el tratamiento 1, 2 y 3 tuvieron ascenso y se registró con 0.008, 0.009 y 0.009 respectivamente, sin embargo el tratamiento 4 manifestó un descenso y registró 0.0011 de fósforo.



**Figura 10.** Concentración de Fosforo en el Biol.

La tabla 11 y figura 14 (anexo), se muestra que el fósforo presenta una heterogeneidad de datos y no presentan una distribución normal; para lo cual

utilizamos el estadístico Kruskal-Wallis para contrastar la hipótesis, en la tabla 14 (anexo), muestra que no hay diferencias significativas entre las medias con una sig. 0.588 en los tratamientos T1 (200g MO + 100 ml EM), T2 (200g MO + 150 ml EM), T3 (200g MO + 200 ml EM) y T4 (200g MO + 250 ml EM), a un nivel de confianza del 95%.

La concentración de Potasio que se observa en la figura 13, muestra que en el día 4, los 4 tratamientos presentan la misma concentración 0.01% de Potasio hasta el día 5, y el día 15 se observa un incremento proporcional para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 con un valor de 0.02% de Potasio. Debido a la similitud de proporciones de los nutrientes en los residuos orgánicos como cáscaras de plátano, manzana, frejoles, tomates, otras frutas y verduras.

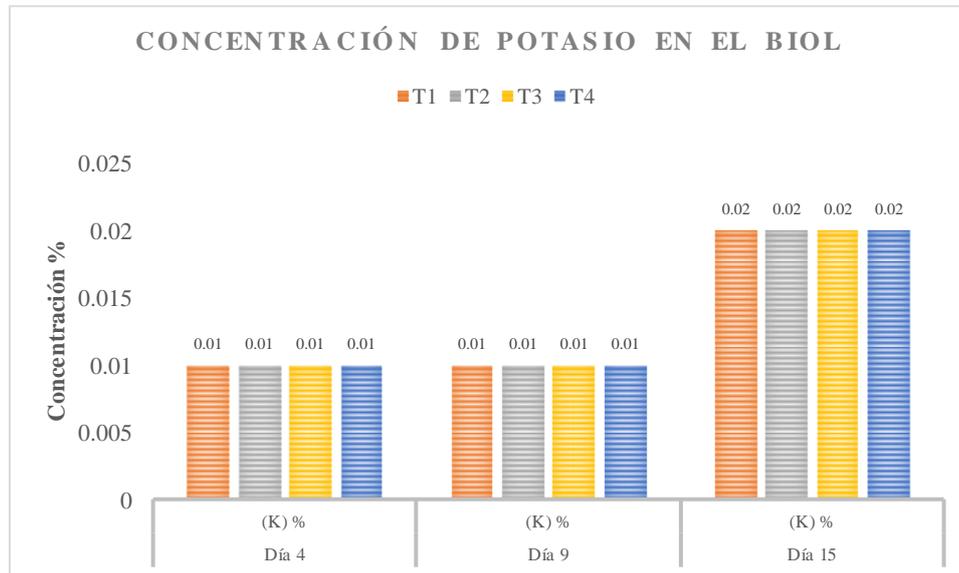
De acuerdo a Sánchez (2018), en su trabajo de biofertilizantes de residuos orgánico (verduras), obtuvo valores de macronutrientes N, P, K con 0.21%, 0.064% y 0.25% respectivamente, por otro lado, Corrales Beyuma & Maldonado Fuentes (2019) encontraron concentraciones de N, P y K del biofertilizante elaborado a partir de estiércol de fresco de bovino 0.022%, 0.013% y 0.020%, respectivamente a los 30 días de fermentación. Barzola (2022) elaboró un biofertilizante con estiércol de ganado vacuno, consorcio microbiano y melaza cuyo contenido de N, P y K fue de 0.095%, 0.042% y 0.034% respectivamente. Rivera (2021) preparó un fertilizante de pez armado y el análisis físico químico resultó en valores de los macronutrientes N, P y K de 0.15%, 0.05% y 0.41%, respectivamente.

La composición de macronutrientes será muy variada entre diferentes tipos de biol, pues esta depende del tipo de insumo que se emplee en su elaboración. Como bien indican Muñoz & Martínez (2019) las alternativas

más viables para elaborar biofertilizantes son los residuos orgánicos, animales muertos y también vivos. Los residuos orgánicos urbanos y los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales son una fuente para la fabricación de biofertilizantes y constituyen una fuente económica de nutrientes para las plantas. Muñoz & Martínez (2019) resaltan que a pesar de los beneficios y ventajas de los biofertilizantes se deberá de tener cuidado con su uso pues podrían contener metales pesados en concentración tal que tengan efectos negativos en los cultivos, consumidores o microorganismos del suelo. Cada biol, es elaborado con insumos y proporciones diferentes, y que es producido bajo diferentes condiciones ambientales, podríamos decir que cada uno de ellos presenta características únicas y diferentes. (Díaz, 2017; Jaulis et al., 2020), el biofertilizante es entonces consecuencia de un complejo y dinámico proceso de descomposición de la materia orgánica, donde los insumos, la forma de preparación, las condiciones ambientales y el tiempo, determinan características únicas para cada producto final. Cada biofertilizante será único y dependerá en gran medida del tipo de insumos y proporciones que se utilicen; por ejemplo, Pinedo et al. (2018) prepararon biofertilizantes con 4 tipos diferentes de estiércol (pollinaza, bovinaza, guano de isla y gallinaza) y encontraron valores de %N muy variados entre sí, con rangos de 1.23 a 6.84%.

En el manejo de suelos es indispensable sumar nutrientes para el suelo y para la planta, estos son principalmente nitrógeno y otros macro y micronutrientes. Los biofertilizantes contribuyen al equilibrio nutricional de las plantas mediante las hormonas de crecimiento, enzimas, carbohidratos, entre

otros. Luego del periodo de fermentación los biofertilizantes estarán enriquecidos y equilibrados con nutrientes esenciales para las plantas (Albarracín, 2020).



**Figura 11.** Concentración de Potasio en el Biol.

Para el potasio (K) no presenta el análisis ya que los datos presentan igual valor; por lo que todos los tratamientos T1 (200g MO + 100 ml EM), T2 (200g MO + 150 ml EM), T3 (200g MO + 200 ml EM) y T4 (200g MO + 250 ml EM), presentan el mismo valor.

#### 4.2.3. Caracterización organoléptica del biol

Los caracteres organolépticos evaluados fueron: Olor, color.

El color del biol fue marrón, Baras Henriquez & Rosales Romero (2021) afirman que los biofertilizantes orgánicos mientras más oscuros sean, absorben mejor la radiación solar y los nutrientes que se aplican vía foliar o vía radicular, favoreciendo en una mayor tasa fotosintética.

Respecto al olor, el biol desprendía fuertes y penetrantes aromas agradables y un olor sutil al de azúcar fermentada, característico de la leche cortada; lo que coincide con los reportes de Delgado et al. (2019). Muñoz & Martínez Barreno (2019) mencionan que los compuestos aromáticos (diacetilo, acetaldehído) son derivados deshidratados del glicerol (reuterina), benzoato, enzimas bacteriolíticas, bacteriocinas y antibióticos que se degradan en la fase de acetogénesis y deshidrogenación de la descomposición anaerobia. Rojas (2020) indica que un biofertilizante fermentado es de calidad, cuando presenta un olor agradable a fermentación alcohólica, color ámbar brillante translucido con nata blanca en la superficie.

#### 4.2.4. Rendimiento de la producción de biol

Se obtuvo el mejor rendimiento 4061.34 L de biol para la población del caserío las Mercedes utilizando sus residuos orgánicos domiciliarios, de acuerdo al mejor tratamiento (T1) cuya relación es por cada gramo de residuo orgánico es 0.5 ml de microorganismos eficientes, según la tabla 9.

**Tabla 8.**  
*Rendimiento de Biol según tratamiento.*

Generación domiciliaria (g/día)	Densidad (g/ml)	EM (ml)	Humedad (%)	Rendimiento (L)
339480	0.0492	169740	56.40%	4061.34

#### Cálculo de biol para Tratamiento 1 (T1)

$$V_b = \frac{M_R}{D_R} x H_R + V_{EM} = 4061.34 L$$

Dónde:

Vb: es el volumen de biol;

DR: densidad de los residuos orgánicos.

MR: masa de los residuos orgánicos.

HR: humedad de los residuos orgánicos.

VEM: volumen de microorganismos eficientes.

#### 4.3. Evaluar el costo de producción de biol a partir de residuos sólidos orgánico domiciliarios

Se evaluó un presupuesto en base de una producción de 170 L de biol con 339.48 kg de residuos orgánicos domiciliarios, 8 L de EM, tendría un costo de 3,548.00 Soles, por otro lado, producir 1 Litro de Biol cuesta S/. 0.87

**Tabla 9.**  
*Costo de producción de 170 L de Biol.*

Item	Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo parcial
1	Residuo orgánico	339.48	kg	S/0.00	S/0.00
2	EM	8	L	S/3.75	S/30.00
3	Melaza	8	L	S/1.00	S/8.00
4	Agua limpia	153	L	S/0.13	S/20.00
5	1 Personal	15	días	S/50.00	S/750.00
6	Tk Rotoplas de 2500 L	2	GLB	S/1370.00	S/2740.00
Costo total					S/3,548.00

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La población del Caserío las Mercedes tiene una generación domiciliaria de 339.48 kg/día, con una alta fracción orgánica de 73.43%, que pueden ser aprovechado en la elaboración de Biol.
- Las condiciones químicas como el pH para todos los tratamientos fue ligeramente ácido, que es favorable para la disponibilidad y nutrición de la planta. En macronutriente NPK mostraron un valor nutricional promedio en comparación con otros bioles de residuos orgánicos. Por su propiedad física el color marrón y olor a azúcar fermentada, favorecen la mejora de la tasa fotosintética de las plantas. Con un rendimiento de 11.96 L/kg de residuo orgánico, para una relación de 0.5ml de EM por cada 1g de residuo orgánico.
- El costo de producir 1 L de biol a partir de residuos sólidos orgánicos es S/ 0.87., con las propiedades del tratamiento 1, NPK de 0.15%:0.08%:0.02% y pH de 5.6.

#### 5.2. Recomendaciones

- Al requerir mejores rendimientos en concentración de NPK es factible la preselección de residuos orgánicos con mayor presencia de nutrientes en los residuos, de tal manera que el biol obtenido tenga las características requeridas.
- Para futuras estimaciones de costos de producción o rentabilidad, realizar la estimación para una tecnología que permita la producción de una demanda efectiva de la población, con precios actualizados en el mercado local, ya que

los costos pueden incrementarse si es importado, por las piezas o mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, N. F., Tin, C., Roji, M., Jaromír, J., & Zhang, Z. (2019). Caracterización de Fertilizantes Líquidos a partir de Diferentes Tipos de Compost Biorresiduos y su Correlación con el Compost Nutrientes. *Ingeniería Química Actas*, 72: 253-258.
- Alvarado, S. (2018). *Elaboración de biol a partir de gallinaza y estiércol de ganado vacuno*. Tingo María, Perú p 61.: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables.
- Amrullah, S., Amin, M., & Ali, M. (2021). Converting husbandry waste into liquid organic fertilizer using probiotic consortiums (*Lactobacillus* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Actinomycetes* sp., *Streptomyces* sp.). *The 1st International Conference on Biotechnology and Food Sciences*, 1-8; doi:10.1088/1755-1315/679/1/012001.
- Aparcana, S. (2008). *Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso de "Fermentación Anaeróbica" para Producción de Biogás*. Lima: Lima: German ProfEC- Perú SAC. Reporte N° BM-4-00-1108-1239.
- Arana, S. (2011). *Internet Archive*. Obtenido de <https://archive.org/details/ManualElaboracionBiolSolucionesPracticasITDG/page/n1/mode/2up>
- Auxiliadora, A., & Zelaya, A. J. (2015). *Producción de biogás a partir de la pulpa de café con prototipo de generador eléctrico*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Azeem, S. (2015). Fertilizante líquido procedente de residuos alimentarios: un enfoque sostenible. *Revista Internacional de Investigación de Ciencias Ambientales*, 4(8):22-25.
- Behar, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom.
- Buchelli, H. A. (2014). *Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias.

- Chaurisia, A., Meena, B. R., Tripathi, A. N., & et al. (2018). Actinomycetes: an unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (9): 132.
- CLIMATE-DATA.ORG. (6 de setiembre de 2022). *CLIMA: UCAYALI*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/ucayali-1053/>
- Comisión Europea. (2016). Paquete de economía circular - ANEXOS a la propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas sobre la comercialización de productos fertilizantes con el mercado CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1069/2009 y. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0157&from=EN>
- CONADESUCA. (2016). *Melaza de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado*. Chapingo, México: Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.
- Crueger, W., & Crueger, A. (1993). *Biología: Manual de microbiología industrial*. Mallorca, España 68 p: 3ra Edición. Editorial ACRIBIA, S.A. Royo 23-50006 Zaragoza.
- Díaz, A. (2017). *Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Posgrado, 129 p.
- Fayami, O. E., & Ojokoh, A. O. (2014). The Effect of different fermentation techniques on the nutritional quality of the cassava product (fufu). *Journal of food processing and preservation*, 38 (1):183-192.
- Feijoo, M. A. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*, 4 (2):31-40.
- Fernández, M., Del Amo, E., Lucas, S., García, T. M., & Coca, M. (2022). Producción de fertilizantes líquidos a partir de residuos orgánicos mediante tecnologías de extracción convencionales y asistidas por microondas:

Evaluación tecnoeconómica y ambiental. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150904>.

- Florez, M. (2017). *Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproducto del procesamiento de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. Lima, Perú p 92.: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Pesquería .
- Florez, M. A., Roldán, D. J., & Juscamaita, J. G. (2022). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizantes líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproducto del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología aplicada*, 19(2):121-131.
- Fortis, M., Leos, J. A., Preciado, P., Orona, I., García, J. A., García, J. L., & Orozco, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, Vo. 27 (4): 329-336.
- Gao, Y. T., Zhang, Y. S., Wen, X., & et al. (2019). The glycerol and ethanol production kinetics in low-temperature wine fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains. *International Journal of Food Science Technology*, 54 (1): 102-110.
- García, L. (2008). *Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado*. Lima, Perú, 79-86 pp.: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Gendy, M. A., Zahrani, S. H., & Bondkly, A. M. (2017). Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 183 (1): 30-50.
- Ghosh, S., Ow, L., & Wilson, B. (2015). Influencia del biocarbón y el compost en las propiedades del suelo y el crecimiento de los árboles en un entorno urbano tropical. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental*, 12(4).
- Glossary, U. (16 de setiembre de 2021). *Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos. An official website of the United States government*. Obtenido de <https://agclass.nal.usda.gov/es>.

- Gordón, V. (2013). *Utilización de suero de leche para la elaboración de abono orgánico (biol)*. Tulcán, Ecuador, 150 p.: Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.
- Guccione, L. (2009). *Tratamiento de los residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM para su uso como alimento para cerdos en crecimiento*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Hoyos, D., Alvis, N., Jabib, L., et al. 2008. Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13 (2): 1369-1379.
- Horwath, W. R. (2017). The role of the soil microbial biomass in cycling nutrients. *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*, p. 41-66. [https://doi.org/10.1142/9781786341310\\_0002](https://doi.org/10.1142/9781786341310_0002).
- INIA. (4 de diciembre de 2012). *Gob.pe*. Obtenido de <http://www.inia.gob.pe/programas/bovinos-y-ovinos>
- Kothari, R., Pandey, A., Kumar, S., Tyagi, V. V., & Tyagi, S. K. (2014). Different aspects of dry anaerobic digestion for bioenergy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39: 174-195.
- Lagler, J. C. (2017). Bioinsumos: distintas percepciones haciendo foco en la fertilización biológica. *Agronomía y ambiente*, 37(1).
- Lastra, L. L. (2019). *Efecto de la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) para la obtención de abono líquido a partir de la mezcla de excretas y lactosuero de ganado vacuno, Ucayali, Perú*. Pucallpa: Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Ucayali.
- León, E. (2018). *Evaluación de la eficiencia de bioles en un cultivo de hortícola*. Salesiana, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Londoño, N. A., TOborda, M. T., López, C. A., & Acosta, L. V. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23 (36): 186-205.

- Loyola, J. G. (2018). *Evaluación de la eficacia de bioles en un cultivo hortícola*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Martín, A. (2002). *Capacidad antagonista frente a Listeria monocytogenes de dos sustancias tipo bacteriocinas utilizadas en combinación con NaCl y CO<sub>2</sub>*. Valdivia, Chile 7-18 pp.: Universidad Austral de Chile.
- Meena, S. K., & Meena, V. S. (2017). Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. In: Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture. *Springer, Singapore*, p. 3-23.
- Mery, C. S., Herrera, J., Flores, V. C., & Bravo, M. (2018). Comparación entre generación de biogás por medio de digestión anaerobia seca y húmeda, de residuos orgánicos provenientes de ferias libres. 3º Congreso Iberoamericano de cambio climático. 8-10/may/ 2018., (pág. 7 p.). Buenos Aires, Argentina.
- Meza, L. M. (2014). *Elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papas de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-lac*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MINAGRI. (2014). *Sistema Integrado de Estadística Agraria. Estadística mensual*. Perú: Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE).
- MINAM, M. (2018). *Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*. Lima: MINAM, Resolución Ministerial N° 457-2018-MINAM.
- Morocho, M., & Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, Vol (46):2;93-103.
- OEFA. (2016). *La fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. Lima, Perú: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- PAcheco, S. S., & Malca, L. (2016). Desarrollo de un abono orgánico líquido tipo biol usando un proceso anaerobio en bio-reactores simples. *Revista de Investigación Científica Manglar*, 13(1): 35-40, 2016.
- Peralta, L., Juscamaita, J., & Meza, V. (2016). Obtención y caracterización de abonos orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado

- vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido. *Ecología aplicada*, 15(1):1-10.
- Peralta, R. (2010). *Determinacion de parámetros óptimos en la produccion de fast biol usando las excretas del ganado leche del establo de la UNALM*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Peter, F. (2006). *Microorganismos Efectivos. Descubre la utilidad de los EM en el hogar y el jardín, la agricultura y la salud*. Barcelona: Trad. de Luise S., M. Barcelona, RBA Integral. 237 p.
- Pozo, J. (2009). *Dinámica y relevancia de la materia orgánica Universidad de Girona*. Edición en Español. Fundación BBVA.
- Pozo, J., Elozegi, A., Ramón, J., & Molinero, J. (2009). Dinámica y relevancia de la materia orgánica. *Dialnet*, 141-168.
- Quiñones, H. R. (2016). *Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Quispe, Y. C. y Chávez, C. M. F. 2017. Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3 (3): 652-666.
- Ramírez, M. (2005). *Actividad inhibitoria de cepas de bacterias ácido lácticas frente a bacterias patógenas y deterioradoras de alimentos*. Hidalgo, México 13 p.: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Restrepo, J. (2007). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares*. Costa Rica: ILCA.
- Ricse, Y. (2013). *Elaboración de biofertilizante acelerado vía fermentación homoláctica del residuo del procesamiento de rocoto (Capsicum pubescens)*. Lima, Perú 113 p: UNALM.
- Román, C. (2012). *Tratamiento biológico de la cuyinaza a través de un proceso de fermentacion homoláctica*. UNALM 120-141p.

- Romero, A., & Pereda, I. (2015). *Biofertilizante a partir de residuos agrícolas*. La Habana, Cuba: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1>.
- Romero, H. K. (2019). *Efecto de la aplicación de diferentes dosis de cenizas de Palma aceitera (Elaeis guineensis) en el Biol generado en la PTARI OLAMSA CFB km 59.800, departamento de Ucayali - 2019*. Pucallpa: Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Ucayali.
- Sánchez, F. O. (2018). *Evaluación de la eficiencia de un biofertilizante de residuos orgánicos en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo de Rábano (Raphanus sativus L.)*. Lima, Perú: Universidad Peruano Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.
- Soto, J. A., Cárdenas, J. A., & García, J. P. (2017). Inoculation of substrate with lactic acid bacteria for the development of Moringa oleifera Lam plantlets. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2).
- Souza, R. D., Ambrosini, A., & Passaglia, L. M. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38 (4): 401-419.
- Su, P., Tan, X., Li, C., & et al. (2017). Photosynthetic bacterium Rhodospseudomonas palustris GJ-22 induces systemic resistance against viruses. *Microbial Biotechnology*, 10 (3): 612-624.
- Susquilanda, M. (1995). *El Biol. Fitoestimulante orgánico*. Fundeagro-Ecuador. Lima: UNALM.
- Torres, A., Quipuzco, L., & Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo Batch.. *Anales Científicos*, 76 (2): 269-274.
- Ulloa, J. (2015). *Valoración de tres tipos de bioles en la producción de rábano (Raphanus sativus)*. Piura, Perú p 141: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería.

- Verde, R. (2014). *Producción de biol a partir de residuos sólidos orgánicos en la empresa prestadora de servicios Lima Cilsa S.A.* Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Vurukonda, S. S., Giovanardi, D., & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (4): 952.
- Yang, F., Li, Y., Qian, W., Li, G., & Lou, W. (2019). Rendimiento de compost maduro para controlar las emisiones gaseosas en el compostaje de residuos de cocina. *Ciencia del medio ambiente total*, 657, 262-269. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.030>
- Yang, Z., Jiang, Z., HSE, C. Y., & Liu, R. (2017). Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 117: 123-127.
- Zhou, X., Yang, J., Xu, S., Wang, J., Zhou, Q., Li, Y., & Tong, X. (2020). Compostaje rápido in situ de residuos alimentarios domésticos. *Seguridad de procesos y protección del medio ambiente*, 141, 259-266. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.039>

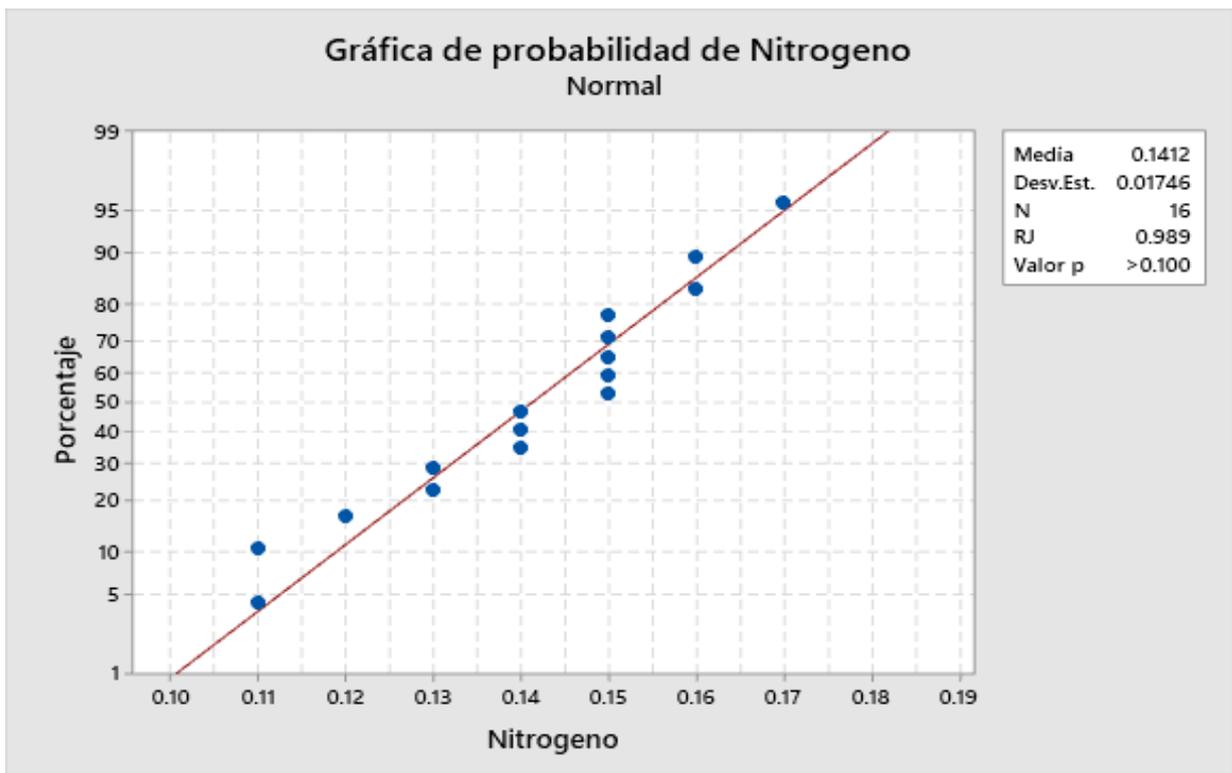
## **ANEXOS VII**

**Tabla 10.**

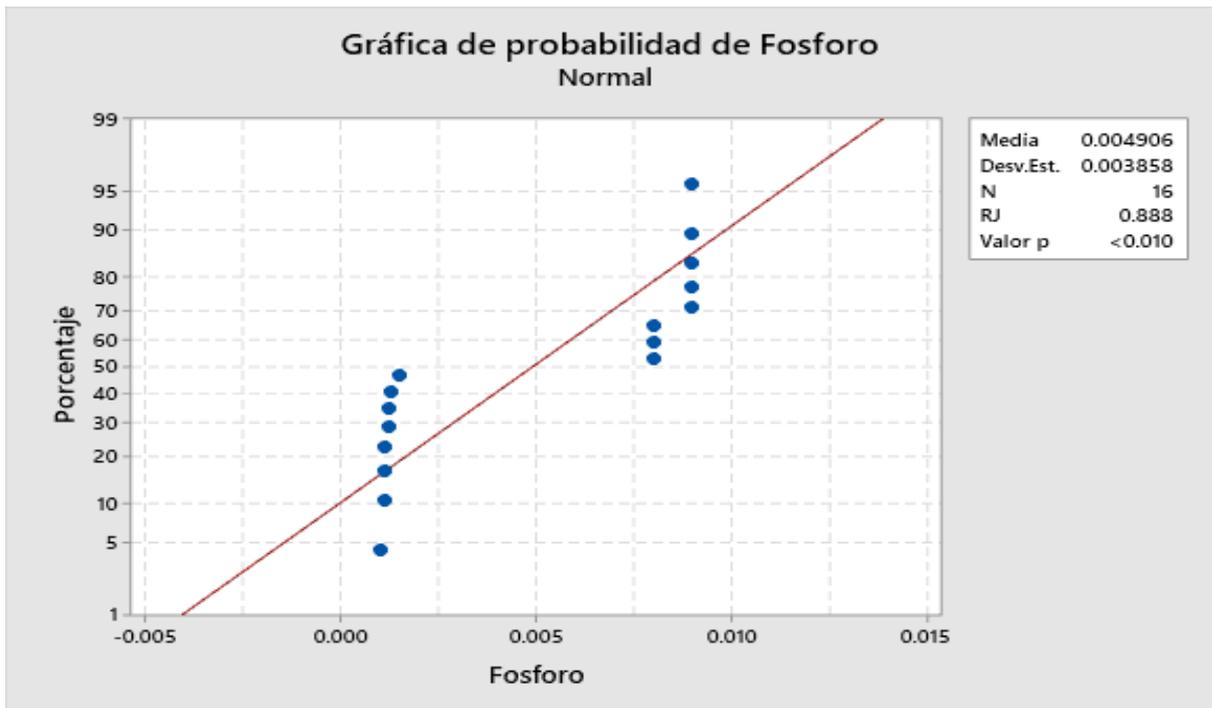
*Análisis estadístico descriptivos del contenido elemental (N,P,K) del biol.*

Variable	Media %	EE	Desv.Est.	CoefVar	Mínimo	Mediana%	Máximo
		media					
<b>Nitrógeno</b>	0.1413	0.0044	0.0175	12.3600	0.1100	0.1450	0.1700
<b>Fosforo</b>	0.0049	0.0010	0.0039	78.6400	0.0010	0.0048	0.0090
<b>Potasio</b>	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0200	0.0200	0.0200

Nota: Para este estudio se considera lo siguiente:  
 Si el CV <=30% los datos son homogéneos  
 Si el CV >=30% los datos no son heterogéneos



**Figura 12.** Análisis de normalidad del Nitrógeno.



**Figura 13.** Análisis de normalidad del Fósforo.

**Tabla 11.**  
*Análisis ANOVA para el parámetro Nitrógeno.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	3	0.001025	0.000342	1.15	0.367
Error	12	0.003550	0.000296		
Total	15	0.004575			

**Tabla 12.**  
*Agrupación de información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.*

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T4 (250 ml)	4	0.1475	A
T3 (200 ml)	4	0.14500	A
T1 (100 ml)	4	0.14500	A
T2 (150 ml)	4	0.1275	A

**Tabla 13.**  
*Prueba de Kruskal-Wallis para el fósforo.*

<b>Método</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor p</b>
No ajustado para empates	3	1.92	0.588
Ajustado para empates	3	2.01	0.570

## Iconografía



**Figura 15.** Pesado de los residuos sólidos.



**Figura 16.** Encuestas en las Mercedes.



**Figura 17.** Densidad de residuos sólidos.



**Figura 148.** Activación de microorganismos eficientes.



**Figura 19.** Muestras de residuos orgánicos.



**Figura 20.** Muestras con EM+ residuos orgánicos.



**Figura 21.** Muestras en la estufa eléctrica.



**Figura 22.** Extrayendo el biol del biodigestor.

Tratamientos	Valores promedio de N, P, K										
	RR.SS (g)	DOSIS (ml)	DIA 4			DIA 9			DIA 15		
			(N) %	(P) %	(K) %	(N) %	(P) %	(K) %	(N) %	(P) %	(K) %
T1	200	100	0.01	0.003	0.01	0.05	0.005	0.01	0.15	0.008	0.02
T2	200	150	0.02	0.002	0.01	0.06	0.005	0.01	0.11	0.009	0.02
T3	200	200	0.01	0.004	0.01	0.07	0.006	0.01	0.13	0.009	0.02
T4	200	250	0.02	0.005	0.01	0.09	0.009	0.01	0.14	0.0011	0.02
T5	500	100	0.02	0.003	0.01	0.08	0.005	0.01	0.15	0.008	0.02
T6	500	150	0.03	0.004	0.01	0.05	0.006	0.01	0.11	0.009	0.02
T7	500	200	0.06	0.005	0.01	0.09	0.007	0.01	0.14	0.0011	0.02
T8	500	250	0.06	0.007	0.01	0.08	0.008	0.01	0.12	0.0012	0.02
T9	700	100	0.03	0.005	0.01	0.07	0.009	0.01	0.13	0.0011	0.02
T10	700	150	0.03	0.004	0.01	0.07	0.007	0.01	0.15	0.009	0.02
T11	700	200	0.02	0.005	0.01	0.09	0.008	0.02	0.16	0.0012	0.02
T12	700	250	0.03	0.006	0.01	0.10	0.009	0.02	0.17	0.0013	0.02
T13	1000	100	0.04	0.005	0.01	0.08	0.007	0.02	0.15	0.009	0.02
T14	1000	150	0.02	0.006	0.01	0.10	0.008	0.02	0.14	0.0010	0.02
T15	1000	200	0.05	0.007	0.01	0.11	0.009	0.02	0.15	0.0015	0.02
T16	1000	250	0.05	0.0010	0.01	0.12	0.0014	0.02	0.16	0.0018	0.02



  
 Carlos E. Gómez Aguirre  
 INDIAGA - Huánuco 1002  
 2007

Jr. SINCHI ROCA N° 243 - Amarilis - Huánuco / RUC: 20573110022 / Telef. #945649948

Figura 23. Resultados del análisis NPK.