

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Efectividad del biodigestor Batch con *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*” para la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco”

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

AUTOR: Cruz Tocto, Jarry Luis Antonio

ASESORA: Campos Gonzales, Mildred Margarita

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Biotecnología y Nanotecnología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología.

Sub área: Biotecnología Ambiental.

Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71946251

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72257793

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental.

Código ORCID: 0009-0008-0885-4883

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Morales Aquino, Milton Edwin	Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288
2	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en Gestión Pública	22511841	0000-0002-5671-1907
3	Encarnacion Baltazar, Zelmira Ilaria	Maestra en Ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	42840254	0000-0002-2688-8269

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día 16 del mes de abril del año 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

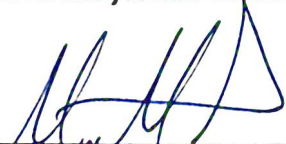
- Dr. Milton Edwin Morales Aquino (Presidente)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Secretario)
- Mg. Zelmira Ilaria Encarnacion Baltazar (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0534-2026-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTIVIDAD DEL BIODIGESTOR BATCH CON *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTIERCOL DE GALLINA Y CUY, HUÁNUCO**, presentado por el (la) Bach. **CRUZ TOCTO, JARRY LUIS ANTONIO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.


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

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

Siendo las **17:37** horas del día **16** del mes de **abril** del año **2026**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



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



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



Mg. Zelmira Ilaria Encarnacion Baltazar
DNI: 42840254
ORCID: 0000-0002-2688-8269
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JARRY LUIS ANTONIO CRUZ TOCTO, de la investigación titulada "EFECTIVIDAD DEL BIODIGESTOR BATCH CON "LACTOBACILLUS BULGARICUS Y SACCHAROMYCES CEREVISIAE" PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE GALLINA Y CUY, HUÁNUCO", con asesor(a) MILDRED MARGARITA CAMPOS GONZALES, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2147-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

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

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

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

Huánuco, 16 de diciembre de 2025



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



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

109. Jarry Luis Antonio CRUZ TOCTO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	21%	4%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%



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



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

DEDICATORIA

A mis padres, cuya paciencia, amor y sacrificio me guiaron en cada paso de este camino; a mi familia, que supo estar presente incluso en los momentos más difíciles, brindándome fuerzas cuando pensé en rendirme.

Y a mí mismo, por haber creído en este sueño. Esta tesis no es solo un requisito académico, sino el reflejo de constancia, esperanza y del apoyo incondicional de quienes siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, por haber sido el lugar donde no solo adquirí saberes, sino también la certeza de que la ingeniería posee la capacidad de transformar realidades. A mi asesor académico, por su orientación constante, paciente y firme; y a cada docente de la Universidad de Huánuco, por inculcarme enseñanzas que trascienden las aulas y se reflejan de manera significativa en mi vida profesional y personal. Finalmente, expreso mi gratitud más sincera hacia aquellas personas que, sin dudarlo, me brindaron la oportunidad de llevar a cabo esta investigación, aportando confianza, motivación y respaldo en cada etapa del proceso.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVO GENERAL	16
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7.1. AMBIENTAL	17
1.7.2. SOCIAL	18
1.7.3. ECONÓMICO	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. INTERNACIONAL	19
2.1.2. NACIONAL	21
2.1.3. LOCAL	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	26
2.2.1. DEFINICIÓN DE ESTIÉRCOL	26
2.2.2. GALLINAZA.....	26
2.2.3. ESTIÉRCOL DE CUY O COBAYO	26
2.2.4. BIODIGESTOR.....	27
2.2.5. TIPO DE BIODIGESTORES.....	27

2.2.6. BIOL.	27
2.2.7. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOL.....	28
2.2.8. PARÁMETROS ANAERÓBICOS.....	29
2.2.9. PH.....	30
2.2.10. TEMPERATURA.	30
2.2.11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.	30
2.2.12. NUTRIENTES.....	31
2.2.13. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS.	31
2.2.14. MACRO-MICRONUTRIENTES DEL BIOL.	32
2.2.15. PROCESO DE BIODIGESTIÓN.	32
2.2.16. BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA.....	32
2.2.17. BACTERIAS DEL PROCESO ANAERÓBICO.....	33
2.2.18. RELACIÓN DE CARBONO NITRÓGENO.....	33
2.2.19. FERTILIZANTES.....	34
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	36
2.4. HIPÓTESIS.....	37
2.5. VARIABLES.....	37
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	37
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	37
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	38
CAPÍTULO III.....	39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.1. ENFOQUE.....	39
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	39
3.1.3. DISEÑO.....	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	43
3.2.1. POBLACIÓN.....	43
3.2.2. MUESTRA.....	43
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
3.3.2. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	44

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	44
CAPÍTULO IV.....	45
RESULTADOS.....	45
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	45
4.1.1. PRODUCCIÓN DE BIOL DE PRIMERA GENERACIÓN – PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, MACRO Y MICRONUTRIENTES.	45
4.1.2. PRODUCCIÓN DE BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN – PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, MACRO Y MICRONUTRIENTES.	53
4.1.3. ENSAYO DE FITOTOXICIDAD DE BIOL DE 2 DA GENERACIÓN.	63
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	68
4.2.1. PRUEBA DE NORMALIDAD.	69
4.2.2. HIPÓTESIS GENERAL Y NULA.....	75
4.2.3. DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	75
CAPÍTULO V.....	77
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
5.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	77
5.2. APORTE CIENTÍFICO.....	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES.....	82
CAPÍTULO VI.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	38
Tabla 2 Tratamiento de 1° Generación	40
Tabla 3 Tratamiento de 2° Generación	42
Tabla 4 Ubicación de la unidad de estudio.....	43
Tabla 5 Resultados del pH del biol de 1 ra generación.....	46
Tabla 6 Resultados de la conductividad eléctrica del biol de 1 ra generación	47
Tabla 7 Resultados físico-químicos del biol de 1 ra generación	49
Tabla 8 Comparación de parámetros físico-químicos del biol de 1 ra generación	50
Tabla 9 Comparación de metales pesados - biol de 1 ra generación	52
Tabla 10 Resultados del pH del biol de 2 da generación	54
Tabla 11 Resultados de la conductividad eléctrica del biol de 2 da generación	56
Tabla 12 Resultados físico-químicos del biol de 2 da generación	57
Tabla 13 Comparación de parámetros físico-químicos del biol de 2 da generación (BI 2 GE-04, BI 2 GE-05, BI 2 GE-06)	59
Tabla 14 Comparación de parámetros físico-químicos del biol de segunda generación (BI 2 GE-07, BI 2 GE-08, BI 2 GE-09)	60
Tabla 15 Comparación de parámetros físico-químicos del biol de segunda generación (BI 2 GE-10, BI 2 GE-11, BI 2 GE-12)	61
Tabla 16 Comparación de metales pesados del biol de segunda generación	62
Tabla 17 Valores de pH en disoluciones del biol de 2 da generación	63
Tabla 18 Valores de pH en disoluciones del biol de 2 da generación	64
Tabla 19 Valores germinación, elongación radicular y fitotoxicidad total del biol de 2 da generación.....	65

Tabla 20 Prueba de normalidad para los parámetros fisicoquímicos del biol de 1 ra y 2 da generación.....	69
Tabla 21 Prueba de normalidad para los parámetros macro y micro nutrientes del biol de 1 ra y 2 da generación.....	70
Tabla 22 Rangos de la prueba de U de Mann-Whitney	72
Tabla 23 Estadísticos de prueba a.	73
Tabla 24 Prueba de T de Student (T-Test).....	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Diseño de la investigación	40
Gráfico 2 Diseño del biodigestor de 1 ra Generación.	41
Gráfico 3 Componentes del biodigestor de 1 ra Generación.	41
Gráfico 4 Componentes del biodigestor de 1 ra Generación.	42
Gráfico 5 Comportamiento del pH del biol de 1 ra Generación.	45
Gráfico 6 Comportamiento CE (dS/m) - biol de 1 ra Generación.....	47
Gráfico 7 Comportamiento del pH del biol de 2 da Generación.....	54
Gráfico 8 Comportamiento CE (dS/m) - biol de 2 da Generación.	56

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un biodigestor tipo Batch en la producción de biol de segunda generación, enriquecido con bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Saccharomyces cerevisiae*, a partir de estiércol de gallina y cuy. El estudio surge ante la problemática de la inadecuada gestión de residuos pecuarios, que genera contaminación del suelo, agua y aire, especialmente en la región de Huánuco. Se aplicó una metodología experimental basada en la elaboración de tres muestras de biol de primera generación y nueve de segunda generación, variando las proporciones de estiércol y cultivos bacterianos para analizar su influencia en las propiedades del biofertilizante. Los resultados evidenciaron que la inoculación bacteriana mejoró levemente las características físico-químicas y el contenido nutricional del biol. Se obtuvo un producto con pH óptimo (6.49 – 7.96), conductividad eléctrica controlada (13.18 – 15.95 dS/m) y baja relación C/N (2.71 – 3.58), lo que refleja estabilidad. Asimismo, se registró un mínimo incremento en macronutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, calcio y potasio, superando a los bioles de referencia. Las pruebas de fitotoxicidad demostraron que el biol de segunda generación es seguro para su uso agrícola, mostrando índices de fitotoxicidad muy bajos y posibles efectos bioestimulantes que favorecen la germinación y el desarrollo radicular. En conclusión, el biol obtenido representa un biofertilizante de alta calidad que valoriza los residuos pecuarios y constituye una alternativa sostenible para mejorar la fertilidad del suelo y la nutrición vegetal, contribuyendo así a la agricultura ecológica y al manejo ambiental responsable.

Palabras clave: Biol, segunda generación, fitotoxicidad, inoculación bacteriana, características físico-químicas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effectiveness of a batch biodigester in the production of second-generation slurry enriched with *Lactobacillus bulgaricus* and *Saccharomyces cerevisiae* bacteria from chicken and guinea pig manure. The study arose from the problem of inadequate livestock waste management, which generates soil, water, and air pollution, especially in the Huánuco region. An experimental methodology was applied based on the preparation of three first-generation slurry samples and nine second-generation slurry samples, varying the proportions of manure and bacterial cultures to analyze their influence on the biofertilizer's properties. The results showed that bacterial inoculation slightly improved the physicochemical characteristics and nutritional content of the slurry. A product with optimal pH (6.49–7.96), controlled electrical conductivity (13.18–15.95 dS/m), and a low C/N ratio (2.71–3.58) was obtained, reflecting stability. Furthermore, a minimal increase in essential macronutrients such as nitrogen, phosphorus, calcium, and potassium was recorded, surpassing reference biols. Phytotoxicity tests demonstrated that the second-generation biol is safe for agricultural use, showing very low phytotoxicity indices and potential biostimulant effects that promote germination and root development. In conclusion, the obtained biol represents a high-quality biofertilizer that valorizes livestock waste and constitutes a sustainable alternative for improving soil fertility and plant nutrition, thus contributing to organic farming and responsible environmental management.

Keywords: Biol, second generation, phytotoxicity, bacterial inoculation, physical-chemical characteristics.

INTRODUCCIÓN

En la última década, el crecimiento demográfico ha impulsado una demanda global sin precedentes de alimentos, lo que a su vez ha intensificado la producción pecuaria. Esta expansión ha generado un aumento considerable en los residuos orgánicos, cuya gestión inadecuada constituye una fuente significativa de contaminación atmosférica, edáfica y acuífera, amenazando la salud pública y la sostenibilidad ambiental. En el Perú, este problema es particularmente relevante, donde el sector agropecuario genera millones de toneladas de residuos anualmente, con el departamento de Huánuco destacando por la falta de un manejo adecuado de estos desechos, lo que ha propiciado la contaminación de sus suelos y mantos freáticos.

Frente a este desafío ambiental, la biodigestión anaerobia emerge como una solución biotecnológica prometedora para la valorización de residuos orgánicos. Este proceso no sólo mitiga el impacto ambiental al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y patógenos, sino que también produce un subproducto de alto valor: el biol, un biofertilizante rico en nutrientes. A pesar de los beneficios conocidos, existen vacíos en el conocimiento sobre la optimización de este proceso para mejorar la calidad del biol. Específicamente, pocos estudios han explorado el potencial de la inoculación de cultivos bacterianos específicos, como *Lactobacillus bulgaricus* y *Saccharomyces cerevisiae*, para potenciar las propiedades del biol de segunda generación.

Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la efectividad de un biodigestor tipo Batch en la producción de un biol de segunda generación mejorado, a partir de una mezcla de estiércol de gallina y cuy, mediante la adición de los cultivos bacterianos mencionados. Se espera que este estudio no solo contribuya a la literatura científica con hallazgos sobre la optimización de la biodigestión, sino que también proponga una alternativa práctica y sostenible para la gestión de residuos pecuarios en Huánuco, ofreciendo un biofertilizante superior que impulse la agricultura local de manera responsable y amigable con el medio ambiente.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Durante la última década el crecimiento poblacional humano ha ido aumentando, producto de ello se presenció la necesidad de un aumento masivo en poder satisfacer la ingesta de alimentos. Todo esto influye en el aumento del nivel de vida muchos países, originando así problemáticas sociales de consumo y demanda, así como también de productos y servicios; ello ocasiona la presencia y generación de residuos sólidos por cada actividad que nosotros realicemos, ya sea: agrícolas, forestales, ganaderas e industriales. (Gland, 2012).

La producción pecuaria, que forma parte de la actividad ganadera, se vio influenciada por la creciente demanda mundial. Esto llevó a un aumento en las tasas de producción y crianza en varios países, regiones y localidades, lo que dio como resultado la contaminación atmosférica; provocando el efecto invernadero debido a la presencia de gases, y la emisión de metano y óxido nitroso, que están asociados a la dieta de los animales y a su manejo del estiércol en sistemas intensivos (FAO, 2023). Todos estos elementos de actividades humanas y de consumismo empezaron a configurar un nuevo potencial de contaminación, tanto orgánico como a nivel microbiológico; ocasionando desequilibrios en el medio ambiente; no obstante, mientras se continúe con los tiraderos dispuestos a cielo abierto, se seguirán presenciando problemas de contaminación, enfermedades y vectores (Tello et al., 2011).

Durante el año 2012, el Ministerio del Ambiente estimó que la generación de residuos sólidos para la costa fue de 8.865.626,71 kg/día, en la sierra 2.516.711,78 kg/día y en la selva 1.354.680,24 kg/día, respectivamente. La estructura de los residuos sólidos a nivel nacional consistió en un 50,9 % para materia orgánica, un 10,1 % para plásticos, un 8,5 % para residuos peligrosos, un 7,1 % de materia inerte, 4,9 % para residuos o definidos, 4,8 % de papel, un 3,4 % de madera y restos de jardín, un 3,3 % de cartón, 3,25 % de vidrio, 2,8 % de metales, y un 1.85 % de telas

y textiles, un 1,6 % de cuero, caucho y jebe, un 0,8 % para huesos, un 0,6 % para Tetrapak, 0,4 % para aparatos electrónicos (MINAM, 2014). En 2011, el sector agropecuario produjo 27.01 millones de toneladas de desechos, lo que equivale un 16,7% de los residuos generados en el Perú, ubicándose en la posición 56 en emisiones de gases de efecto invernadero, con un 0,3% del total de emisiones de CO₂ a nivel global; esto evidencia nuestro consumo y el riesgo que representa para el medio ambiente si se gestiona de manera inapropiada. (WRI y CAIT, 2014).

Dentro de los residuos pecuarios, están los ganaderos y avícolas, provenientes de la crianza de cerdos, vacas, cabras, etc. Según Roberto M. (2011), la generación de estos residuos expresa una problemática, que radica en el excesivo volumen de residuos y altas concentraciones de material orgánico (MO), que contribuyen a la contaminación del suelo y el agua en forma de lixiviados por acción de la gravedad e hidrólisis, alterando la composición microbiana, características físicas y químicas.

Además, los vertidos incontrolados de excretas agropecuarias representan un riesgo de contaminación para los suelos y acuíferos, así como un impacto potencial en la salud de la población. Uno de los efectos negativos de la actividad pecuaria es la contaminación del agua, especialmente por un exceso de nutrientes que provoca eutrofización, lo cual altera la vida acuática. Esta situación se origina por el vertido de aguas de lavado en fuentes y cursos de agua superficial, como ríos y arroyos (San Martín 2008). Otro impacto adverso es la proliferación de animales que actúan como vectores de microorganismos patógenos, capaces de transmitir enfermedades como diarrea y fiebre tifoidea a la población. Entre estos vectores se hallan moscas, mosquitos, roedores y cucarachas, que descubren en los residuos pecuarios un entorno adecuado para su reproducción y acceso a alimento. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2023).

En 2021, el departamento de Huánuco contaba con 758,416 habitantes; cada persona generaba en promedio 0,47 kg diarios de residuos domésticos y 0,67 kg de residuos municipales. En total, se registraron 108,532.26 toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 63.41% correspondían a residuos orgánicos, el 15.47% eran inorgánicos, el 12.44%

no aprovechables, y el 8.40% se clasificaban como peligrosos (Compendio Estadístico, Huánuco 2021). Asimismo, Huánuco no cuenta con una disposición adecuada de residuos pecuarios y actualmente no cumple las medidas sanitarias requeridos por SENASA considerando que estos son para el consumo humano; esto está provocando un manejo inadecuado de los desechos orgánicos del sector pecuario que eliminan sin control al entorno, lo que resulta en la aparición de olores desagradables, focos de infección, alteraciones en el paisaje, contaminación de aguas subterráneas, etc. (SENASA, 2020).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será la efectividad del biodigestor Batch con "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" para la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuál será la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de primera generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?

¿Cuál será la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de segunda generación con "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?

¿Cuáles serán los efectos fitotóxicos del biol de segunda generación, obtenidos en los biodigestores Batch con "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad del biodigestor Batch con "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" en la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de primera generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.

Determinar la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de segunda generación con "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.

Identificar los efectos fitotóxicos del biol de segunda generación, obtenidos en los biodigestores Batch con "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los materiales orgánicos experimentan dos tipos de procesos: Proceso anaerobio, Biometanización y Proceso aerobio, compostaje. El primero, conocido como digestión anaerobia, es un proceso biológico acelerado de manera artificial, que sucede en condiciones de muy escaso oxígeno o en su completa ausencia, sobre sustratos orgánicos. El segundo resultado es una mezcla de gaseosa compuesta por un 99% de metano y dióxido de carbono, además de un 1% de amoníaco y ácido sulfhídrico. Este gas combustible (metano) permite obtener energía (UNED, 2010).

Países como Europa en la época de la Segunda Guerra Mundial, mostraron su interés por las tecnologías limpias y procesos de digestión anaeróbica. Todo ello conlleva a que, en la actualidad, el continente europeo utilice esta tecnología, fundamentada en digestores de gran escala. Fue tal la magnitud del uso y empleo de esta tecnología, que la República de China llegó a poseer una gran número de digestores valorizados en más de 2

millones, utilizando los productos resultantes en la mejora de la agricultura (Rilke, 2008).

Actualmente a nivel nacional se utilizan los biodigestores para el tratamiento del material orgánico producido a partir de diferentes fuentes como residuos domiciliarios, granjas, etc., esto debido a que presentan un bajo costo en su implementación, reducen drásticamente los malos olores y favorecen en la obtención de diversos productos derivados como: biogás, biol y biosol (Acosta, 2013). De igual forma, estos productos permiten al propietario obtener un beneficio e ingreso económico; dado que, a través de la degradación anaeróbica del estiércol se generará un biogás que puede sustituir, con características parecidas, en menor cantidad al GLP, además de un biol lleno en nutrientes que se asimila fácilmente al ser aplicado en el suelo. (Yauyo, 2016).

El crecimiento masivo de la población y el consumismo, provoca un incremento diario en la producción de residuos sólidos, lo que lleva a la búsqueda de nuevas alternativas de solución con tecnologías cada vez más favorables para el medio ambiente. Por esta razón esta investigación busca aprovechar el potencial productivo de los residuos orgánicos (Estiércol de gallina y cuy), mediante los biodigestores ya que son sistemas con resultados óptimos en el manejo de diversos tipos de residuos orgánicos.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Como principal limitación de la investigación es la carencia de equipos de medición disponibles para el análisis de factores físicos, químicos, orgánicos e inorgánicos en la ciudad de Huánuco; por esta razón, los costos del alquiler del equipo y de los análisis son altos.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. AMBIENTAL

La falta de tratamiento adecuado en residuos pecuarios se podrá reducir a partir de la implementación de esta tecnología, disminuyendo los problemas ambientales que ocasiona; tales como: la presencia de vectores y malos olores, uso de químicos para la

producción agrícola y la eliminación de lixiviados. Todo ello para convertir la problemática en una oportunidad.

1.7.2. SOCIAL

La utilización de los biodigestores es de fácil aplicación, eficiente para tratar residuos orgánicos de origen animal. El producto resultante, biol, representará un beneficio que reducirá los riesgos posibles hacia la salud y mejorará el entorno social. Su manejo y mantenimiento simple, hace que la producción de biol sea un punto adicional en el bienestar social.

1.7.3. ECONÓMICO

La implementación, puesta en marcha y mantenimiento de esta tecnología es fácilmente reproducible, garantizando con el biol futuras compras en fertilizantes y productos químicos. Del mismo modo representa un producto innovador y comercial, generando ingresos económicos por su venta y distribución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. INTERNACIONAL

Díaz (2020), en su proyecto de investigación denominado: “Implementación de un biodigestor para la generación de biogás y biol en Bogotá a partir de heces caninas usando un ecocatalizador como acelerante biológico”, resumen el proyecto busca alternativas y estrategias para reducir los residuos de acumulación de heces caninas que provocan los malos olores y vectores, así como la mala presentación del lugar; por lo cual se implementó un biodigestor anaeróbico y como estrategia de optimización la aplicación de un Ecocatalizador ayudando a reducir y eliminar los olores ofensivos, solubilizando las grasas y aceites. Se realizó bajo la metodología de seguimiento con cinco montajes experimentales en los cuales cada montaje contenía doscientos (200) ml de la mezcla entre heces caninas y agua garantizando la dilución en relación de 1:1 adicionando una concentración diferente del Ecocatalizador a cada montaje garantizando una temperatura de 30 °C y así poder generar un proceso de digestión anaeróbica mediante bacterias termófilas, la recolección de heces se realizó durante 16 días de los 116 caninos para luego dejar retenido 4 días la materia orgánica. Como resultado se evidencio que en el montaje (5) con una concentración de 2 ml fue el más eficiente generando un 30.6% de gas con respecto al montaje 1 que no contenía Ecocatalizador y con respecto a los parámetros físico químicos no llegan a cumplir con lo establecido debido al estado de salud de los canes y sus diversas edades; con respecto al biofertilizante también no se llega a cumplir con los niveles mínimos de fósforo y nitrógeno de cuerdo a los estándares estipulados.

Escorcía et al. (2020), en su artículo de investigación denominado “*Construcción de un biodigestor para la generación de biol y biogás a partir de residuos orgánicos*”, resume que el estudio tiene como objetivo la construcción de un biodigestor para la generación de

biol y biogás a partir de residuos orgánicos de las unidades productivas de la finca “El Caney” del Servicio Nacional de Aprendizaje donde cuentan con varias áreas productivas de residuos en cantidades equivalente a 40 kg de bovino, 9.6 kg en ovinos y 0.15 kg en el área avícola. Para lo cual primero se realizó la caracterización y análisis de los residuos orgánicos en el mismo lugar para luego proceder al laboratorio y poder determinar los parámetros fisicoquímicos como el pH, humedad, nitritos, nitratos y fosfatos. Se usó el biodigestor (polietileno de alta y abaja densidad) debido a su bajo costo, fácil transportación, retención hidráulica, temperatura, capacidad y parámetros estudiados, para luego proceder a seleccionar los residuos de los bovinos para la carga al reactor después de 30 días de la instalación y finalmente evaluar su eficiencia del sistema. Con la instalación del biodigestor se produce varias formas de energía amigable al ambiente como combustible para una cocina que funciona 4 horas continuas generando 2.5 m³/día con pH de 7, el biol producido fue de 200 litros lo cual sirvió como biofertilizante en áreas de 200 m² para cultivo como maíz, frijol y melón.

Gallegos (2021), en su trabajo de investigación denominado *“Obtención de biol a partir de residuos vegetales y animales en un biorreactor comercial”*, resume que el presente proyecto tiene como objetivo obtener biol a partir de la digestión anaeróbica de una mezcla de residuos vegetales y animales, por lo cual se empleó un tanque Rotoplas de aguas residuales con capacidad de 600 L de capacidad. Su metodología inicio con la recolección de la materia prima para poder determinar su formulación en base a su contenido de nutrientes, luego se preparó la mezcla con estiércol de cuy, ratas, gallinaza, agua, microorganismos de montaña, azúcar morena, leche cruda, ceniza y cascara de huevo, para luego sellarlo en un recipiente sometiendo su descomposición anaeróbica durante 120 días, su preparación consistía en pesar 100g de muestra para luego ser colocados en bandejas y secarlos durante 24 horas para luego ser colocados en frascos herméticos, etiquetarlos y dejar en el secador. Se realizaron

evaluaciones de temperatura, conductividad eléctrica, pH, DBO₅ y DQO cada 30 días incluidos color, olor y aspecto durante todo el proceso. Para poder analizar el biol se tomaron muestra de tres secciones del biorreactor superior, medio e inferior, las temperaturas ambientes fueron de 16 a 25°C. Dando como resultado nitrógeno (4.11%), fósforo (1.22%) y potasio (8.50%); los porcentajes de Coliformes fecales y totales fueron 8,8x10e04 UFC/ml, pH de 6.64 y alta concentración de sales salubres de 25.11 dS/m. En conclusión, el biol obtuvo un rendimiento de 77.67% presentando excelentes propiedades nutricionales para ser utilizado como fertilizante ya que cumple con todas las propiedades según Agrocalidad Ecuador, adicional a esto se debe considerar que cuenta con cierta carga patógena que debe ser controlada.

2.1.2. NACIONAL

Garavito y Gomero (2020), en su artículo de investigación denominado *“Relación entre la produciendo biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno”*, resume que el presente estudio ha analizado la relación entre la producción de biogás y biol realizando las mezclas de restos de trucha proveniente de la empresa Patsac compuestos por cabeza, aletas, piel, viseras y truchas que han muerto en la crianza; así como el estiércol vacuno que contiene buenos nutriente que llegan a ser usados como fertilizantes; se construyeron 12 biodigestores de 90 L distribuidos en tres tratamientos y un control, contando cada uno con tres repeticiones, todo esto realizado durante las 10 semanas. Las cantidades que fueron utilizadas fueron de estiércol vacuno T1 (6Kg), T2 (12g) y T3 (24Kg). La mayor producción se dio en orden descendente T3 > T2 > T1 > control. Dando como resultado que el tratamiento T3 dio mejores respuestas más elevados y óptimos, con respecto a la cantidad de biogás se produjo un total de 159,3 L; así como su composición conformada por nitrógeno, fosforó, potasio, calcio, magnesio y sodio, que fueron de 6600, 565.89, 1136.67, 1603.33, 563.33 y 1408.33 mg/L así como la cantidad de

ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas 1.06 %, 1.39 % y 0.48% respectivamente.

Zanabria (2019), en su trabajo de investigación denominado “Evaluación de la calidad de Biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el Instituto Regional de la Costa de la UNALM”, resume que el presente proyecto de investigación evaluó la calidad de dos abonos orgánicos y uno orgánico-mineral, los tres en estado líquido; el primero de un biodigestor de digestión anaeróbica instalado en el Instituto Regional de Desarrollo fundo Don German (Biol I-G) , el segundo de una fermentación láctica (Biol II-G) y el tercero de la mezcla del último con el fertilizante sintético nitrato de amonio al 33% (Biol III-G). Su metodología consistía en tomar 500 g de excreta de cuy y someterlos a análisis de Ph, conductividad eléctrica, temperatura, sólidos totales, materia orgánica en solución y macronutrientes (N, P y K), micronutrientes (Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn y B), metales pesados (Cd, Cr y Pb), microbiológico (Coliformes fecales, Coliformes totales, E. coli y Salmonella sp); además de los efectos fitotoxícos en semillas de lechuga. Dando como resultado que el Biol I-G se registró valores de pH en 7.06 und, conductividad eléctrica 7.45 dS/m temperatura 24 °C, gas metano de 67.5 %, el Biol II-G obtenido de la combinación de Biol I-G, melaza y el consorcio microbiano B-Lac resultaron con pH <4, ninguno presento malos olores, la concentración de melaza 20%, Blac 10% y el resto de Biol-G con la mayor cantidad. Para la obtención del Biol III-G se mezcló Biol II-G con nitrato de amonio estabilizado con fósforo en 33% de nitrógeno y 3% de fosforo, dando como conclusión que el tratamiento se incrementa en valores nutricionales a medida que se aplica el tratamiento, así mismo los metales pesados aumentan su concentración pero no llegan a sobrepasar sus límites máximos permisibles, en lo que respecta los resultados microbiológicos para el Biol II-G registran valores menores a NMP/ml indicando ausencia de patógenos. Como conclusión se llega a que el crecimiento de la plántula de lechuga con dosis optima es de 0.01 % para el Biol I-G, 0.1

% para el Biol II-G y 0.001 % para el Biol III-G con índice de germinación (90.17, 91.99 y 91.53).

Flores (2023), en su trabajo de investigación denominado *“Evaluación de la calidad de biol de segunda generación producido mediante fermentación homoláctica del biol IG Vacuno”*, en su presente proyecto de investigación resume que se elaboró el Biol II-G para mejorar las propiedades del Biol I-G de vaca, con un biodigestor tubular de 10 m³ donde se tomó muestras los meses de febrero, abril y junio el cual registro valores de 7.05 en pH y conductividad eléctrica de 5.01 dS/m. su metodología consistía en utilizar un recipiente de 60 L par la producción de 50 L de biol además se emplearon 360 semillas de la variedad Sofía de Lechuga donde se evaluó el pH, acides láctica, características físico-químicas, macronutrientes (N,P,K), micronutrientes (Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn y B), metales pesados (Cd, Cr y Pb), agente microbiológico (Coliformes fecales, Coliformes totales, E. coli y Salmonella sp). Se evaluaron nueve mezclas y se seleccionó biol, de vaca (75 %), consorcio microbiano (15 %) y melaza de araña (10%). Como resultado se vio que se trabajó a escala piloto alcanzando un pH de 3.89 a temperatura ambiente y un valor aproximado de 1.92% de acidez láctica al quinto día, el potasio (macronutriente) se incrementó en 58% a diferencia del magnesio (micronutriente) se incrementó en 230% con respecto al Biol I-G. dando como resultado que la acidificación del proceso de fermentación garantizo la eliminación de patógenos, donde el ensayo de fitotoxicidad determino que el abono diluido al 0.1% beneficio el crecimiento de las plántulas de lechuga.

2.1.3. LOCAL

Aguirre (2021), en su trabajo de investigación denominado *“Evaluación de la calidad del biol a partir de estiércol de cuy y hojas de plátano mediante un biodigestor semicontinuo, Huánuco 2021”*, resume que el presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de biol a partir de estiércol de cuy y hojas de plátano mediante un biodigestor semicontinuo. Su metodología utilizada

consistió en tres grupos experimentales con las muestras del primero (Biol X) con 12.5% de excretas de animales y 12.5% de residuos de plátanos, segundo (Biol Y) con 16.6% de excretas de animales y 8.3% de residuos de plátano, tercero (Biol Z) un 8.3% de excretas de animales y 16.6% de residuos de plátano, donde los datos fueron recopilados en 30, 60 y 90 días. Como resultado se obtuvo una relación entre el tiempo y la concentración de pH, conductividad y humedad. Las composiciones obtenidas en los 90 días para los parámetros físicos fueron Biol x con 11.94(pH), 23.54 (CE) y 94.58 (Humedad); Biol Y con 11.98 (pH), 22.14 (CE) y 96.21 (Humedad) y Biol Z con 11.74 (pH), 12.57 (CE) y 97.72 (Humedad). Las composiciones obtenidas en los 90 días para los parámetros químicos fueron Biol x con 3.68 (N), 0.28 (P₂O₅) y 3.71 (K); Biol Y con 3.39 (N), 0.19 (P₂O₅) y 3.49 (K) y Biol Z con 3.04 (N), 0.15 (P₂O₅) y 3.84 (K). En conclusión, se evidencia que la producción de Biol es una alternativa para la producción de abonos orgánicos que se pueden aprovechar a base de residuos en forma controlada.

Noreña (2018), en su trabajo de investigación denominado “Evaluación del estiércol de cuy de la granja montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco para la producción de biol mediante biodigestores del tipo semicontinuo – 2017”, resume que el proyecto de investigación se realizó buscando reutilizar los residuos pecuarios y las aguas residuales usando biodigestores semicontinuo, teniendo como objetivo evaluar los parámetros físicos y químicos en los periodos de 30, 60 y 90 días. Su metodología consistía hacer uso de estiércol de cuy que se obtuvo en la granja Montero donde cuentan con 3500 ejemplares, recolectando 16 Kg haciendo dando un total de 128 Kg donde se llegó a usar 1 Kg de estiércol para el análisis en el laboratorio y los 127 kg sobrantes para los biodigestores; así mismo las aguas residuales usadas fueron provenientes del camal municipal con presencia de sangre, grasas, restos de pelo, viseras y cuernos obteniendo al final 130 L y posteriormente 26 L para la alimentación para cada biodigestor en un tratamiento de 3 repeticiones

homogenizando las variables en cada etapa, dando como resultado MS (4.84%), H (95.16%), CBH (0.92%), MOBH (3.92%), NBH (0.11) y NBS (9.78%), así mismo para la temperatura interna no se presentó diferencia estadística sin embargo los parámetros de pH, temperatura, Sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica si presentaron diferencias estadística significativa a diferencia de los parámetros químicos que no se obtuvo diferencia estadística significativa entre P_2O_5 , K, Cu, F, Zn y Mn; pero si en Ca, Na y Mg. Concluyendo así que el biol presenta condiciones óptimas de N_2 , P_2O_5 y K el cual puede ser usado para la agricultura.

Salas (2023), en su trabajo de investigación denominado “Elaboración de abono líquido (biol) mediante biodigestor a partir de vísceras de pollo y pescado de la zona metropolitana de Huánuco, Huánuco 2022”, resume en su proyecto de investigación que tuvo como objetivo elaborar abono líquido (biol) mediante un biodigestor a partir de bisecaras de pollo y pescado. Su metodología consistió en usar los desechos viscerales de los peces y pollos desovados durante el periodo experimental. Se aplicó un 50%50 y 25/75 en 10 muestras, obteniendo como resultado diferencias en materias orgánicas una mayor diferencia, en el tratamiento B (materias orgánicas y aguas 25/75), y en los parámetros químicos se encontró diferencias ente el hierro y zinc siendo mayor en el tratamiento A (materia orgánica y agua 50/50). Concluyendo que el tratamiento A produjo 6000 ml y el tratamiento B 5000 ml.

Obteniendo como resultado que hubo diferencias significativas en materias orgánicas mayor en el tratamiento B (materias orgánicas y agua de 25/75). En los parámetros químicos se encontró diferencias en el hierro y zinc siendo mayor en el tratamiento A (materia orgánica/agua de 50/50), realizado el análisis de varianza se obtiene significancia en el zinc con un p-valor $< 0,05$ (0,01) y $t = -0,263$ y hierro p-valor $< 0,05$ (0,024) $t = -2,773$. Concluyen en que la producción biol mediante biodigestor a partir de vísceras de pollo y pescado en el tratamiento A (materia orgánica/agua de 50/50) produjo 6000 ml

y en el tratamiento B (materia orgánica/agua de 25/75) 5000 ml. Asimismo, en cuanto a los parámetros físicos se obtiene diferencias significativas en la materia orgánica siendo mayor en el tratamiento B (materia orgánica/agua de 25/75), en los parámetros químicos hubo diferencias significativas en el zinc y el hierro siendo mayor en el tratamiento A (materia orgánica/agua de 50/50)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DEFINICIÓN DE ESTIÉRCOL

Tapia & Fries (2004) menciona que el estiércol es considerado como la prioridad en la generación de abonos orgánicos, su correcta gestión se muestra como una opción sobresaliente para optimizar las propiedades físicas y químicas del suelo, además proporciona nutrientes a las plantas, siendo tratado y guardado en estado sólido.

2.2.2. GALLINAZA

Según el Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, la Gallinaza son excretas de gallinas ponedoras (*Gallus gallus domesticus Linnaeus*, *Leghorn Blanca*, *New Hampshire*) que se acumulan durante la fase de puesta de huevo o en los periodos de crecimiento de estas aves, combinados con restos de comida y plumas. (INTAGRI, 2015).

La gallinaza se compone de los restos sólidos generados por la producción de gallinas ponedoras, una mezcla que incluye cuita, plumas, residuos de alimentos, huevos quebrados y otros desechos avícolas, combinados con el material utilizado como cama, que puede ser aserrín, viruta, o algún otro material absorbente. Se trata de una mezcla que se mantiene en el galpón por aproximadamente un año, al final del cual se retira y se le aplica un proceso de secado. (Garro, J. 2016).

2.2.3. ESTIÉRCOL DE CUY O COBAYO

Molina (2012), señala que el estiércol de cuy se usa con diversos beneficios debido a su elevado contenido de nutrientes, particularmente de oligoelementos. El estiércol de cuy y el de caballo

son los más efectivos, con la ventaja de no producir olores ni atraer moscas y se presenta en forma de polvo. Este fertilizante orgánico es fundamental para el uso de cultivos de forma limpia que no perjudique al entorno. Según Pantoja (2014), el estiércol de cuy o cobaya se compone químicamente por los siguientes nutrientes (ppm): nitrógeno 0.70%, fósforo 0.05%, potasio 0.31% y un pH 10.

2.2.4. BIODIGESTOR

Ramos (2006) señala que los biodigestores brindan numerosas ventajas para el manejo de los desechos orgánicos en las actividades agropecuarias, reduciendo la carga contaminante, extrayendo gran parte de la energía del material, aumentando su valor como fertilizante y controlando significativamente los olores desagradable.

Un biodigestor es un sistema que crea un entorno propicio para que la materia orgánica se descomponga sin oxígeno, proceso conocido como digestión anaeróbica; la descomposición es llevada a cabo por bacterias que se encuentran dentro del biodigestor, que provienen principalmente del estiércol fresco, alimentándose de la materia orgánica y generando productos como biol, biosol y biogás (MINAGRI ,2011).

2.2.5. TIPO DE BIODIGESTORES

Corona (2007) menciona que hay varios tipos de biodigestores, entre ellos: biodigestor tipo bolsa, hindú y chino; sin embargo, los más frecuentes son el domo flotante (hindú) y el domo fijo (chino); el principal problema de estos biodigestores radica principalmente en los costos elevados, la complejidad de la instalación y las dificultades para obtener las piezas y repuestos. También se pueden categorizar los sistemas de biodigestión según la frecuencia de carga en: Batch o discontinuo, semicontinuo y continuo (Solari, 2004).

2.2.6. BIOL

Verde (2014) establece que el biol es un fertilizante foliar orgánico que resulta del proceso de la fermentación anaeróbica de materias orgánicas de origen animal y vegetal, como excretas o

desechos vegetales. También se describe como un elemento que optimiza la germinación de las semillas, refuerza las raíces y la floración de las plantas; su eficacia se refleja en los incrementos notables de las cosechas a bajo costo.

INIA (2008) señala que la producción de biol se lleva a cabo de manera artesanal dependiendo de la composición y propiedades nutricionales de los materiales utilizados, así como del clima y características del biodigestor en la digestión anaeróbica; hay dos maneras de elaborar biol, en mangas de plástico (modelo de flujo pistón) o en bidones imitando al método chino o hindú, donde permanecen entre dos a tres meses; tiempo que duración de la fermentación.

El biol ofrece múltiples beneficios; es no tóxico y no contamina, su producción es sencilla, se absorbe con facilidad por las plantas y tienen un bajo costo. Además, su fabricación requiere un tiempo de retención que varía de 3 a 4 meses (Verde, 2014). Asimismo, la producción de biol en un clima frío se extiende de 75 a 90 días, mientras que en un clima cálido de 30 a 45 días. (Peña, 2008)

2.2.7. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL BIOL

En 2016, Crisanto desarrolló un proceso de producción de biol utilizando aguas residuales y estiércol de animales domésticos, obteniendo un fertilizante con los siguientes resultados: pH: 7.21, lo que denota una condición neutra; conductividad eléctrica (CE): 8.57 uS/cm, Sólidos Totales Disueltos (STD): 16.09 g/l y materia orgánica (MO): 9.99 g/l. En cuanto a macronutrientes, se registraron valores de nitrógeno (N): 908.60 mg/l, fósforo (P): 145.75 mg/l, potasio (K): 280 mg/l, calcio (Ca): 792 mg/l, magnesio (Mg): 146.67 mg/l y Sodio (Na): 520 mg/l, resaltando una alta concentración de micro y macronutrientes.

En 2008, Aparcana y Jansen afirman que cerca del 90% del material orgánico que entra a un biodigestor se convierte en biol y

también señalan una reducción en la cantidad de materia seca en el biol, que oscila entre el 1% y el 5%.

Potsch et al. (2004) llevo a cabo un estudio utilizando estiércol de vaca en biodigestores de tipo semi continuo, donde presentó los siguientes resultados: pH: 7.96, Nitrógeno (N₂): 2.63 g/l, Fósforo (P): 0.43 g/l, Potasio (K): 2.66 g/l, Calcio (Ca): 1.05 g/l, Magnesio (Mg): 0.38 g/l y Sodio (Na): 0.404 g/l. ITINTEC (1984) generó biol a partir de estiércol vacuno mediante digestión anaeróbica con biodigestores, logrando estos resultados; pH: 6.7 a 7.9, nitrógeno: 0.9 g/l, fósforo: 0.048 mg/l, potasio: 0.29 mg/l, calcio: 2.1 g/l, magnesio: 0.135 %, carbono: 0.23 a 0.30 y zinc: 0.05 mg/l. Cano y colaboradores (2016) desarrollaron biol a partir de estiércol de ganado bovino y porcino, alcanzando un promedio de humedad de 95.18% y 96.21% respectivamente, y un contenido de cenizas del 1.51% para ambos bioles.

En 2009, Suarez examinó las heces de alpaca para la producción de biol, detectando altas concentraciones de N, P, K, Ca y B; encontrando niveles superiores a 700 mg/L-1, 170 mg/L-1 ,1300 mg/L-1, 1800 mg/L-1, 270 mg/L-1 y 7 mg/L-1 respectivamente; esta notable variación con otros bioles se atribuye a las bacterias que degradan compuestos insolubles como la celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que explica altos contenidos de materia orgánica y sólidos totales.

2.2.8. PARÁMETROS ANAERÓBICOS

La efectividad de la digestión anaeróbica está determinada por ciertos parámetros clave, lo cual es fundamental para las condiciones de los microorganismos anaerobios presentes. La proliferación y el funcionamiento de los microorganismos anaeróbicos se ven notablemente afectados por factores como el oxígeno disuelto, temperatura constante, valor de pH, disponibilidad de nutrientes, nivel de agitación, además de la presencia y cantidad de inhibidores. Las bacterias de producen metano son anaerobias estrictas, así que se

debe de evitar de manera rigurosa la presencia de oxígeno durante el proceso de digestión (Handbook, 2008).

2.2.9. PH

En 2015, Fernández y Seghezzo crearon reactores anaeróbicos, señalando que el rango óptimo de pH para la digestión anaeróbica en un reactor se sitúa entre 6.8 y 7.5; aunque el proceso puede llevarse a cabo de manera efectiva en el intervalo de 6.0 y 8.0.

El pH es un parámetro que tiene una gran influencia en la estabilidad del proceso de digestión anaeróbica, regula la convivencia de las poblaciones de microorganismos y controla la supervivencia de los microorganismos que degradan (Bolívar y Ramírez, 2012).

2.2.10. TEMPERATURA

La temperatura constituye un parámetro operativo trascendental ya que influye en los balances energéticos que pueden facilitar u obstaculizar el proceso de la biodigestión anaeróbica; por lo tanto, se definen rasgos de temperatura que se categorizan como psicrófilo; además, siguieren que el rango mesofílico es el más idóneo para la digestión anaeróbica (Fernández y Seghezzo, 2015).

En 2011, Cendales señala que el aumento en la temperatura es directamente proporcional al crecimiento de bacterias y conversión metabólica; también indica que las fluctuaciones en la fase termofílica provocando mortalidad bacteriana, lo que reducirá el proceso de biodigestión y aumentará el tiempo de retención. Cano, et al. (2016) analizaron en los bioles de ganado bovino y porcino, la temperatura interna media durante dos meses, registrando; 22.4 y 23.13°C respectivamente, donde proliferan los microorganismos mesofílicos.

2.2.11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica es, en esencia, una evaluación de la actividad iónica de una solución con respecto a su habilidad para conducir corriente (FIODM, 2012). En 2016, Cano y colaboradores analizaron los bioles de ganado bovino y porcino, observando una

variación en la conductividad eléctrica desde los 35 días, con valores de 11.09 a 4.06 us/cm-1.

Según Soria, et al. (2001), se concluye que en la biodigestión de excretas líquidas de porcinos durante 50 días, la conductividad eléctrica comenzó en 5.8 us/cm-1 y termino en 4.08 us/cm-1, lo que indica que la reducción se debió al aprovechamiento de compuestos solubles del sustrato, ya que los microorganismos estaban en fase de reproducción.

2.2.12. NUTRIENTES

El proceso anaerobio se distingue, en comparación con los aerobios, por sus reducidos requerimientos de nutrientes, principalmente por los bajos niveles de producción de biomasa. No obstante, la biomasa requiere para su crecimiento el aporte de varios nutrientes, así como una fuente de carbono y energía. Los nutrientes clave del sistema anaerobio incluyen nitrógeno, azufre, fósforo, hierro, cobalto, níquel, molibdeno, selenio, riboflavina y vitamina B₁₂ (Speece, 1987 citado por Campos, 2001).

Asimismo, hay una serie de compuestos fundamentales para la estructura de la célula, llamados factores de crecimiento, que no pueden ser producidos a partir de los precursores presentes en el entorno anaeróbico. En consecuencia, el microorganismo debe obtener estos compuestos directamente del sustrato. En el conjunto de factores de crecimiento necesarios para los microorganismos se incluyen aminoácidos, purinas, pirimidinas y vitaminas (Cendales, 2011)

2.2.13. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los sólidos totales disueltos son la suma de los minerales, sales, metales, cationes y aniones disueltos que se encuentran en el agua, incluyendo principalmente calcio, magnesio, potasio y sodio; así como los bicarbonatos, cloruros, sulfatos; además de mínimas cantidades de materia orgánica disuelta en el agua; también se indica que los sólidos totales disueltos representan una medida de la concentración total de iones en solución (FIODM, 2012).

2.2.14. MACRO - MICRONUTRIENTES DEL BIOL

FAO (2002) divide los macronutrientes en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y secundarios (magnesio, azufre y calcio); y clasifica los micronutrientes como hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, cloro y boro.

Fernández y Seghezzo (2015). Señalan que en la digestión anaeróbica, las bacterias no solo necesitan una fuente de carbono (C), sino que también requieren otros nutrientes como nitrógeno (N²), fósforo (P) y azufre (S) en cantidades significativas y la presencia de micronutrientes; se establece que las concentraciones ideales para el proceso de digestión anaeróbica son las siguientes; nitrógeno (<50 mg/L), fósforo(<10 mg/L), potasio (<200 mg/L), calcio (<200 30mg/L), sodio (<200 mg/L), magnesio (<250 mg/L), cobre (<0.02 mg/L), hierro (<10 mg/L), zinc (<0.02 mg/L) y manganeso (<0.02 mg/L).

Bolivar y Ramirez (2012) indican que, en la digestión anaeróbica, el proceso microbiológico no solamente necesita fuentes de carbono y nitrógeno, sino que además deben de estar en un equilibrio adecuado determinados por minerales como el azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros en menor cantidad.

2.2.15. PROCESO DE BIODIGESTIÓN

Vega (2015) indica que hay 2 tipos de procesos de biodigestión, que se clasifican en el proceso aeróbico y el proceso anaeróbico. El proceso aeróbico es realizado por bacterias aeróbicas, en el que la materia orgánica es fermentada utilizando una fuente de energía, lo que provoca una reacción exotérmica, mientras que el proceso anaeróbico se fundamenta en la biodigestión en ausencia de oxígeno.

2.2.16. BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA

Según Vega (2015), la biodigestión anaeróbica incluye una compleja secuencia de reacciones de fermentación y digestión realizadas por diversas especies bacterianas en un entorno sin oxígeno. Este procedimiento se fundamenta en la conversión de

materia orgánica contaminante a biomasa, a través de reacciones bioquímicas y como resultado se genera un residuo semisólido conocido como biosol y residuo líquido como biol.

Llirod y López (1995) mencionan que en la biodigestión anaeróbica es fundamental considerar los nutrientes esenciales de las bacterias anaeróbicas, que incluyen el carbono, en forma de carbohidratos, y el nitrógeno, que puede ser proteínas, nitratos, amoníaco, entre otros; el carbono se emplea para general energía y el nitrógeno se usa para la formación de estructuras celulares.

2.2.17. BACTERIAS DEL PROCESO ANAERÓBICO

Vega (2015) establece que el proceso de biodigestión anaeróbica siempre interviene cuatro tipos de bacterias: la hidrolítica; que genera ácido acético, compuestos monocarbonados, ácidos grasos orgánicos y otros compuestos policarbonatos; la acetogénicas, encargadas de producir hidrógeno; las homoacéticas, que convierten una cantidad notable de compuestos multicarbonados o monocarbonados en ácido acético; y las metanogénicas, que son las productoras de gas metano. Mandujano (2001) sostiene que las bacterias son fundamentales en el proceso anaeróbico, y es crucial conservarlas en circunstancias que garanticen y maximicen su ciclo biológico deben estar en un estado de equilibrio dinámico.

2.2.18. RELACIÓN DE CARBONO NITRÓGENO

Crisanto (2016) señala que los nutrientes esenciales para las bacterias son el carbono que se encuentra en carbohidratos, y el nitrógeno, que se presenta en proteínas, amoníaco, entre otros. El carbono es crucial, ya que se emplea para generar energía y el nitrógeno se utiliza en la formación de estructuras celulares, indicando que la proporción ideal de C/N es entre 20:1 y 30:1, si la relación es demasiado estrecha, como 10:1, se producirán pérdidas de nitrógeno y si es demasiado amplio, como 40:1, el crecimiento de microorganismos se verá inhibido por la carencia de nitrógeno.

2.2.19. FERTILIZANTES

Los fertilizantes son sustancias que ofrecen uno o varios de los elementos químicos esenciales para el correcto crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los nutrientes imprescindibles para las plantas es identificada como necesaria para su crecimiento; los más relevantes son 16 nutrientes (FAO, 2011).

Los fertilizantes incorporan nutrientes al suelo, el cual posee reservas naturales de estos en cantidades que varía según la composición del suelo y su etapa de edafización; solo una pequeña porción es accesible para la planta, la cual se libera mediante una actividad biológica o un proceso químico. En la mayoría de circunstancias esta ligera liberación compensa la extracción de nutrientes durante la producción agrícola (FAO, 2011).

De los 16 elementos químicos requeridos para el crecimiento, 13 son minerales, y la falta de alguno puede restringir el desarrollo de la planta, ya que cada uno desempeña un papel particular en el crecimiento de los cultivos (FAO, 2011).

Estas funcionalidades son:

Nitrógeno: Proporciona un color verde profundo en las plantas, promueve el desarrollo, incrementa la cantidad de hojas, mejora la calidad de los vegetales y eleva el contenido proteico en las cosechas.

Fósforo: Promueve el rápido desarrollo y formación de las raíces, favorece un inicio veloz y fuerte en las plantas, acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos.

Potasio: Proporciona a las plantas resistencia ante enfermedades y climas fríos, contribuye a la producción de proteínas en las plantas, incrementa el tamaño de las semillas, mejora la calidad de los frutos y favorece al crecimiento de los tubérculos, además de facilitar la aparición del color rojo en hojas y frutos.

Calcio: Promueve el desarrollo inicial y la expansión de las raicillas, optimiza el vigor general de las plantas, contrarresta las

sustancias nocivas, impulsa la generación de semillas y eleva el nivel de calcio en los alimentos.

Magnesio: Es un elemento fundamental de la clorofila, es requerido para la generación de azúcares, contribuye a regular la adquisición de otros nutrientes, y funciona como transportador de fósforo en la planta, además de favorecer la creación de grasas y aceites.

Azufre: Es un elemento fundamental de las proteínas, contribuye a conservar el color verde brillante, promueve el desarrollo de nódulos de nitrificación en ciertas leguminosas (frijoles, soya, arvejas, habas), incentiva la generación de semillas y favorece el crecimiento vegetal.

Cobre: Se enfoca principalmente en la clorofila y su función más relevante se observa en su asimilación.

Boro: Incrementa el rendimiento o eleva la calidad de las frutas, verduras y forrajes, se vincula con la absorción de calcio y con el traslado del azúcar en las plantas, siendo fundamental para la óptima calidad de las semillas de especies leguminosas.

Hierro: Conectado con la biosíntesis de la clorofila.

Manganeso: Acelera la germinación y el procesos de maduración, mejora la utilización del calcio, el magnesio y el fósforo, cataliza en la síntesis de la clorofila y cumple funciones en la fotosíntesis.

Zinc: Es fundamental para la creación de la clorofila y actúa como un importante activador en las enzimas relacionadas con la síntesis de proteínas.

Molibdeno: Es fundamental en la asimilación del nitrógeno que realizan las leguminosas.

Cloro: La causa de este elemento causa un marchitamiento temprano de las hojas, resultando en un tono bronceado y un desarrollo deficiente de las raíces.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- A. Biodigestor: Es un sistema orgánico que utiliza la digestión anaerobia de las bacterias presentes en el estiércol para convertirlo en biogás, biosol y biol. El biol, que originalmente se veía como un subproducto, ahora se le da la misma relevancia, o incluso más, que al biogás, dado que ofrece a las familias un fertilizante orgánico que potencia significativamente el rendimiento de las cosechas (Martí, 2008).
- B. Biodigestor Semicontinuo: El biodigestor de tipo semicontinuo se caracteriza por recibir materia orgánica en intervalos de tiempo y de forma directa, además se describe como digestores compactos para uso doméstico, siendo el más común en áreas rurales; entre los diseños más conocidos destacan el hindú, el chino y el taiwanés (Avila, 2016).
- C. Biol: El biol es un líquido orgánico fitoestimulante que contiene fitorreguladores, producido a partir de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos (guanos, rastrojos, etc.) obtenido por filtración o decantación del bioabono, siendo en ausencia de oxígeno. Este biol posee nutrientes que son fácilmente asimilados por las plantas, aumentando su vigor y resistencia. El biol posee nutrientes de gran valor nutritivo que favorecen el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas (INIA, 2005).
- D. Biofertilizante: El biofertilizante se genera al finalizar la digestión anaeróbica, presentándose en estado líquido, conocido como biol, o en estado sólida denominado biosol. Este abono orgánico, rico en nutrientes, tiene la capacidad de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. Las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que pueden aportar al suelo, permiten reemplazar parcial o completamente el uso de fertilizantes químicos (Téllez, 2008).
- E. Según las propiedades de los resecos a fermentar y el procedimiento a utilizar, se puede afirmar que, en promedio, el lodo resultante del biodigestor corresponde a alrededor del 85 a 90% de la materia que se introduce. De este fango final, cerca del 90% es

Biol y el 10% es Biosol. Los porcentajes cambian de acuerdo a los residuos a fermentar y al método de separación utilizado (Aparcana y Jansen, 2008).

2.4. HIPÓTESIS

Hi: La presencia de las bacterias “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae” en el biodigestor Batch mejorará significativamente las características: Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de 2 da generación.

Ho: La presencia de las bacterias “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae” en el biodigestor Batch no mejorará significativamente las características: Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de 2 da generación.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biodigestor Batch con “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae”

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

“EFECTIVIDAD DEL BIODIGESTOR BATCH CON “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae” PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE GALLINA Y CUY, HUÁNUCO”

TESISTA: BACH. JARRY LUIS ANTONIO CRUZ TOCTO

VARIABLE DE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Biodigestor Batch con “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae”	Sistema biológico en el que la materia orgánica se descompone sin oxígeno, generando biol, biosol y biogás mediante la acción de bacterias y microorganismos (FAO, 2002)	El rendimiento del biodigestor se evalúa por pH, temperatura y tiempo de retención; la acción bacteriana mejora fermentación y calidad del biol. (Vega, 2015; Bolívar & Ramírez, 2012).	Capacidad de 60L Capacidad de 1L	Biol de 1 ra Generación Biol de 2 da Generación	Volumen de H ₂ O	Litros
VARIABLE DEPENDIENTE						
Biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy.	Verde, R. (2014) lo define como un fertilizante orgánico foliar que se genera a partir del proceso de fermentación anaeróbica.	De acuerdo con Fernández & Seghezze (2015) y Verde (2014), se caracteriza por análisis de nutrientes (N, P, K), pH, conductividad eléctrica y sólidos totales. Su calidad se determina por la concentración de macro y micronutrientes y su efecto en germinación o aplicación foliar.	Litros y mililitros	Parámetros Físicos Parámetros Químicos	pH Conductividad T° Materia seca Calcio C/N P ₂ O ₅ Nitrógeno Potasio Zinc Hierro Cobre Manganeso Cadmio Plomo	# dS/m °C % % # Mg/L
						Observacional

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la programación de las mediciones de la variable objeto de estudio, el estudio actual es de carácter prospectivo, ya que se producirán y obtendrán datos en el terreno (datos primarios). De acuerdo con la cantidad de variables examinadas, el presente estudio se clasifica como longitudinal porque se evaluará repetitivamente la variable en cuestión. De acuerdo con la cantidad de variables analíticas, el presente estudio es analítico, ya que tiene más de una variable. Según la intervención del investigador, el presente estudio es intervencionista, dado que se clasifica como un nivel de estudio aplicable. (Supo, 2014)

3.1.1. ENFOQUE

La investigación actual adopta un enfoque cuantitativo, ya que los datos se obtendrán a través de mediciones en el campo, se expresarán en forma numérica (cantidades) y su análisis demandará el uso de métodos estadísticos para establecer predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema propuesto. (Supo, 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Según los alcances definidos en la investigación, se expone lo siguiente, según Supo (2014); la investigación llevada a cabo está en el nivel aplicativo, ya que busca manipular las variables independientes para optimizarlas.

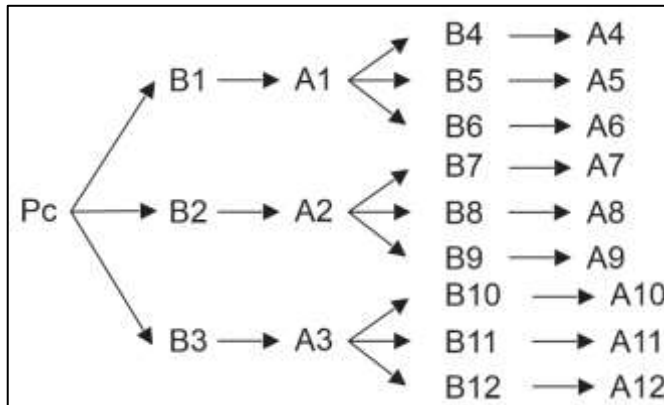
3.1.3. DISEÑO

Según Supo (2014), el diseño experimental factorial anidado se emplea cuando los niveles de un factor se encuentran contenido dentro de los niveles de otro factor, permitiendo analizar de manera jerárquica la influencia y variabilidad entre ambos. Este diseño se aplicó para evaluar el comportamiento y la calidad de los bioles obtenidos bajo diferentes combinaciones de tratamientos, permitiendo analizar el efecto de cada factor de manera independiente, así como la interacción

entre ellos. Asimismo, este tipo de diseño otorga mayor validez interna al estudio al reducir los errores experimentales y mejorar la precisión en la interpretación de datos.

Gráfico 1

Diseño de la investigación



Nota. Medina et al. , (2014).

Donde:

P_C = Estiércol de gallina y cuy

B₁, B₂, B₃ = Biodigestor 1° Generación.

B₄, B₅, B₆, B₇, B₈, B₉, B₁₀, B₁₁, B₁₂ = Biodigestor 2° Generación

A₁, A₂, A₃ = Biol obtenido 1° Generación.

A₄, A₅, A₆, A₇, A₈, A₉, A₁₀, A₁₁, A₁₂ = Biol obtenido 2° Generación

Tabla 2

Tratamiento de 1° Generación

BIODIGESTOR 1 ^{er} G.	COMPOSICIÓN				
	1° Generación				
	Estiércol de cuy	Estiércol de Gallina	Agua	Espacio libre	Biol 1 ^{er} G.
B ₁ – BI 1 GE 01	6.6% 4 Kg	20% 12 Kg	43.4% 26 Litros	30% 18x10 ³ cm ³	A ₁
B ₂ – BI 1 GE 02	13.3% 8 Kg	13.3% 8 Kg	43.4% 26 Litros	30% 18x10 ³ cm ³	A ₂
B ₃ – BI 1 GE 03	20% 12 Kg	6.6% 4 Kg	43.4% 26 Litros	30% 18x10 ³ cm ³	A ₃

Nota. Medina et al. , (2014).

Gráfico 2

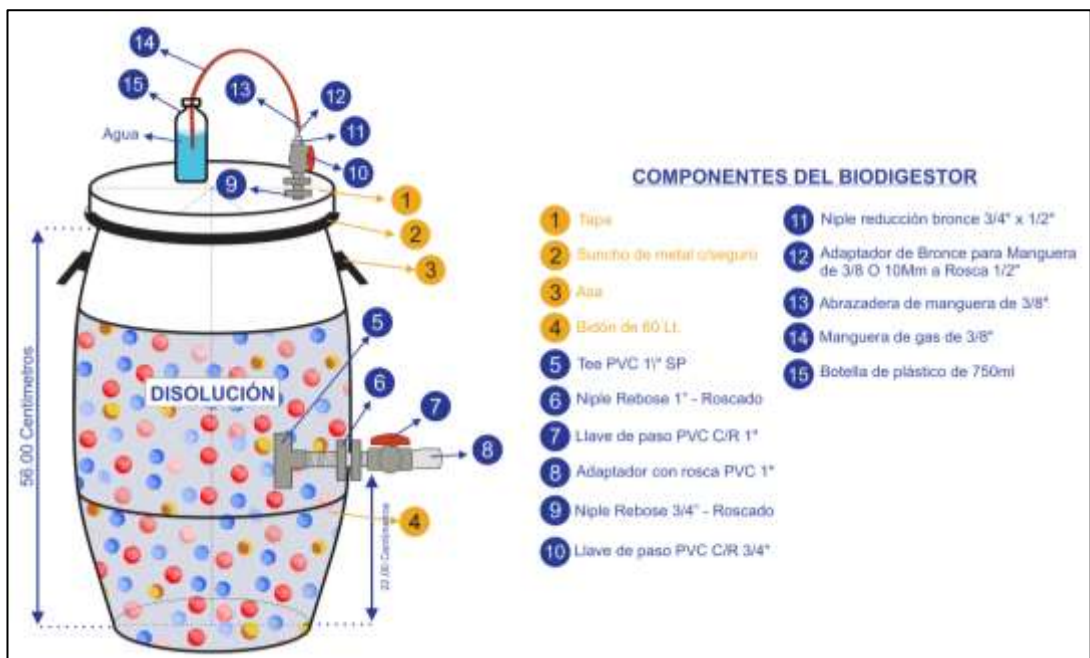
Diseño del biodigestor de 1 ra Generación



Nota. Medina et al. , (2014).

Gráfico 3

Componentes del biodigestor de 1 ra Generación



Nota. Medina et al. , (2014).

Tabla 3

Tratamiento de 2° Generación

BIODIGESTOR 2 ^{da} G.	COMPOSICIÓN					Biol 2 ^{da} G.
	2° Generación					
	Biol	<i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	H ₂ O (d)	Espacio libre	
B ₄ – BI 2 GE 04	30% 300 ml de (A ₁)	15% 150 ml de Cultivo	0%	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₄
B ₅ – BI 2 GE 05		7.5% 75 ml de Cultivo	7.5% 75 ml de Cultivo	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₅
B ₆ – BI 2 GE 06		0%	15% 150 ml de Cultivo	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₆
B ₇ – BI 2 GE 07		15% 150 ml de Cultivo	0%	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₇
B ₈ – BI 2 GE 08		7.5% 75 ml de Cultivo	7.5% 75 ml de Cultivo	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₈
B ₉ – BI 2 GE 09		0%	15% 150 ml de Cultivo	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₉
B ₁₀ – BI 2 GE 10		15% 150 ml de Cultivo	0%	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₁₀
B ₁₁ – BI 2 GE 11		7.5% 75 ml de Cultivo	7.5% 75 ml de Cultivo	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₁₁
B ₁₂ – BI 2 GE 12		0%	15% 150 ml de Cultivo	5% 50 ml	50% 500 cm ³	A ₁₂

Nota. Medina et al. , (2014).

Gráfico 4

Componentes del biodigestor de 2 da Generación.



Nota. Medina et al. , (2014).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN.

La unidad de estudio de la presente investigación es el estiércol de gallina y cuy; la población de estudio es la granja Jacarandá. Que se encuentra ubicada en el departamento de Huánuco, provincia y distrito de Huánuco, centro poblado las moras, Jr. Huallayco la cuadra 23. ubicado con coordenadas: 364645.72 m E y 8903758.33 m S.

Tabla 4

Ubicación de la unidad de estudio

PUNTOS	ESTE	SUR	ALTITUD
1	364651.00 m E	8903762.00 m S	1800 m
2	364651.00 m E	8903754.00 m S	1800 m
3	364646.00 m E	8903752.00 m S	1800 m
4	364640.00 m E	8903752.00 m S	1800 m
5	364640.00 m E	8903763.00 m S	1800 m

Nota. Esta tabla muestra las coordenadas del área de estudio.

3.2.2. MUESTRA.

Para los objetivos de este análisis, se utilizó un muestreo no probabilístico, ya que esto proporcionará a todos los miembros de la población las mismas posibilidades de ser elegidos. Entre sus tipos, se empleará el muestreo por conveniencia, puesto que proporciona al investigador control sobre la representatividad de la muestra. Las cantidades de estiércoles estarán constituidas por 24 kilogramos de estiércol de gallina y 24 kilogramos de estiércol de cuy que se distribuyeron en cada uno de los biodigestores.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

La metodología empleada en investigación será observacional, ya que se utilizarán herramientas mecánicas para medir datos. La recopilación de los datos se realizará en un plazo de 30, 60 y 90 días. Para su análisis y procesamiento posterior.

3.3.2. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos en el campo se emplearon los siguientes dispositivos de medición:

Termómetro ambiental (°C, rango: De -40°C a +50°C)

Multiparámetro (pH, Temperatura (°C y °F), us/cm-1 y ppm)

Fichas técnicas.

Cuaderno de campo.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

En el presente trabajo de investigación, para el procesamiento de datos se utilizará el software Excel, para datos estadísticos SPSS y para su almacenamiento el software Word. Y para su respectivo análisis se emplearán gráficos en barra, gráficos circulares, gráficos de dispersión y tablas. Del mismo modo, para el análisis de las muestras y obtención de resultados en los parámetros físico-químicos de la calidad de biol, se efectuará a través de laboratorios acreditados y la documentación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. PRODUCCIÓN DE BIOL DE PRIMERA GENERACIÓN – PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, MACRO Y MICRONUTRIENTES.

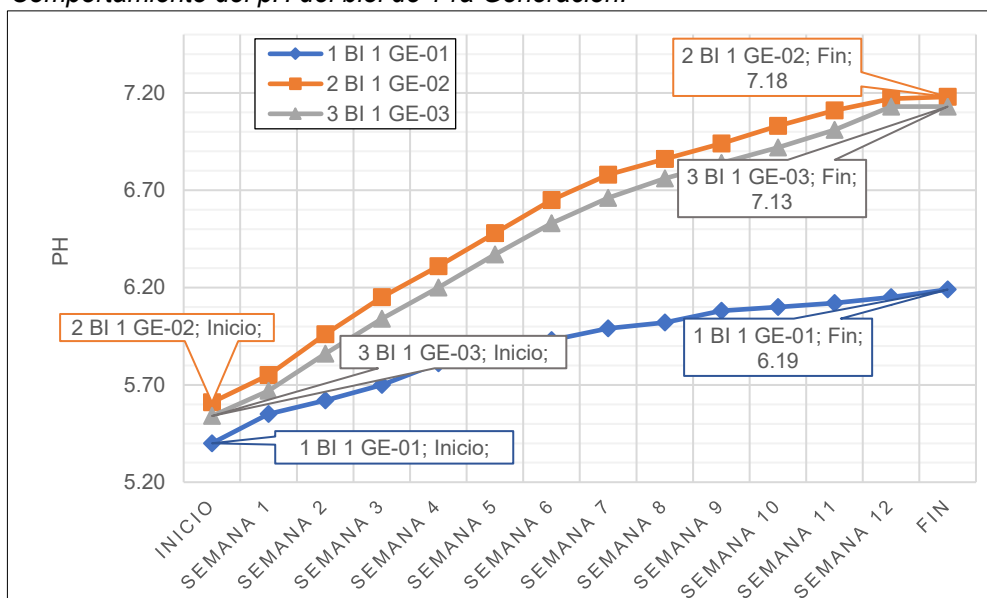
La alimentación y activación de los biodigestores de primera generación se dio según la *Tabla 2. Tratamiento de 1° Generación* y los primeros datos obtenidos fueron del comportamiento físico a lo largo de las 13 semanas de estudio. Asimismo, después de la culminación de la fermentación anaeróbica se obtuvieron datos de los parámetros químicos según análisis del laboratorio.

COMPORTAMIENTO DEL PH DE 1 RA GENERACIÓN

Durante el tiempo transcurrido el pH de las tres diferentes composiciones del biol, tuvo la tendencia a incrementar en su concentración de iones de H^+ , esto debido a la actividad microbiana presente en las disoluciones (Harirchi et al., 2022).

Gráfico 5

Comportamiento del pH del biol de 1 ra Generación.



Nota. El gráfico representa la variación ascendente del pH del biol de primera generación.

Tabla 5*Resultados del pH del biol de 1 ra generación*

DATO	pH			PROMEDIO
	BI 1 GE-01	BI 1 GE-02	BI 1 GE-03	
Inicio	5.40	5.61	5.54	5.52
Semana 1	5.55	5.75	5.67	
Semana 2	5.62	5.96	5.86	
Semana 3	5.70	6.15	6.04	
Semana 4	5.81	6.31	6.20	
Semana 5	5.88	6.48	6.37	
Semana 6	5.93	6.65	6.53	
Semana 7	5.99	6.78	6.66	
Semana 8	6.02	6.86	6.76	
Semana 9	6.08	6.94	6.84	
Semana 10	6.10	7.03	6.92	
Semana 11	6.12	7.11	7.01	
Semana 12	6.15	7.17	7.13	
Fin	6.19	7.18	7.13	6.83

Nota. Esta tabla muestra la variación del pH en 12 semanas.

En este tipo de fermentación anaeróbica, las bacterias acidogénicas operan activamente entre un pH ácido de 5.5 a 6.5, mientras que las bacterias metanogénicas prefieren un pH alcalino entre 7.8 a 8.2. Asimismo, para que ambos grupos bacterianos operen en armonía y se logre una fermentación eficiente, el pH ideal se encuentra entre 6.8 a 7.4, siendo el pH neutro el más óptimo (Janesch et al., 2021; Menzel, 2020). En función a ello, como se observa en la Tabla 5 el pH promedio inicial es de 5.52 pH y culmina con 6.83 de pH, este incremento y variación demuestran que se realizó un cultivo óptimo mixto entre ambos grupos bacterianos. Este comportamiento de variación es común en la maduración de un biol y se puede describir debido a la presencia de comunidades bacterianas (Muneer et al., 2022). De este primer resultado se obtuvo que la muestra BI 1 GE-01 tuvo una variación en pH de 0.79, el BI 1 GE-02 una variación de 1.57 y el BI 1 GE-03 una variación de 1.59 iones de H⁺.

COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE 1 RA GENERACIÓN

La conductividad eléctrica (CE) es un indicador del contenido de sales solubles. Este parámetro cuantifica la capacidad de transmitir corriente eléctrica en proporción a la concentración de compuestos iónicos disueltos. (Barbaro et al., 2014). En la Tabla 6 se muestran los resultados de conductividad eléctrica y su variación en el Gráfico 6.

Tabla 6

Resultados de la conductividad eléctrica del biol de 1 ra generación

DATO	Conductividad Eléctrica (dS/m)			PROMEDIO
	BI 1 GE-01	BI 1 GE-02	BI 1 GE-03	
Inicio	8.25	9.83	12.80	10.29
Semana 1	11.50	13.41	15.42	
Semana 2	12.30	14.25	17.09	
Semana 3	14.30	15.11	18.01	
Semana 4	15.32	16.11	18.23	
Semana 5	14.45	15.24	18.01	
Semana 6	13.24	14.83	17.91	
Semana 7	12.10	14.55	17.85	
Semana 8	12.08	14.37	17.80	
Semana 9	11.99	14.26	17.78	
Semana 10	11.99	14.20	17.74	
Semana 11	11.98	14.18	17.74	
Semana 12	11.98	14.18	17.72	
Fin	11.96	14.18	17.72	14.62

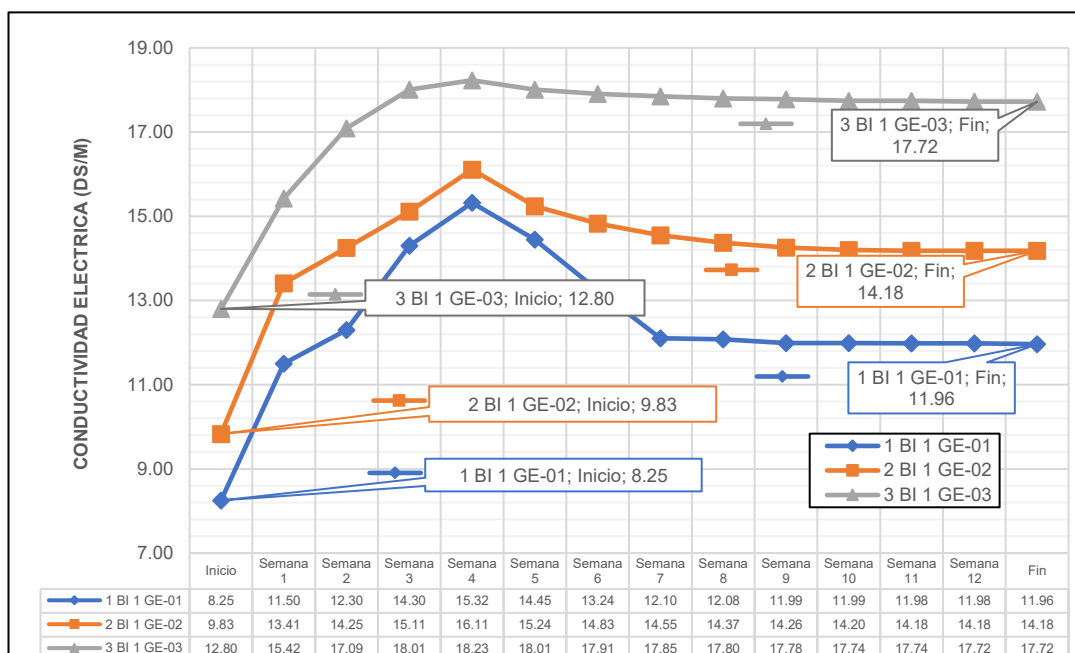
Nota. Esta tabla muestra la variación del pH en 12 semanas.

La Tabla 6 presenta la variación de la conductividad eléctrica (CE) e inicia con un valor promedio de 10.29 dS/m, el cual fue incrementándose de forma progresiva hasta alcanzar sus valores máximos entre la semana 4 y la semana 8, con promedios superiores a 18 dS/m. Este incremento refleja el proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica, donde se liberan nutrientes y sales solubles producto de la actividad microbiana.

En las semanas finales, la CE mostró una leve disminución y posterior estabilización, obteniéndose un promedio final de 14.62 dS/m, lo que indica que el biol alcanzó un estado de equilibrio iónico y madurez.

Gráfico 6

Comportamiento CE (dS/m) - biol de 1 ra Generación.



Nota. El gráfico representa la curva de variación de la CE (dS/m) del biol de primera generación.

De acuerdo al Gráfico 6 se observan los diferentes valores de conductividad eléctrica encontrados para los diferentes tratamientos, los cuales oscilan entre 8.25, 9.83 y 12.80 dS/m. y tienen un promedio inicial de 10.29 de CE. Durante esta fermentación los tratamientos alcanzaron su crecimiento de CE más alto en la semana número 4, lo que demuestra que la descomposición activa de los nutrientes presentes se llevó a cabo hasta este tiempo; luego de ello, entre la semana 5 al 13 la conductividad eléctrica tuvo una tendencia de estabilización lo que representa un estado de maduración del biol. La muestra BI 1 GE-03 obtuvo los resultados de mayor crecimiento con una variación de 4.92 dS/m y la muestra BI 1 GE-01 obtuvo el resultado de menor crecimiento de 3.71 dS/m de variación en CE.

PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL DE 1 RA GENERACIÓN

Los datos obtenidos de los parámetros químicos del biol de primera generación fueron realizados en la semana 13 y se muestran en la Tabla 7. para ello se requirió el análisis en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la UNIVERSIDAD

NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – UNAS de los siguientes parámetros: Densidad (g/ml), pH, T (°C), CE (dS/m), Humedad Hd (%), Materia seca (%), Materia orgánica (%), Cenizas (%), C/N, N (mg/L), P₂O₅ (mg/L), P (mg/L), Ca (g/L), K (mg/L), Zn (mg/L), Fe (mg/L), Cu (mg/L), Mn (mg/L), Cd (mg/L), Pb (mg/L).

Tabla 7
Resultados físico-químicos del biol de 1 ra generación

Categoría	Parámetro	Unidad	Biol de 1 ra Generación		
			BI 1 GE-01	BI 1 GE-02	BI 1 GE-03
Físico - Químicos Generales	Densidad	g/ml	1.72	1.32	1.45
	pH	-	6.20	7.20	7.11
	T	°C	22.80	22.50	22.50
	CE	dS/m	11.82	14.11	17.79
	Humedad Hd	%	98.6502	98.2942	98.2316
	Materia seca	%	1.3498	1.7058	1.7684
	Materia orgánica	%	0.6524	0.8150	0.7579
	Cenizas	%	0.6974	0.8908	1.0105
	C/N	-	3.54	4.23	4.43
	N	mg/L	952	1008	997
Macronutrientes	P ₂ O ₅	mg/L	298.11	317.28	407.88
	P	mg/L	130.09	138.46	178.00
	Ca	g/L	1.696	1.930	1.903
	K	mg/L	2822.65	2950.77	5477.09
	Zn	mg/L	7.73	13.03	10.67
Micronutrientes y Metales Pesados	Fe	mg/L	28.33	50.89	34.93
	Cu	mg/L	1.46	1.66	1.66
	Mn	mg/L	5.83	4.68	3.01
	Cd	mg/L	0.032	0.022	0.023
	Pb	mg/L	0.85	0.64	0.59

Nota. Resultados obtenidos a partir del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – UNAS (2025)

Como se puede observar en la Tabla 7 los resultados de los parámetros físico químicos del biol de primera generación no difieren mucho entre las muestras, Sin embargo, correspondiente a los valores obtenidos en macronutrientes, la muestra BI 1 GE-02 presenta unos valores por encima del resto en: N, P₂O₅, P, Ca; y la muestra BI 1 GE-03 en unidades de K mg/L. Asimismo, correspondiente a micronutrientes y metales pesados, la muestra BI 1 GE-02 presenta unos valores por encima del resto en: Zn, Fe, Cu, Mn y la muestra BI 1 GE-01 en unidades de Cd y Pb mg/L.

De estos valores se puede apreciar que para resultados de calidad de biol para la primera generación, la muestra BI 1 GE-02 posee más macro y micronutrientes en su composición.

Tabla 8
Comparación de parámetros físico-químicos del biol de 1 ra generación

Parámetro	Unidad	BI 1 GE-01	BI 1 GE-02	BI 1 GE-03	ACIDBIOL ⁽¹⁾	BIOL X ⁽²⁾	BIOL Y ⁽³⁾	BIOL Z ⁽⁴⁾	BIOL I-G ⁽⁵⁾
pH	-	6.20	7.20	7.11	3.6 - 3.8	11.76	11.77	11.56	7.17
CE	dS/m	11.82	14.11	17.79	23.40	17.20	15.04	9.24	9.69
C/N	-	3.54	4.23	4.43	7.27	3.28	2.74	1.95	-
N	mg/L	952	1008	997	720	3370	2970	2540	851.2
P ₂ O ₅	mg/L	298.11	317.28	407.88	68.75	230.00	110.00	90.00	202.34
P	mg/L	130.09	138.46	178.00	30.00	100.37	48.00	39.28	88.30
Ca	g/L	1.696	1.930	1.903	1.100	1.920	1.620	0.960	0.139
K	mg/L	2822.65	2950.77	5477.09	1710	3130	2960	2550	610

Nota. Esta tabla muestra parámetros físicos químicos de muestras de biol que fueron tomadas como referencia, entre ellos están: (1) Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018). (2) BIOL X (50% Estiércol de cuy – 50% residuos de plátano), Aguirre (2022). (3) BIOL Y (66.6% Estiércol de cuy – 33.3% residuos de plátano), Aguirre (2022). (4) BIOL Z (33.3% Estiércol de cuy – 66.6% residuos de plátano), Aguirre (2022). (5) Biol I-G (Estiércol de cuy), Zanabria (2019).

Del resultado de parámetros fisicoquímicos de las muestras de investigación, se obtiene una perspectiva detallada de su calidad como bioles, contextualizándolos con el resto de las muestras evaluadas. En relación al pH, la muestra BI 1 GE-03, presenta un valor de 7.11, se posiciona notablemente más cerca de la neutralidad, lo cual contrasta marcadamente con el pH altamente ácido del ACIDBIOL (3.6) y los valores fuertemente alcalinos de BIOL X (11.76), BIOL Y (11.77) y BIOL Z (11.56). Este rango de pH cercano a la neutralidad en las muestras BI 1-GE sugiere condiciones favorables para una comunidad

microbiana diversa y estable (Harirchi et al., 2022). En cuanto a la Conductividad Eléctrica (CE), que refleja la concentración de sales solubles, se observa una tendencia ascendente dentro del grupo de estudio, con BI 1 GE-03 alcanzando 17,79 dS/m. Este valor sitúa a BI 1 GE-03 como el biol de mayor CE entre las muestras principales, solo superado por ACIDBIOL (23,4 dS/m) en el conjunto total de bioles. Respecto a la relación Carbono/Nitrógeno (C/N), BI 1 GE-01 (3.54), BI 1 GE-02 (4.23) y BI 1 GE-03 (4.43) exhiben valores que, si bien son inferiores a ACIDBIOL (7.27), se mantienen en un rango que indica un eficiente desempeño de la materia orgánica.

Al analizar la concentración de nutrientes, las tres muestras de investigación exhiben un perfil robusto. En el caso del Nitrógeno (N), BI 1 GE-01 (952 mg/L), BI 1 GE-02 (1008 mg/L) y BI 1 GE-03 (997 mg/L) superan consistentemente las concentraciones presentes en ACIDBIOL (720 mg/L) y BIOL I-G (851.2 mg/L), lo que realza su potencial fertilizante. No obstante, sus niveles de Nitrógeno se encuentran por debajo de los significativamente más altos observados en BIOL X (3370 mg/L), BIOL Y (2970 mg/L) y BIOL Z (2540 mg/L). Un punto destacable es que la muestra BI 1 GE-03 lidera en contenido de Fósforo (P), con 407,88 mg/L de P_2O_5 (equivalente a 178 mg/L de P), posicionándose como la más alta entre todos los bioles, incluyendo BI 1 GE-01 (298.11 mg/L de P_2O_5) y BI 1 GE-02 (317,28 mg/L de P_2O_5). En cuanto al Calcio (Ca), BI 1 GE-02 (1.93 g/L) muestra la concentración más alta entre todas las muestras analizadas. Finalmente, para el Potasio (K), la muestra BI 1 GE-03 obtuvo el valor más significativo (5477.09 mg/L), destacándose claramente sobre los demás bioles, incluyendo BI 1 GE-01 (2822.65 mg/L), BI 1 GE-02 (2950.77 mg/L) y los bioles de comparación. La variabilidad observada en estos parámetros, incluyendo las ligeras diferencias entre BI 1 GE-01, BI 1 GE-02 y BI 1 GE-03, así como en el resto de los bioles de la tabla, es atribuible a las diversas proporciones de estiércol utilizados durante la activación de los biodigestores anaeróbicos.

Tabla 9*Comparación de metales pesados - biol de 1 ra generación*

Parámetro	Unidad	BI 1 GE-01	BI 1 GE-02	BI 1 GE-03	ACIDBIOL ⁽¹⁾	BIOL X ⁽²⁾	BIOL Y ⁽³⁾	BIOL Z ⁽⁴⁾	BIOL I-G ⁽⁵⁾
Zn	mg/L	7.73	13.03	10.67	0.340	5.32	3.83	2.95	0.48
Fe	mg/L	28.33	50.89	34.93	5.60	135.68	86.05	20.87	2.13
Cu	mg/L	1.46	1.66	1.66	0.18	0.85	0.73	0.54	0.13
Mn	mg/L	5.83	4.68	3.01	0.61	1.45	0.97	0.45	0.56
Cd	mg/L	0.032	0.022	0.023	<0.020	-	-	-	0.02
Pb	mg/L	0.85	0.64	0.59	<0.020	-	-	-	0.08

Nota. Esta tabla muestra parámetros de metales pesados de muestras de biol que fueron tomadas como referencia, entre ellos están: (1) Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018). (2) BIOL X (50% Estiércol de cuy – 50% residuos de plátano), Aguirre (2022). (3) BIOL Y (66.6% Estiércol de cuy – 33.3% residuos de plátano), Aguirre (2022). (4) BIOL Z (33.3% Estiércol de cuy – 66.6% residuos de plátano), Aguirre (2022). (5) Biol I-G (Estiércol de cuy), Zanabria (2019).

El análisis de metales pesados revela que las muestras de investigación principales, BI 1 GE-01, BI 1 GE-02 y BI 1 GE-03, presentan concentraciones de Hierro, Zinc y Manganeso que se sitúan en rangos variables, pero generalmente intermedios a altos dentro del conjunto total de bioles evaluados. Específicamente, el Hierro (Fe) es notable alto en BI 1 GE-02 (50.89 mg/L), superando a BI 1 GE-01 (28.33 mg/L) y BI 1 GE-03 (34.93 mg/L). En contraste, aunque BI 1 GE-02 y BI 1 GE-03 muestran valores elevados de Fe, estos son significativamente menores que la concentración observada en BIOL X (135.68 mg/L) y BIOL Y (86.05 mg/L), que lideran en este elemento. Para el Zinc (Zn), BI 1 GE-02 (13.03 mg/L) también encabeza el grupo de estudio, siendo superior a BI 1 GE-01 (7.73 mg/L) y BI 1 GE-03 (10.67 mg/L). Sin embargo, la concentración de Zinc en BI 1 GE-02 es considerablemente mayor que la de BIOL X (5.32 mg/L), BILO Y (3.83 mg/L), BIOL Z (2.95 mg/L), ACIDBIOL (0.34 mg/L) y BIOL I-G (0.48 mg/L), posicionándolo como el biol con la concentración más alta de Zinc entre todas las muestras. Por otro lado, para Cobre (Cu), las concentraciones en BI 1 GE (1.46 - 1.66 mg/L) son significativamente

más altas que las observadas en ACIDBIOL (0.18 mg/L), BIOL X (0.85 mg/L), BIOL Y (0.73 mg/L), BIOL Z(4) (0.54 mg/L) y BIOL I-G (0.13 mg/L), destacando a este grupo como los que contienen más Cobre.

En cuanto a los elementos traza con potencial de preocupación, las concentraciones de Manganeso (Mn) en BI 1-GE-01 (5.83 mg/L), BI 1-GE-02 (4.68 mg/L) y BI 1-GE-03 (3.01 mg/L) son considerablemente más altas que en los demás bioles como BIO X (1.45 mg/L) y BIO Y(3) (0.97 mg/L). En relación al Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) , elementos de mayor toxicidad, todas las muestras, incluyendo los bioles BI 1-GE, mantienen concentraciones muy bajas, incluso por debajo del límite de detección (<0.020 mg/L) para algunos de los bioles comparativos. Específicamente, BI 1-GE-01 (0.032 mg/L), BI 1-GE-02 (0.022 mg/L) y BI 1-GE-03 (0.023 mg/L) presentan niveles detectables de Cadmio, mientras que Plomo oscila entre 0.59 mg/L y 0.85 mg/L en este grupo. Estas concentraciones de Cd y Pb en los bioles BI 1-GE son bajas, aunque detectables, lo que indica un manejo adecuado de los sustratos iniciales en términos de contaminación por estos metales pesados en las muestras de investigación.

4.1.2. PRODUCCIÓN DE BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN - PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, MACRO Y MICRONUTRIENTES.

La activación de los biodigestores de segunda generación se dio en según la Tabla 3. *Tratamiento de 2° Generación* y fueron sometidos a 4 semanas adicionales de fermentación.

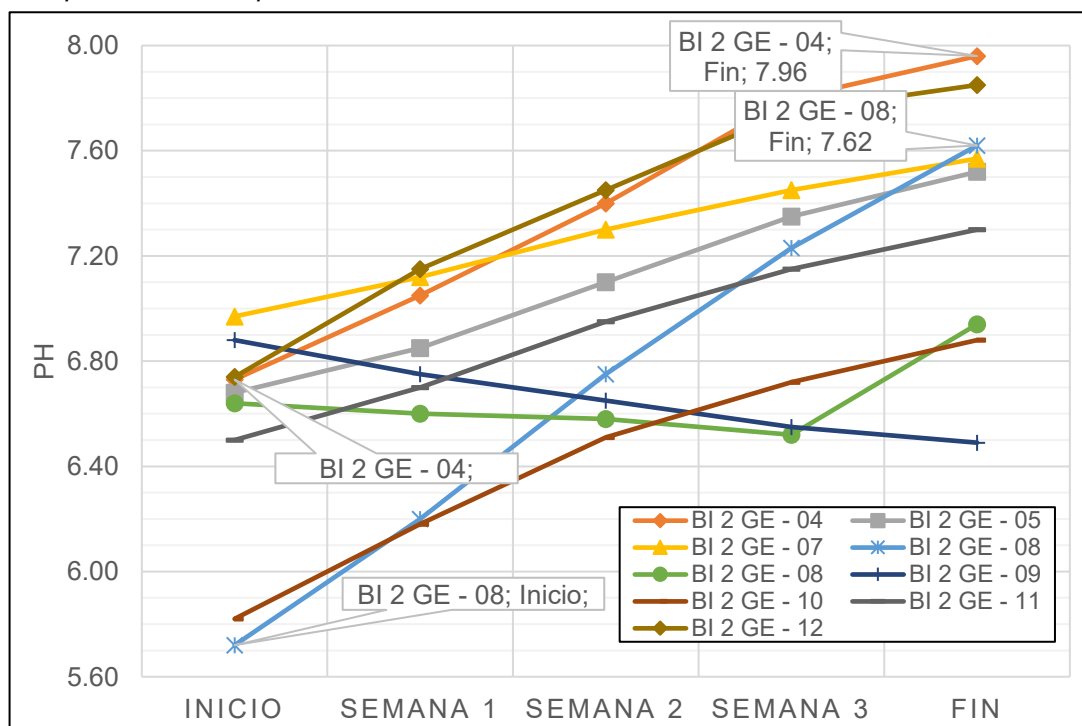
COMPORTAMIENTO DEL PH DE 2 DA GENERACIÓN

Durante el transcurso de las 4 semanas, el pH de las nueve diferentes composiciones del biol, la tendencia fue de incrementar en su mayoría.

Tabla 10*Resultados del pH del biol de 2 da generación*

N°	DATO	pH				
		Inicio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Fin
1	BI 2 GE - 04	6.73	7.05	7.40	7.80	7.96
2	BI 2 GE - 05	6.68	6.85	7.10	7.35	7.52
3	BI 2 GE - 06	6.97	7.12	7.30	7.45	7.57
4	BI 2 GE - 07	5.72	6.20	6.75	7.23	7.62
5	BI 2 GE - 08	6.64	6.60	6.58	6.52	6.94
6	BI 2 GE - 09	6.88	6.75	6.65	6.55	6.49
7	BI 2 GE - 10	5.82	6.18	6.51	6.72	6.88
8	BI 2 GE - 11	6.50	6.70	6.95	7.15	7.30
9	BI 2 GE - 12	6.74	7.15	7.45	7.75	7.85
PROMEDIO		6.52				7.35

Nota. Esta tabla muestra la variación de PH por semanas del biol de 2 da generación.

Gráfico 7*Comportamiento del pH del biol de 2 da Generación.*

Nota. El gráfico representa la variación del pH para el biol de 2 da Generación.

El monitoreo del pH en las diferentes muestras de biol (BI 2 GE-04 a BI 2 GE-12) a lo largo estas cuatro semanas revela una tendencia general de incremento y estabilización hacia la neutralidad o ligera alcalinidad en la mayoría de los casos. Inicialmente, los valores de pH

en las muestras oscilan entre 5.72 (BI 2 GE-07) y 6.97 (BI 2 GE-06), indicando un rango que va de ligeramente ácido a casi neutro al comienzo del proceso de digestión anaeróbica. Este pH inicial, especialmente en BI 2 GE-07, permite una fase inicial de acidogénesis, donde los microorganismos convierten la materia orgánica en ácidos (Lin et al., 2021).

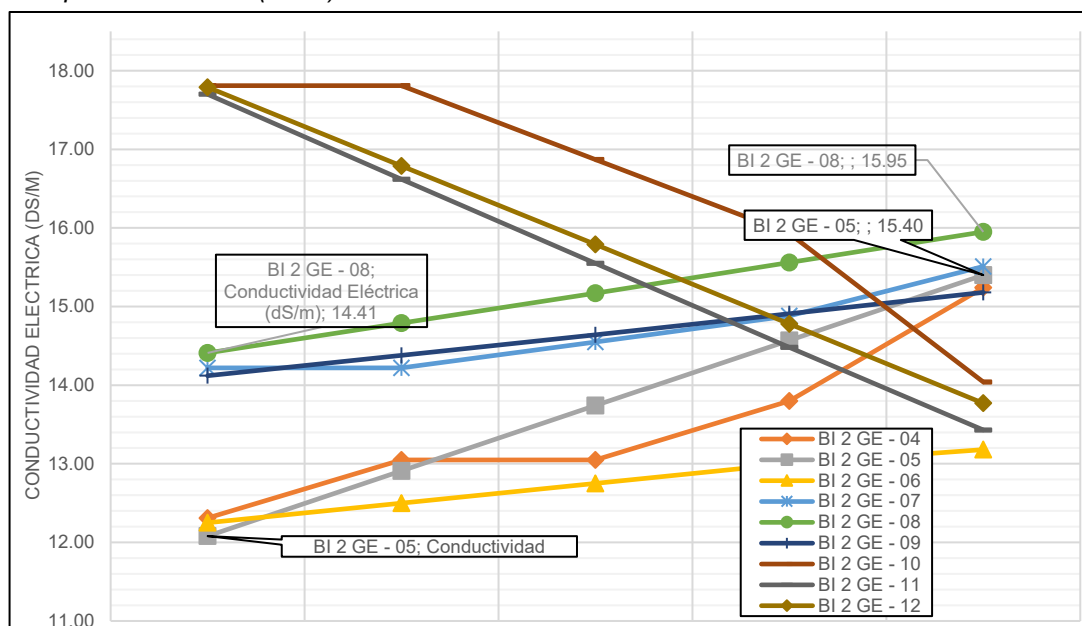
Con el transcurso de las semanas, se observa un aumento progresivo del pH en casi todas las muestras, lo cual es un comportamiento deseable y común en la maduración de un biol. Por ejemplo, BI 2 GE-04, que comenzó en 6.73, finaliza en 7.96, mostrando una clara tendencia hacia la alcalinidad. De manera similar, BI 2 GE-07 incrementa su pH de 5,72 a 7,62. Este aumento del pH sugiere una actividad efectiva de los microorganismos amonificadores y metanogénicos, que consumen ácidos orgánicos y liberan bases, llevando el sistema hacia un equilibrio (Li et al., 2021). Aunque algunas muestras como BI 2 GE-08 y BI 2 GE-09 presentan fluctuaciones menores y un pH final ligeramente más bajo (6.94 y 6.49 respectivamente) en comparación con otras muestras del grupo, la tendencia general es hacia un pH que se acerca o supera la neutralidad, lo que indica un proceso de fermentación avanzado y la producción de un biol con un pH favorable para la asimilación de nutrientes en el suelo.

COMPORTAMIENTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE 2 DA GENERACIÓN

La Conductividad Eléctrica (CE) es un parámetro fisicoquímico que refleja directamente la concentración de iones disueltos en las muestras de biol, siendo un indicador esencial del avance de la mineralización de nutrientes. El monitoreo de la CE a lo largo del tiempo permite comprender la maduración del biofertilizante y su potencial para la entrega de nutrientes una vez aplicado. En la Tabla 11 se muestran los resultados de conductividad eléctrica y su variación en el Gráfico 8.

Gráfico 8

Comportamiento CE (dS/m) - biol de 2 da Generación.



Nota. El gráfico representa la curva de variación de la CE (dS/m) del biol de 2 da Generación.

Para la mayoría de las muestras (BI 2 GE-04 a BI 2 GE-09), se observa una tendencia general de aumento en la CE a lo largo del tiempo. Por ejemplo, BI 2 GE-04 inicia con 12.31 dS/m y finaliza con 15.24 dS/m, mientras que BI 2 GE-05 pasa de 12.08 dS/m a 15.40 dS/m. Este incremento en la CE, que indica una mayor concentración de sales solubles, es un signo positivo de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. A medida que los compuestos orgánicos complejos se descomponen, liberan iones que estaban previamente ligados en formas no iónicas, aumentando así la capacidad de la solución para conducir electricidad.

Tabla 11

Resultados de la conductividad eléctrica del biol de 2 da generación

N°	DATO	Conductividad Eléctrica (dS/m)				
		Inicio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Fin
1	BI 2 GE - 04	12.31	13.05	13.05	13.80	15.24
2	BI 2 GE - 05	12.08	12.91	13.74	14.57	15.40
3	BI 2 GE - 06	12.25	12.50	12.75	13.00	13.18
4	BI 2 GE - 07	14.22	14.22	14.55	14.88	15.51

5	BI 2 GE - 08	14.41	14.79	15.17	15.56	15.95
6	BI 2 GE - 09	14.12	14.38	14.64	14.91	15.18
7	BI 2 GE - 10	17.81	17.81	16.87	15.93	14.04
8	BI 2 GE - 11	17.70	16.62	15.55	14.48	13.43
9	BI 2 GE - 12	17.79	16.79	15.79	14.78	13.77
PROMEDIO		14.74				14.63

Nota. Esta *tabla* muestra la variación de Conductividad Eléctrica (dS/m) por semanas del biol de 2 da generación.

En contraste, un segundo grupo de muestras (BI 2 GE-10, BI 2 GE-11 y BI 2 GE-12) muestra una tendencia a la disminución de la CE desde el inicio hasta el final del proceso. Por ejemplo, BI 2 GE-10 comienza en 17.81 dS/m y termina en 14.04 dS/m, mientras que BI 2 GE-11 desciende de 17.70 dS/m a 13.43 dS/m. Esta disminución podría deberse a varios factores, como la asimilación de iones por la propia biomasa microbiana en las últimas fases de su ciclo de vida. La CE final de estas muestras, aunque menor que su punto de partida, sigue siendo relativamente alta, lo que indica que aún hay una cantidad significativa de nutrientes disueltos en la solución.

PARÁMETROS QUÍMICOS DEL BIOL DE 2 DA GENERACIÓN

Tabla 12

Resultados físico-químicos del biol de 2 da generación

Categoría	Parámetro	Und	Biol de 2 da Generación								
			BI 2 GE-04	BI 2 GE-05	BI 2 GE-06	BI 2 GE-07	BI 2 GE-08	BI 2 GE-09	BI 2 GE-10	BI 2 GE-11	BI 2 GE-12
Físico - Químicos Generales	Densidad	g/ml	1.35	1.30	1.26	1.23	1.18	1.12	1.27	1.15	1.08
	pH	-	7.96	7.52	7.57	7.62	6.94	6.49	6.88	7.30	7.85
	T	°C	24.60	24.60	24.60	24.30	24.30	24.30	24.30	24.20	24.20
	CE	dS/m	15.24	15.40	13.18	15.51	15.95	15.18	14.04	13.43	13.77
	Humedad Hd	%	98.6614	98.7143	98.3031	98.5402	98.6452	98.3274	98.5882	98.7041	98.2854
	Materia seca	%	1.0518	1.2583	1.1581	1.2824	1.3806	1.4053	1.3138	1.4502	1.4447
	Materia orgánica	%	0.5524	0.7150	0.6216	0.5833	0.6684	0.6547	0.5687	0.6724	0.6363

	Cenizas	%	0.49 94	0.54 33	0.5 365	0.6 991	0.7 122	0.7 506	0.7 451	0.7 778	0.8 084
	C/N	-	2.71	3.10	2.8 9	3.2 0	3.4 2	3.5 0	3.3 0	3.5 8	3.5 8
Macronutrientes	N	mg/ L	971	1014	100 2	100 2	101 0	100 4	996	101 3	100 8
	P ₂ O ₅	mg/ L	305. 65	309. 11	302 .04	329 .74	335 .56	325 .88	418 .21	410 .54	414 .30
	P	mg/ L	133. 38	134. 89	131 .81	143 .90	146 .44	142 .21	182 .50	179 .16	180 .80
	Ca	g/L	1.33 4	1.27 9	1.2 47	1.7 85	1.7 37	1.6 45	1.6 66	1.5 01	1.4 16
	K	mg/ L	282 3.87	2828 .64	282 5.1 5	295 3.5 5	295 5.1 2	295 2.1 1	547 7.1 0	548 1.2 1	547 8.8 7
	Micronutrientes y Metales	Zn	mg/ L	7.83	7.88	7.7 4	13. 11	13. 93	13. 45	10. 81	11. 01
Fe		mg/ L	28.4 3	28.6 4	28. 57	50. 94	51. 04	51. 01	34. 98	35. 14	35. 08
Cu		mg/ L	1.46	1.47	1.4 6	1.6 6	1.6 7	1.6 7	1.6 6	1.6 6	1.6 6
Mn		mg/ L	5.83	5.85	5.8 3	5.8 3	5.8 4	5.8 3	5.8 3	5.8 4	5.8 3
Cd		mg/ L	0.03 3	0.03 3	0.0 32	0.0 23	0.0 24	0.0 24	0.0 23	0.0 24	0.0 23
Pb		mg/ L	0.84	0.85	0.8 5	0.6 3	0.6 4	0.6 4	0.5 9	0.6	0.5 9

Nota. Resultados obtenidos a partir del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y *Ecotoxicología* de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – UNAS (2025)

Como se puede observar en la Tabla 12, los bioles de 2 da generación (BI 2 GE-04 a BI 2 GE-12) exhiben características fisicoquímicas estables con pH en un rango deseable de 6.49 a 7.96, temperaturas mesofílicas (24.30 a 24.60 °C), alta humedad (>98%), y baja materia seca/orgánica (1.05% a 1.45% y 0.55% a 0.72% respectivamente). La densidad se mantiene uniforme (1,08 a 1,35 g/ml), mientras que la Conductividad Eléctrica (CE) muestra variabilidad, con la mayoría de las muestras aumentando sus valores (13,18 a 15,95 dS/m) y algunas disminuyendo (ej. BI 2 GE-10 a 14,04 dS/m).

En cuanto a los macronutrientes, el Nitrógeno (N) se encuentra en concentraciones significativas y uniformes (971 a 1014 mg/L). El fósforo (P), como P₂O₅, varía más, con BI 2 GE-10 presentando la concentración más alta (418.21 mg/L). El Calcio (Ca) está bien representado, destacando BI 2 GE-08 (1.737 g/L). El Potasio (K) es

particularmente abundante en BI 2 GE-10, BI 2 GE-11 y BI 2 GE-12 (más de 5477 mg/L), y la relación C/N es consistentemente baja (2.71 a 3.58).

Finalmente, el análisis de metales pesados y micronutrientes revela que Zinc (Zn) y Hierro (Fe) son variables, con BI 2 GE-08 y BI 2 GE-09 mostrando los valores más altos. Cobre (Cu) y Manganeseo (Mn) se mantienen en rangos bajos y uniformes. Los metales tóxicos como Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) se detectan en concentraciones muy bajas (0.023 a 0.033 mg/L para Cd y 0.23 a 0.85 mg/L para Pb), lo que es crucial para los ensayos de fitotoxicidad.

Tabla 13

Comparación de parámetros físico-químicos del biol de 2 da generación (BI 2 GE-04, BI 2 GE-05, BI 2 GE-06)

Categoría	Parámetro	Unidad	Biol de 2 da Generación			ACIDBIOL ⁽¹⁾	BIOL II-G ⁽⁵⁾
			BI 2 GE-04	BI 2 GE-05	BI 2 GE-06		
Físico - Químicos Generales	Densidad	g/ml	1.35	1.30	1.26	1.00	-
	pH	-	7.96	7.52	7.57	3.6 - 3.8	3.65
	CE	dS/m	15.24	15.40	13.18	23.40	24.30
	C/N	-	2.71	3.10	2.89	7.27	-
Macro nutrientes	N	mg/L	971	1014	1002	720	2674
	P ₂ O ₅	mg/L	305.65	309.11	302.04	68.75	272.60
	P	mg/L	133.38	134.89	131.81	30.00	118.96
	Ca	g/L	1.334	1.279	1.247	1.100	1.055
	K	mg/L	2823.87	2828.64	2825.15	1710	6650

Nota. Esta tabla muestra parámetros físicos-químicos de muestras de biol que fueron tomadas como referencia, entre ellos están: (1) Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018). (5) Biol I-G (Estiércol de cuy), Zanabria (2019).

Según la Tabla 13, el pH de las muestras se encuentra entre 7.52 y 7.96, este valor muestra una ligera alcalinidad en contraste con el pH ácido de ACIDBIOL y BIOL II-G (3,6-3,8 y 3,65 respectivamente). Aunque su CE es alta (13,18 a 15,40 dS/m), es menor que la de ACIDBIOL (23,4 dS/m) y BIOL II-G (24,3 dS/m). Presentan una relación C/N baja (2.71 a 3.10) frente a la del ACIDBIOL (7.27).

En cuanto a los macronutrientes, el Nitrógeno (N) es consistente (971 a 1014 mg/L) de las muestras obtenidas, superando a ACIDBIOL (720 mg/L) pero menor que BIOL II-G (2674 mg/L). El fósforo (P, como P₂O₅) se encuentra en niveles elevados (302.04 a 309.11 mg/L), superiores a ACIDBIOL (68.75 mg/L) y BIOL II-G (272.6 mg/L). Con respecto al Calcio (Ca) y Potasio (K) también muestran buenas concentraciones (1.247 a 1.334 g/L y 2823.87 a 2828.64 mg/L respectivamente), superando a ACIDBIOL, aunque el K es menor que en BIOL II-G.

Tabla 14

Comparación de parámetros físico químicos del biol de segunda generación (BI 2 GE-07, BI 2 GE-08, BI 2 GE-09)

Categoría	Parámetro	Unidad	Biol de 2 da Generación			ACIDBIOL ⁽¹⁾	BIOL II-G ⁽⁵⁾
			BI 2 GE-07	BI 2 GE-08	BI 2 GE-09		
Físico - Químicos Generales	pH	-	7.62	6.94	6.49	3.6 - 3.8	3.65
	CE	dS/m	15.51	15.95	15.18	23.40	24.30
	C/N	-	3.20	3.42	3.50	7.27	-
Macronutrientes	N	mg/L	1002	1010	1004	720	2674
	P ₂ O ₅	mg/L	329.74	335.56	325.88	68.75	272.60
	P	mg/L	143.90	146.44	142.21	30.00	118.96
	Ca	g/L	1.785	1.737	1.645	1.100	1.055
	K	mg/L	2953.55	2955.12	2952.11	1710	6650

Nota. Esta tabla muestra parámetros físico químicos de muestras de biol que fueron tomadas como referencia, entre ellos están: (1) Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018). (5) Biol I-G (Estiércol de cuy), Zanabria (2019).

Los bioles BI 2 GE-07, BI 2 GE-08 y BI 2 GE-09 presentan un pH entre 6.49 y 7.62, lo que los hace ligeramente alcalinos en comparación con el pH ácido de ACIDBIOL y BIOL II-G. La Conductividad Eléctrica (CE), oscila entre 15.18 y 15.95 dS/m, es inferior a la de los bioles de referencia. Asimismo, muestra una baja relación C/N (3.20 a 3.50), menor que la de ACIDBIOL.

En cuanto a macronutrientes, el Nitrógeno (N) es consistentemente alto (1002 a 1010 mg/L), superando a ACIDBIOL pero siendo menor que BIOL II-G. El fósforo (P, como P₂O₅) es notablemente elevado (325.88 a 335.56 mg/L), superando a ambos bioles de referencia. El Calcio (Ca) se encuentra (1.645 a 1.785 g/L) y el Potasio (K) (alrededor de 2952 a 2955 mg/L) también son abundantes, superando a ACIDBIOL, aunque el K es menor que en BIOL II-G.

Tabla 15

Comparación de parámetros físico-químicos del biol de segunda generación (BI 2 GE-10, BI 2 GE-11, BI 2 GE-12)

Categoría	Parámetro	Unidad	Biol de 2 da Generación			ACIDBIOL ⁽¹⁾	BIOL II-G ⁽⁵⁾
			BI 2 GE-10	BI 2 GE-11	BI 2 GE-12		
Físico - Químicos Generales	pH	-	6.88	7.30	7.85	3.6 - 3.8	3.65
	CE	dS/m	14.04	13.43	13.77	23.40	24.30
	C/N	-	3.30	3.58	3.58	7.27	-
Macronutrientes	N	mg/L	996	1013	1008	720	2674
	P ₂ O ₅	mg/L	418.21	410.54	414.30	68.75	272.60
	P	mg/L	182.50	179.16	180.80	30.00	118.96
	Ca	g/L	1.666	1.501	1.416	1.100	1.055
	K	mg/L	5477.10	5481.21	5478.87	1710	6650

Nota. Esta tabla muestra parámetros físicos-químicos de muestras de biol que fueron tomadas como referencia, entre ellos están: (1) Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018). (5) Biol I-G (Estiércol de cuy), Zanabria (2019).

Los bioles BI 2 GE-10, BI 2 GE-11 y BI 2 GE-12 presentan un rango de pH de 6.88 a 7.85, mostrando una tendencia hacia la neutralidad o ligera alcalinidad, lo cual contrasta con el pH ácido de ACIDBIOL y BIOL II-G. La Conductividad Eléctrica (CE), entre 13,43 y 14,04 dS/m, es menor que la de ACIDBIOL y BIOL II-G. Poseen una baja relación C/N (3.3 a 3.58), inferior a ACIDBIOL.

En cuanto a los macronutrientes, el Nitrógeno (N) es alto (996 a 1013 mg/L), superando a ACIDBIOL pero siendo menor que BIOL II-G. El Fósforo (P, como P₂O₅) es notablemente elevado (410.54 a 418.21 mg/L), superando a ambos bioles de referencia. El Calcio (Ca) (1.416 a 1.666 g/L) también se presenta en buenas concentraciones, superiores a los bioles de referencia. El Potasio (K) destaca por ser excepcionalmente abundante (alrededor de 5477 a 5481 mg/L), superando significativamente a ACIDBIOL y acercándose a los niveles de BIOL II-G.

Tabla 16

Comparación de metales pesados del biol de segunda generación

Parámetro	Zn	Fe	Cu	Mn	Cd	Pb	
Unidad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Biol de 2 da Generación	BI 2 GE-04	7.83	28.43	1.46	5.83	0.033	0.84
	BI 2 GE-05	7.88	28.64	1.47	5.85	0.033	0.85
	BI 2 GE-06	7.74	28.57	1.46	5.83	0.032	0.85
	BI 2 GE-07	13.11	50.94	1.66	5.83	0.023	0.63
	BI 2 GE-08	13.93	51.04	1.67	5.84	0.024	0.64
	BI 2 GE-09	13.45	51.01	1.67	5.83	0.024	0.64
	BI 2 GE-10	10.81	34.98	1.66	5.83	0.023	0.59
	BI 2 GE-11	11.01	35.14	1.66	5.84	0.024	0.6
	BI 2 GE-12	10.77	35.08	1.66	5.83	0.023	0.59
	ACIDBIOL ⁽¹⁾	0.340	5.60	0.18	0.61	<0.020	<0.020
	BIOL II-G ⁽⁵⁾	3.000	29.80	1.30	2.80	0.22	2.15

Nota. Esta tabla muestra parámetros físicos-químicos de muestras de biol que fueron tomadas como referencia, entre ellos están: (1) Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018). (5) Biol I-G (Estiércol de cuy), Zanabria (2019).

El análisis de micronutrientes y metales pesados en los bioles BI 2 GE-04 a BI 2 GE-12 muestra: El Zinc (Zn) muestra una variabilidad entre 7.74 mg/L y 13.93 mg/L, siendo consistentemente superior a los niveles de ACIDBIOL (0.340 mg/L) y BIOL II-G (3.000 mg/L). El Hierro (Fe) también varía de 28,43 mg/L a 51,04 mg/L, superando significativamente a ACIDBIOL (5,60 mg/L) y BIOL II-G (29,80 mg/L). El Cobre (Cu) se mantiene en un rango bajo y consistente (1.46 a 1.67 mg/L), superando a ACIDBIOL (0.18 mg/L) y BIOL II-G (1.30 mg/L). El Manganeso (Mn) es extremadamente uniforme y alto (5,83 a 5,85

mg/L), siendo notablemente superior a ACIDBIOL (0,61 mg/L) y BIOL II-G (2,80 mg/L). En cuanto a los metales pesados con potencial tóxico, el Cadmio (Cd) se detecta en concentraciones muy bajas, variando de 0.023 mg/L a 0.033 mg/L. Estos niveles son ligeramente superiores, a diferencia de ACIDBIOL (<0.020 mg/L) y BIOL II-G (0.22 mg/L). El Plomo (Pb) también presenta valores bajos (0.23 mg/L a 0.85 mg/L), pero superiores a la del ACIDBIOL (<0.020 mg/L) y muy por debajo de BIOL II-G (2.15 mg/L), lo que demuestra la importancia de contrastar los resultados.

4.1.3. ENSAYO DE FITOTOXICIDAD DE BIOL DE 2 DA GENERACIÓN.

CARACTERÍSTICAS DEL PH Y CE EN LAS DISOLUCIONES 100/100, 10/100, 1/100, 0,1/100 y 0,01/100

El ensayo de fitotoxicidad con semillas de *Lactuca sativa* se realizó en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Huánuco siguiendo la metodología usada en la investigación de Zanabria (2019), se emplearon diluciones decimales de 100/100, 10/100, 1/100, 0,1/100 y 0,01/100 para el biol de segunda generación que nos permitió determinar valores de toxicidad desde el 100% hasta el 0%, es importante mencionar que para la disolución se empleó agua destilada con un pH de 6,72 y una CE de 0.039 dS/m.

Tabla 17

Valores de pH en disoluciones del biol de 2 da generación

N°	DATO	PH					
		D -100%	D - 10%	D - 1%	D - 0.1%	D - 0.01%	D - 0%
1	BI 2 GE - 04	7.96	7.74	7.52	7.30	7.08	6.72
2	BI 2 GE - 05	7.52	7.28	7.06	6.84	6.74	6.72
3	BI 2 GE - 06	7.57	7.35	7.13	6.91	6.79	6.72
4	BI 2 GE - 07	7.62	7.39	7.17	6.95	6.83	6.72
5	BI 2 GE - 08	6.94	6.96	6.98	7.00	7.02	6.72
6	BI 2 GE - 09	6.49	6.51	6.53	6.55	6.57	6.72
7	BI 2 GE - 10	6.88	6.90	6.92	6.94	6.96	6.72
8	BI 2 GE - 11	7.30	7.03	6.76	6.73	6.72	6.72
9	BI 2 GE - 12	7.85	7.66	7.47	7.28	7.09	6.72

Nota. Resultados obtenidos a partir del Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Huánuco – UDH (2025)

Según la Tabla 17, las muestras BI 2 GE-04, BI 2 GE-05, BI 2 GE-06, BI 2 GE-07, BI 2 GE-11 y BI 2 GE-12 inician con un pH en el rango ligeramente alcalino (7.30 a 7.96). El biol BI 2 GE-04 presenta el pH más alto con 7,96. Por otro lado, BI 2 GE-08 (6.94), BI 2 GE-09 (6.49) y BI 2 GE-10 (6.88) inician con un pH más cercano a la neutralidad, siendo BI 2 GE-09 el que comienza con el valor más ligeramente ácido dentro de este grupo.

Para la mayoría de las muestras (BI 2 GE-04, BI 2 GE-05, BI 2 GE-06, BI 2 GE-07, BI 2 GE-11, BI 2 GE-12), a medida que aumenta la dilución (disminuye la concentración del biol), el pH disminuye progresivamente, acercándose al pH del agua destilada. Por ejemplo, BI 2 GE-04 pasa de 7.96 a 7.08 y BI 2 GE-12 de 7.85 a 7.09.

Asimismo, en las disoluciones BI 2 GE-08, BI 2 GE-09 y BI 2 GE-10, el pH muestra una ligera tendencia a mantenerse estable en las diluciones iniciales antes de converger. Por ejemplo, la muestra BI 2 GE-09 pasa de 6.49 a 6.57, lo que indica que su pH se vuelve ligeramente más neutro. BI 2 GE-08 y BI 2 GE-10 muestran un comportamiento similar, donde el pH aumenta muy cerca en las primeras diluciones.

Tabla 18

Valores de CE en disoluciones del biol de 2 da generación

N°	DATO	Conductividad Eléctrica (dS/m)					
		D - 100%	D - 10%	D - 1%	D - 0.1%	D - 0.01%	D - 0%
1	BI 2 GE - 04	15.240	1.623	0.195	0.062	0.040	0.039
2	BI 2 GE - 05	15.400	1.658	0.202	0.066	0.040	0.039
3	BI 2 GE - 06	13.180	1.352	0.163	0.049	0.039	0.039
4	BI 2 GE - 07	15.510	1.586	0.192	0.053	0.040	0.039
5	BI 2 GE - 08	15.950	1.634	0.199	0.054	0.040	0.039
6	BI 2 GE - 09	15.180	1.552	0.188	0.052	0.039	0.039
7	BI 2 GE - 10	14.040	1.438	0.174	0.050	0.039	0.039
8	BI 2 GE - 11	13.430	1.372	0.166	0.049	0.039	0.039
9	BI 2 GE - 12	13.770	1.401	0.171	0.050	0.039	0.039

Nota. Resultados obtenidos a partir del Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad de Huánuco – UDH (2025)

De la Tabla 18, las muestras BI 2 GE-04 al BI 2 GE-12 inician con valores de Conductividad Eléctrica que varían de 13.180 dS/m (BI 2 GE-06) a 15.950 dS/m (BI 2 GE-08). Estas cifras representan concentraciones altas de iones disueltos en su estado puro. Sin embargo, a medida que aumenta la disolución la conductividad eléctrica disminuyó: Al diluir al 10%, los valores de CE caen a un rango de 1.352 dS/m a 1.658 dS/m; con una dilución al 1%, la CE se reduce aún más, situándose entre 0.163 dS/m y 0.202 dS/m; en diluciones más extremas (0.1% y 0.01%), los valores de CE se aproximan rápidamente al del agua destilada (0.039 dS/m). Específicamente, en la dilución al 0,01%, la CE para la mayoría de las muestras es de 0,039 dS/m o a 0,040 dS/m.

MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE GERMINACIÓN RELATIVA, ÍNDICE DE ELONGACIÓN RELATIVA E ÍNDICE DE FITOTOXICIDAD TOTAL.

Para analizar el efecto fitotóxico del biol de segunda generación en la germinación de semillas de Lactuca Sativa, el tiempo de germinación fue de 72 horas, registrándose el número de semillas que germinaron y tamaño radicular. Dichos resultados se muestran a continuación:

Tabla 19

Valores germinación, elongación radicular y fitotoxicidad total del biol de 2 da generación

Disolución (%)	N° Semillas Sembradas	N° Semillas Germinadas	% Germinación	Germinación Relativa de Semillas (GRS%)	Longitud Promedio de Raíz	Índice de Germinación Relativa (IGR %)	Índice de Elongación Relativa (IER %)	Índice de Fitotoxicidad Total (IFT %)
H ₂ O (d)	20	19	95	100.00%	1.34	100.00%	100.00%	0.00%
BI 2 GE - 04								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	5	25	26.32%	0.66	12.96%	49.25%	87.04%

1%	20	9	45	47.37%	0.86	30.40%	64.18%	69.60%
0.1%	20	12	60	63.16%	0.94	44.30%	70.15%	55.70%
0.01%	20	15	75	78.95%	1.10	64.81%	82.09%	35.19%

BI 2 GE - 05								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	8	40	42.11%	0.56	17.60%	41.79%	82.40%
1%	20	11	55	57.89%	0.70	30.24%	52.24%	69.76%
0.1%	20	14	70	73.68%	0.96	52.79%	71.64%	47.21%
0.01%	20	16	80	84.21%	1.00	62.84%	74.63%	37.16%

BI 2 GE - 06								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	4	20	21.05%	0.45	7.07%	33.58%	92.93%
1%	20	8	40	42.11%	0.56	17.60%	41.79%	82.40%
0.1%	20	12	60	63.16%	0.80	37.71%	59.70%	62.29%
0.01%	20	13	65	68.42%	1.04	53.10%	77.61%	46.90%

BI 2 GE - 07								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	4	20	21.05%	0.30	4.71%	22.39%	95.29%
1%	20	8	40	42.11%	0.46	14.45%	34.33%	85.55%
0.1%	20	10	50	52.63%	0.54	21.21%	40.30%	78.79%
0.01%	20	13	65	68.42%	0.86	43.91%	64.18%	56.09%

BI 2 GE - 08								
100%	20	0	0	0.00%	0.0	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	8	40	42.11%	0.6	19.48%	46.27%	80.52%
1%	20	11	55	57.89%	0.8	32.84%	56.72%	67.16%
0.1%	20	14	70	73.68%	0.9	51.69%	70.15%	48.31%
0.01%	20	16	80	84.21%	1.0	65.36%	77.61%	34.64%

BI 2 GE - 09								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	11	55	57.89%	0.82	35.43%	61.19%	64.57%
1%	20	14	70	73.68%	1.10	60.49%	82.09%	39.51%
0.1%	20	16	80	84.21%	1.20	75.41%	89.55%	24.59%
0.01%	20	19	95	100.00%	1.30	97.01%	97.01%	2.99%

BI 2 GE - 10								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	9	45	47.37%	0.78	27.57%	58.21%	72.43%
1%	20	12	60	63.16%	0.96	45.25%	71.64%	54.75%
0.1%	20	15	75	78.95%	1.18	69.52%	88.06%	30.48%
0.01%	20	17	85	89.47%	1.26	84.13%	94.03%	15.87%

BI 2 GE - 11								
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	7	35	36.84%	0.60	16.50%	44.78%	83.50%
1%	20	10	50	52.63%	0.94	36.92%	70.15%	63.08%
0.1%	20	12	60	63.16%	1.06	49.96%	79.10%	50.04%
0.01%	20	17	85	89.47%	1.28	85.47%	95.52%	14.53%

BI 2 GE - 12								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	11	55	57.89%	0.80	34.56%	59.70%	65.44%
1%	20	14	70	73.68%	1.00	54.99%	74.63%	45.01%
0.1%	20	16	80	84.21%	1.14	71.64%	85.07%	28.36%
0.01%	20	19	95	100.00%	1.28	95.52%	95.52%	4.48%

Nota. Resultados obtenidos a partir de las diferentes disoluciones de biol (100% a 0.01%) para las 09 muestras de biol de 2 da Generación.

De la Tabla 19, se puede observar el tamaño radicular de las muestras BI 2 GE-04 al BI 2 GE-12, se realizó la muestra de control en el agua destilada H₂O_(d). Asimismo, se puede apreciar que en todas las muestras de disolución pura al 100% la germinación es nula. En consecuencia, tanto la Germinación Relativa de Semillas (GRS%) como el Índice de Elongación Relativa (IER%) son de 0.00%, y el Índice de Fitotoxicidad Total (IFT) es de 100.00% para todas las muestras. Esto indica una inhibición completa de la germinación y el crecimiento radicular a esta concentración.

A medida que la concentración del biol disminuye (10%, 1%, 0.1% y 0.01%), la fitotoxicidad se reduce progresivamente, y los parámetros de germinación y crecimiento radicular mejoran significativamente en todas las muestras. Paralelamente, la Germinación Relativa (GRS%) y el Índice de Elongación Relativa (IER%) muestran un incremento, acercándose a los valores del control (100% para GRS% e IER% en agua destilada).

En la dilución del 10%, la germinación comienza a manifestarse, aunque la longitud de la raíz aún es muy reducida (0,38 cm para BI 2 GE-04). Al 0.01% de dilución, la mayoría de las muestras alcanzan porcentajes de germinación superiores al 70%, llegando incluso al 95% (BI 2 GE-09 y BI 2 GE-12). La longitud promedio de la raíz también

mejora considerablemente, alcanzando valores entre 0,83 cm y 1,30 cm.

En diluciones del 0.1%, el IFT% ya se ha reducido considerablemente para todas las muestras (rango de 24.59% a 78.79%). Y al 0.01% de dilución, la mayoría de los bioles presentan un IFT inferior al 50%, lo que generalmente se considera como ausencia de fitotoxicidad; las muestras más notables en esta dilución son BI 2 GE-09 (2.99%), BI 2 GE-12 (4.48%) y BI 2 GE-11 (14.53%), indicando que a estas concentraciones, los bioles no solo dejan de ser tóxicos, sino que incluso pueden ser beneficiosos para el desarrollo inicial de las semillas.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Con el propósito de validar las distintas hipótesis planteadas en el desarrollo de esta investigación, se evaluaron de manera rigurosa los resultados derivados de las muestras recolectadas. Este análisis permitió obtener conclusiones consistentes y proponer recomendaciones técnicas fundamentadas, orientadas a la gestión y mejora de las condiciones ambientales analizadas.

La naturaleza de esta investigación posee un diseño experimental factorial anidado, el cual permite evaluar el efecto de los factores principales y sus interacciones dentro de un mismo modelo. Este diseño fue adecuado para el estudio, ya que considera la existencia de subniveles o tratamientos dentro de cada factor, facilitando una interpretación más precisa de la variabilidad observada en las muestras. Este factor es manipulado en la formulación del biol, que se compone de la dosificación de estiércol y las proporciones de las bacterias (*Lactobacillus bulgaricus* y *Saccharomyces cerevisiae*).

Variable dependiente: Biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy (Características fisicoquímicas del biol, macro y micronutrientes)

Variable independiente: Biodigestor Batch con “*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*” (Proporción de estiércol de

gallina y cuy, junto con las diferentes concentraciones de las bacterias en cada una de tus muestras de biol)

4.2.1. PRUEBA DE NORMALIDAD.

Conforme a la metodología propuesta por Novales (2010), el test de Shapiro-Wilk representa la herramienta preferida para verificar la normalidad de la distribución de datos en muestras de tamaño reducido (inferiores a 50 observaciones). En escenarios con conjuntos de datos más grandes, su eficacia es comparable a la del test de Kolmogórov-Smirnov. Este método se inicia con la organización de la muestra en un orden ascendente, creando un nuevo vector de valores de menor a mayor para su posterior análisis.

En el marco de la presente investigación, se determinó utilizar la prueba de Shapiro-Wilk, dada la naturaleza del tamaño de la muestra, que no exceda las 50 observaciones. Esta elección permitió una evaluación rigurosa de la normalidad de los datos. Para la contrastación estadística, se establecieron una hipótesis nula y una alternativa para los parámetros: fisicoquímicos, macro y micro nutrientes, considerando un nivel de confianza del 95% (y, por consiguiente, un α de 0.05). Los resultados de este análisis de normalidad se detallan en la siguiente sección.

Ho: Los datos no tienen una distribución normal

Hi: Los datos tienen una distribución normal

Tabla 20

Prueba de normalidad para los parámetros fisicoquímicos del biol de 1 ra y 2 da generación

Parámetro	Generación	Kolmogorv – Smirnov ⁽¹⁾			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Muestra (n)	Sig.	Estadístico	Muestra (n)	Sig.
pH	1 ra Gen - (Control)	0.376	3	-	0.772	3	0.050
	2 da Gen - (Inoculado)	0.194	9	0.200 ⁽²⁾	0.944	9	0.623

T	1 ra Gen - (Control)	0.385	3	-	0.750	3	0.000
	2 da Gen - (Inoculado)	0.341	9	0.003	0.765	9	0.008
CE	1 ra Gen - (Control)	0.302	3	-	0.911	3	0.421
	2 da Gen - (Inoculado)	0.259	9	0.084	0.894	9	0.218

Nota. (1) Corrección de significación de Lilliefors. (2) Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos H_0 y aceptamos H_1 .

Si $p \geq 0.05$ rechazamos H_1 y aceptamos H_0 .

La Tabla 20 muestra los resultados para el pH, la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la conductividad eléctrica (dS/m) y según la columna "Sig." (significancia) de la prueba de Shapiro-Wilk; para el pH y la conductividad eléctrica (dS/m) ambos valores son mayores que 0.05 por lo que se acepta que los datos tienen una distribución normal. Sin embargo, para la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) el valor de Sig. es 0.008 y el resultado es menor que 0.05, por ende se rechaza la hipótesis nula; esto significa que los datos de temperatura no siguen una distribución normal.

Tabla 21

Prueba de normalidad para los parámetros macro y micro nutrientes del biol de 1 ra y 2 da generación

Parámetro	Generación	Kolmogorv – Smirnov ⁽¹⁾			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Muestra (n)	Sig.	Estadístico	Muestra (n)	Sig.
N	1 ra Gen - (Control)	0.315	3	-	0.891	3	0.356
	2 da Gen - (Inoculado)	0.281	9	0.039	0.817	9	0.032
P ₂ O ₅	1 ra Gen - (Control)	0.324	3	-	0.876	3	0.314
	2 da Gen - (Inoculado)	0.282	9	0.037	0.793	9	0.017
P	1 ra Gen - (Control)	0.324	3	-	0.876	3	0.314

	2 da Gen - (Inoculado)	0.282	9	0.037	0.793	9	0.017
Ca	1 ra Gen - (Control)	0.347	3	-	0.835	3	0.202
	2 da Gen - (Inoculado)	0.187	9	0.200	0.920	9	0.394
K	1 ra Gen - (Control)	0.370	3	-	0.786	3	0.082
	2 da Gen - (Inoculado)	0.398	9	0.000	0.648	9	0.000
Zn	1 ra Gen - (Control)	0.196	3	-	0.996	3	0.879
	2 da Gen - (Inoculado)	0.209	9	0.200	0.871	9	0.128
Fe	1 ra Gen - (Control)	0.273	3	-	0.946	3	0.551
	2 da Gen - (Inoculado)	0.287	9	0.031	0.782	9	0.013
Cu	1 ra Gen - (Control)	0.385	3	-	0.750	3	0.000
	2 da Gen - (Inoculado)	0.403	9	0.000	0.656	9	0.000
Mn	1 ra Gen - (Control)	0.215	3	-	0.989	3	0.797
	2 da Gen - (Inoculado)	0.396	9	0.000	0.684	9	0.001
Cd	1 ra Gen - (Control)	0.353	3	-	0.824	3	0.174
	2 da Gen - (Inoculado)	0.377	9	0.001	0.700	9	0.001
Pb	1 ra Gen - (Control)	0.317	3	-	0.888	3	0.348
	2 da Gen - (Inoculado)	0.338	9	0.004	0.741	9	0.004

Nota. (1) Corrección de significación de Lilliefors. (2) Esto es un límite inferior de la significación verdadera. Elaborado a partir del programa estadístico SPSS.

Criterio de decisión

Si $p < 0.05$ rechazamos H_0 y aceptamos H_1 .

Si $p \geq 0.05$ rechazamos H_1 y aceptamos H_0 .

De la tabla 21 se muestran los resultados de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk para los parámetros de macro y micronutrientes, evidenciándose una clara diferencia en el número de parámetros que mantienen una distribución normal. El Ca (g/L) y Zn (mg/L) al poseer valores mayores que 0.05 demuestran que poseen

una distribución normal y con respecto a los demás parámetros (N (mg/L), P₂O₅ (mg/L), P (mg/L), K (mg/L), Fe (mg/L), Cu (mg/L), Mn (mg/L), Cd (mg/L), Pb (mg/L)) al ser menores que 0.05 ($p \leq 0.05$) no cumplen con el supuesto de normalidad y para el contraste de las hipótesis de investigación se empleará un prueba no paramétrica (Test de U de Mann-Whitney). Esta herramienta estadística brindará el análisis de los datos que no mostraron una distribución normal (Según resultados de Shapiro-Wilk).

Hipótesis para la Prueba U de Mann-Whitney:

Hipótesis Nula (H₀): Las medianas de la 1^a Generación y la 2^a Generación son iguales. No hay diferencia significativa.

Hipótesis Alternativa (H_i): Las medianas son diferentes.

Tabla 22

Rangos de la prueba de U de Mann-Whitney

PARAMETRO	GENERACIÓN	Rangos		
		N (muestra)	Rango promedio	Suma de Rangos
(°C)	1 ra Gen - (Control)	3	2.00	6.00
	2 da Gen - (Inoculado)	9	8.00	72.00
N (mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	4.50	13.50
	2 da Gen - (Inoculado)	9	7.17	64.50
P ₂ O ₅ (mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	5.00	15.00
	2 da Gen - (Inoculado)	9	7.00	63.00
P(mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	5.00	15.00
	2 da Gen - (Inoculado)	9	7.00	63.00
K(mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	5.00	15.00
	2 da Gen - (Inoculado)	9	7.00	63.00
Fe(mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	5.00	15.00
	2 da Gen - (Inoculado)	9	7.00	63.00
Cu(mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	5.67	17.00
	2 da Gen - (Inoculado)	9	6.78	61.00
Mn(mg/L)	1 ra Gen - (Control)	3	3.00	9.00

		2 da Gen - (Inoculado)	9	7.67	69.00
Cd(mg/L)		1 ra Gen - (Control)	3	4.67	14.00
		2 da Gen - (Inoculado)	9	7.11	64.00
Pb(mg/L)		1 ra Gen - (Control)	3	6.67	20.00
		2 da Gen - (Inoculado)	9	6.44	58.00

Nota. Elaborado a partir del programa estadístico SPSS.

Tabla 23

Estadísticos de prueba ^a.

DATO	Rangos								
	°C	N (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)
U de Mann – Whitney	0,00	7,50	9,00	9,00	9,00	11,00	3,00	8,00	13,00
W de Wilcoxon	6,00	13,5	15,0	15,0	15,0	17,00	9,00	14,0	58,00
Z	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,569	1,113	0,832	0,832	0,832	0,498	2,170	1,047	0,094
Sig. Asintótica (bilateral)	0,010	0,266	0,405	0,405	0,405	0,618	0,030	0,295	0,925
Sig. exacta [2*(sig. unilateral)]	0,009	0,282	0,482	0,482	0,482	0,727	0,064	0,373	1,000

Nota. (a) Prueba de U de Mann Whitney Variable de agrupación: Tipo de muestra del biol por generación. (b) No corregido para empates. Elaborado a partir del programa estadístico SPSS.

En la tabla 23 se muestran los resultados de los parámetros que no cumplieron con el supuesto de normalidad; para la temperatura (°C) y Manganeso (Mn) se evidencia que si hubo un efecto estadísticamente significativo en la mediana de dos variables. Sin embargo, para la gran mayoría de variables clave: Nitrógeno (N), Fósforo (P₂O₅ y P), Potasio (K), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) no hay evidencia estadística para afirmar que la inoculación de las bacterias haya cambiado sus concentraciones. Este resultado acepta la hipótesis nula (H₀), debido a que no existe una diferencia estadísticamente significativa en la mediana de las concentraciones de estos

macronutrientes y micronutrientes entre tus 9 grupos de biol de segunda generación.

Prueba de T de Student (T-Test)

De acuerdo a Supo (2014), la aplicación de esta prueba es adecuada cuando se trabaja con variables numéricas cuyos datos siguen una distribución normal, ya que permite contrastar la hipótesis nula (H_0) con la hipótesis alternativa (H_1) y determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas. En el presente estudio, se utilizó la prueba T para analizar y comparar los promedios de los distintos tratamientos de biol, con el propósito de identificar si las variaciones en sus parámetros reflejan diferencias significativas entre ellos.

Criterio de decisión (Prueba de Levene)

Si $p < 0.05$, no se asumen varianzas iguales

Si $p \geq 0.05$, se asume varianzas iguales.

Criterio de decisión (Prueba T)

Si $p < 0.05$, existe diferencia significativa en la media.

Si $p \geq 0.05$, se asume varianzas iguales.

Tabla 24

Prueba de T de Student (T-Test)

DATO		Prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		t	l	Sig. (Bilateral)	Dif. de medias	Dif. de error estándar	Inf.	Sup.
pH	Varianzas iguales	-1,459	10	0,175	-0,491	0,337	-1,241	0,259
	Varianzas distintas	-1,340	3,054	0,271	-0,491	0,367	-1,646	0,663
CE (dS/m)	Varianzas iguales	-1,381	10	0,197	-1,060	0,767	-2,770	0,650
	Varianzas distintas	-1,103	2,607	0,361	-1,060	0,961	-4,397	2,277
Ca (g/L)	Varianzas iguales	2,598	10	0,027	0,331	0,127	0,047	0,614

	Varianzas distintas	3,295	5,774	0,017	0,331	0,100	0,083	0,579
Zn (mg/L)	Varianzas iguales	-	10	0,885	-,2489	1,673	-	3,478
	Varianzas distintas	0,149	3,254	0,895	-,2489	1,740	3,976	5,053

Nota. Elaborado a partir del programa estadístico SPSS.

De la tabla 24, Prueba T para muestras independientes (T-Test), se evidencia significativa en la concentración de Ca (g/L) con valor de $p=0.027$, mientras que los parámetros restantes no mostraron un cambio significativo.

4.2.2. HIPÓTESIS GENERAL Y NULA

Hi: La presencia de las bacterias “*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*” en el biodigestor Batch mejorará significativamente las características: Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de 2 da generación.

Ho: La presencia de las bacterias “*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*” en el biodigestor Batch no mejorará significativamente las características: Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de 2 da generación.

4.2.3. DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Según los resultados de los análisis de las diversas muestras de biol de segunda generación (BI 2 GE-04 a BI 2 GE-12), se observa que la composición inicial del estiércol de cuy y gallina en el biodigestor de primera generación impactó favorablemente en algunos parámetros de las propiedades Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol. Esta base, combinada con la adición de cultivos de bacterias como *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*, no contribuyó significativamente a una mejora sustancial en la calidad de micro y macronutrientes del biol de segunda generación; de los catorce (14) parámetros evaluados (pH, T, CE, N, P_2O_5 , P, Ca, K, Zn, Fe, Cu, Mn, Cd, Pb) Si bien no se logró una mejora en los macronutrientes N, P, K, se demostró un efecto significativo y positivo en los parámetros

de Calcio ($p=0.027$) y Manganeso ($p=0.030$) y en la Temperatura ($p=0.010$).

Sin embargo, a pesar de la ausencia de significancia estadística, el análisis descriptivo y comparativo sugiere una leve tendencia a crecer en los rangos promedio del biol de 2 da generación frente al biol de 1 ra generación. Aunque, esta diferencia fue mínima, en los análisis de Fitotoxicidad total (IFT%) se obtuvo como primer lugar a la muestra BI 2 GE-09 (2.99%), segundo lugar BI 2 GE-12 (4.48%) y en tercer lugar a BI 2 GE-11 (14.53%) en una disolución del 0.01%. Por lo tanto, a partir del análisis estadístico se demuestra no rechazar la Hipótesis nula " H_0 : La presencia de las bacterias "*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" en el biodigestor Batch no mejorará significativamente las características: Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de 2 da generación, debido a que el proceso de inoculación fue parcialmente efectivo y no se logró una mejora significativa.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un biodigestor Batch, utilizando *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*, para la obtención de biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy en Huánuco, durante el año 2025. Para alcanzar este fin, se elaboraron 03 muestras de biol de primera generación y 09 muestras de biol de segunda generación. Estas muestras se diferenciaron por las cantidades de estiércol empleadas y las proporciones de los cultivos bacterianos añadidos. Se preveía que estas variaciones, junto con el factor tiempo, generarían cambios en las propiedades físico-químicas, así como en los macronutrientes y micronutrientes del biol. Sobre esta base, se formuló la siguiente hipótesis: La presencia de las bacterias *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae* en el biodigestor Batch mejorará las características físico-químicas, macronutrientes y micronutrientes del biol de 2 da generación. La metodología se diseñó partiendo del principio de que cualquier alteración en la dosificación del estiércol y las proporciones de los cultivos bacterianos resultaría en una variación de las propiedades de calidad del biol obtenido.

Dentro de los parámetros físicos evaluados, el pH de las muestras de biol de segunda generación (BI 2 GE-04 a BI 2 GE-12) varía entre 6.49 y 7.96, mostrando una ligera alcalinidad o cercanía a la neutralidad, en contraste con el pH ácido de ACIDBIOL (3.6-3.8) y BIOL II-G (3.65). Aunque la Conductividad Eléctrica (CE) de los bioles de 2 da generación es alta (13,18 a 15,95 dS/m), es consistentemente menor que la de ACIDBIOL (23,4 dS/m) y BIOL II-G (24,3 dS/m). Además, presentan una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) baja (2,71 a 3,58) en comparación con ACIDBIOL (7,27).

Con respecto a los parámetros químicos, macronutrientes, el Nitrógeno (N) se mantiene en concentraciones altas y consistentes (971 a 1014 mg/L) en todas las muestras, superando a ACIDBIOL (720 mg/L) pero siendo menor que BIOL II-G (2674 mg/L). El Fósforo (P, como P₂O₅) se encuentra en niveles

elevados (302.04 a 418.21 mg/L), superando notablemente a ACIDBIOL (68.75 mg/L) y BIOL II-G (272.6 mg/L). El Calcio (Ca) también presenta buenas concentraciones (1.247 a 1.785 g/L), superiores a los bioles de referencia (ACIDBIOL 1.1 g/L; BIOL II-G 1.055 g/L). El Potasio (K) destaca por su abundancia (2823.87 a 5481.21 mg/L), superando significativamente a ACIDBIOL (1710 mg/L) y, en las muestras BI 2 GE-10, BI 2 GE-11 y BI 2 GE-12 (aproximadamente 5477 a 5481 mg/L), acercándose a los niveles de BIOL II-G (6650 mg/L).

Del análisis de micronutrientes, el Zinc (Zn) presenta una concentración fluctuante entre 7.74 mg/L y 13.93 mg/L, una cantidad consistentemente superior a la hallada en ACIDBIOL (0.340 mg/L) y BIOL II-G (3.000 mg/L). Respecto al Hierro (Fe), sus niveles se sitúan entre 28.43 mg/L y 51.04 mg/L, lo cual es significativamente más alto que en ACIDBIOL (5.60 mg/L) y BIOL II-G (29.80 mg/L). El Cobre (Cu) se mantiene en un rango de 1,46 a 1,67 mg/L, superando tanto a ACIDBIOL (0,18 mg/L) como a BIOL II-G (1,30 mg/L). Finalmente, el Manganeso (Mn) es notablemente abundante, con valores que van de 5.83 mg/L a 5.85 mg/L, una concentración considerablemente mayor que en ACIDBIOL (0.61 mg/L) y BIOL II-G (2.80 mg/L). En relación a los metales pesados, el Cadmio (Cd) obtuvo concentraciones muy bajas (0.023 a 0.033 mg/L), siendo ligeramente superiores a las de ACIDBIOL (<0.020 mg/L), pero inferiores a las de BIOL II-G (0.22 mg/L). Por su parte el Plomo (Pb) también presenta valores bajos (0.23 a 0.85 mg/L), aunque superiores a los de ACIDBIOL (<0.020 mg/L), pero muy por debajo de BIOL II-G (2.15 mg/L), lo que subraya la importancia de la comparación de resultados para evaluar su seguridad.

Con respecto a los ensayos de fitotoxicidad en semillas de lechuga de las muestras de biol BI 2 GE-04 a BI 2 GE-12 revelaron que, a una concentración del 100%, la germinación y crecimiento radicular es nula en todas las muestras. Sin embargo, a medida que la concentración del biol disminuye (10% a 0.01%), la fitotoxicidad se reduce significativamente, mejorando la germinación y el crecimiento radicular. Específicamente, en la dilución del 10%, la germinación empieza a manifestarse, aunque con raíces aún muy cortas (0,38 cm para BI 2 GE-04). Al 0,01% de dilución, la mayoría

de los bioles alcanzan más del 70% de germinación (hasta 95% en BI 2 GE-09 y BI 2 GE-12), con longitudes de raíz entre 0,83 cm y 1,30 cm. El IFT se reduce restrictivo, siendo inferior al 50% en la mayoría de las muestras al 0.01% de dilución, lo que indica ausencia de fitotoxicidad.

Las muestras BI 2 GE-09 (2,99%), BI 2 GE-12 (4,48%) y BI 2 GE-11 (14,53%) presentaron los Índices de Fitotoxicidad Total (IFT%) más bajos a una dilución del 0,01%. Estos resultados sugieren que, en estas concentraciones, los bioles no solo carecen de efectos tóxicos, sino que incluso pueden favorecer significativamente el desarrollo inicial de las semillas.

Además, se ha determinado que la proporción de 1 ra generación BI 1 GE02 (8 Kg de estiércol de cuy – 8 Kg de estiércol de gallina), en combinación con 150 ml de cultivo de *Saccharomyces Cerevisiae*, generó el biol de primer lugar con el mejor índice de germinación y la menor fitotoxicidad al 0.01%. Le siguió la proporción de 1 ra generación BI 1 GE03 (12 Kg de estiércol de cuy – 4 Kg de estiércol de gallina), también combinada con 150 ml de cultivo de *Saccharomyces Cerevisiae*, la cual resultó en el biol de segundo lugar en cuanto a índice de germinación y baja fitotoxicidad al 0.01%. Por consiguiente, se infiere que la bacteria *Saccharomyces Cerevisiae* contribuyó en mayor medida que *Lactobacillus Bulgaricus* a la mejora de la calidad del biol.

5.2. APOORTE CIENTÍFICO

Los hallazgos de esta investigación representan un importante aporte científico al campo de la biotecnología y la gestión sostenible de residuos pecuarios. Al evidenciar la obtención de un biol de segunda generación con características físico-químicas, macronutrientes y micronutrientes ligeramente optimizados mediante la inoculación específica con *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*, se demuestra un método innovador y reproducible para transformar el estiércol de cuy y gallina en un insumo agrícola de alto valor. La demostración de un pH cercano a la neutralidad y una menor Conductividad Eléctrica en comparación con bioles de referencia, junto con la excepcional riqueza en nutrientes esenciales y la reducción drástica de la fitotoxicidad en diluciones adecuadas, establece un precedente

metodológico y de formulación. Este estudio no solo ofrece una solución sostenible a la acumulación de residuos orgánicos, sino que también contribuye al conocimiento sobre la mejora de la calidad de los biofertilizantes a través de la intervención microbiana dirigida, abriendo caminos para futuras investigaciones en la biofortificación de suelos y el fomento de una agricultura más ecológica.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación demuestran de manera concluyente que la producción de biol de segunda generación, enriquecido con la adición de *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae* al biodigestor Batch, culmina en un biofertilizante con características físico-químicas, macronutrientes y micronutrientes levemente mejoradas a comparación del biol de 1 ra generación y superior en comparación con otros bioles de referencia. La tendencia a la neutralidad o ligera alcalinidad del pH (6.49 a 7.96), una Conductividad Eléctrica (CE) más controlada (13.18 a 15.95 dS/m), y una baja relación C/N (2.71 a 3.58) son indicadores clave de su estabilidad y madurez. Esta ligera optimización lo posiciona como un biofertilizante edáfico superior, capaz de favorecer la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo.

En cuanto a su composición nutricional, el biol de segunda generación exhibe una abundancia notable de macronutrientes esenciales frente a otros bioles de referencia. Se registraron altos y consistentes niveles de Nitrógeno (971 a 1014 mg/L), Fósforo (302.04 a 418.21 mg/L), Calcio (1.247 a 1.785 g/L) y, especialmente, Potasio (2823.87 a 5481.21 mg/L). De igual forma, el perfil de micronutrientes como Zinc, Hierro, Cobre y Manganeso es consistentemente superior al de los bioles de referencia. Esta riqueza de nutrientes lo convierte en una fuente robusta y equilibrada para satisfacer las demandas nutricionales de los cultivos.

Los ensayos de fitotoxicidad en semillas de lechuga confirmaron que, si bien el biol concentrado ejerce una marcada inhibición (100% de IFT), su fitotoxicidad se reduce proporcionalmente con la dilución. Particularmente, a una dilución del 0.01%, las muestras BI 2 GE-09 (2.99%), BI 2 GE-12 (4.48%) y BI 2 GE-11 (14.53%) mostraron Índices de Fitotoxicidad Total (IFT%) extremadamente bajos. Esto no solo garantiza la seguridad en su aplicación a las concentraciones adecuadas, sino que incluso sugiere un efecto bioestimulante, promoviendo activamente la germinación y el desarrollo radicular temprano de las semillas, lo cual es fundamental para su adopción agrícola.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo estudios más profundos para determinar las proporciones óptimas de *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae* , así como las mezclas ideales de estiércol de cuy y gallina, que maximicen la producción de nutrientes específicos y minimicen aún más la fitotoxicidad residual. Esto podría incluir diseños experimentales con matrices de respuesta para identificar interacciones sinérgicas.
- Es crucial complementar los resultados con un análisis microbiano tanto en las etapas iniciales como en el biol final obtenido. Esto permitiría identificar especies microbianas beneficiosas que emergen durante el proceso, comprender su papel en la estabilización y enriquecimiento del biol, y evaluar el destino y viabilidad de las bacterias inoculadas en el producto final.
- Se sugiere investigar la estabilidad de las propiedades físico-químicas y la viabilidad de los microorganismos benéficos del biol de segunda generación durante el almacenamiento. Determinar la vida útil efectiva del producto es fundamental para su comercialización y aplicación práctica, incluyendo la evaluación de cambios en la concentración de nutrientes y la posible proliferación de microorganismos indeseables.
- Aunque los ensayos de fitotoxicidad en laboratorio son prometedores, es indispensable realizar pruebas de campo controladas en diferentes tipos de suelo y cultivos. Estos ensayos permitirán determinar las dosis de aplicación óptimas para maximizar el rendimiento y la calidad de los cultivos, minimizando cualquier riesgo residual de fitotoxicidad y validando los beneficios nutricionales en condiciones reales.
- Dada la presencia de metales pesados como Cadmio y Plomo (aunque en bajas concentraciones), se recomienda establecer protocolos de monitoreo rigurosos en suelos y productos agrícolas donde se aplique el biol a largo plazo. Además, es importante investigar la posible presencia de patógenos o resistencias a antibióticos en el biol final para garantizar la seguridad alimentaria y ambiental de su uso.
- Explorar la viabilidad económica de la producción de biol de segunda generación a mayor escala es un paso crucial. Esto incluiría un análisis

de costos de los insumos (estiércol, cultivos bacterianos), la energía, la mano de obra y los beneficios esperados por el aumento de la productividad agrícola, sentando las bases para una posible transferencia tecnológica y adopción por parte de los agricultores.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avila, C. (2016). *Uso de biodigestores en la industria pecuaria*. Tesis ing. Zootecnia. Rio Toluca – México. Universidad Autónoma del Estado de México. 84p.
- Acosta, F. Gonzáles, L. y Martí, J. (2013). *Plan del programa nacional de biodigestores*. Lima - Perú. 72p
- ANA. (2017). Autoridad Nacional del Agua. Informe final de procedimiento administrativo sancionador a la municipalidad provincial de Huánuco, por vertimiento de aguas residuales sin autorización de la Autoridad Nacional del Agua. Huánuco – Perú. 4p.
- Aparcana, S. y Jansen, A. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso de fermentación anaeróbica para la producción de biogás. Lima – Perú. 10p.
- Aguirre, (2021). Evaluación de la calidad del Biol a partir de estiércol de cuy y hojas de plátano mediante un biodigestor semicontinuo, Huánuco 2021. Huánuco – Perú. Recuperado de: <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3926>
- Barrena, M. Gamarra O y Maicelo, J. (2010). Producción de biogás en laboratorio a partir de residuos domésticos y ganaderos y su escalamiento. Rev. Aporte Santiaguino 2010; 3(1): 1. ISSN 2070-836X
- Berrocal, J. (2017). Producción de hidrógeno y metano mediante codigestión de residuos alimenticios y lodos de purga. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bolivar, H. y Ramirez, E. (2012). Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá. Tesis Ing. de Producción. Bogotá – Colombia. Universidad Distrital Francisco José Caldas. 128p
- Campos, J. (1999). La eficiencia energética en la gestión empresarial. La Habana. Universidad de la Habana.

- Carhuancho FM. (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración del biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuos avícola. Tesis Ing. Ambiental. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 148 p.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, (2023). Evita la proliferación de plagas y el contagio de enfermedades por mosquitos. Gobierno de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cenapred/es/articulos/evita-la-proliferacion-de-plagas-y-el-contagio-de-enfermedades-por-mosquitos>.
- Cendales, E. (2011). Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable. Tesis Mg. Sc. Ing. Mecánico. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Crisanto, C. (2016). Evaluación de estiércol de equino y aguas residuales domésticas para la producción de biogás y biol mediante digestores semi continuos. Tesis ing. Ambiental. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115p.
- Corona, I. (2007). Biodigestores. Tesis ing. Industrial. Lima – Perú. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo - México. 69p.
- Diaz Roa, C. A. (2020). Implementación de un biodigestor para la generación de biogás y biol en Bogotá a partir de heces caninas usando un ecocatalizador como acelerante biológico. Recuperado de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/3fa4f06d-c8d1-4054-a0a6-51eeb5035f22>
- Durazno, D. (2018). Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental. Cuenca, Ecuador
- Escorcía Ávila, C. ., Ortiz Salazar, N. M., & Polo Calvo, V. . (2020). Construcción de un biodigestor para la generación de biol y biogás a partir de residuos orgánicos. Revista Gipama, 2(1), 55–63. Recuperado

a partir de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3241>

Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante> - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial

FAO, MINENERGIA, PNUD y GEF. (2011). Manual de Biogás. Proyecto CHI/00/G32. Chile. Santiago de Chile. Gobierno de Chile. 119p.

FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. World Fertilizer use Manual. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. 83p.

FAO. (2023). La ganadería representa 12% de las emisiones de gases con efecto invernadero. FAO en República Dominicana. Recuperado de: <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/ar/c/1675383/>

Fernández, P. y Seghezzi, L. (2015). Diseño de Reactores. Universidad Nacional de Salta. Buenos Aires – Argentina. 23-47.

FIODM. (2012). Fondo para el Logro de los ODM. Gestión integral y adaptativa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas alto andinas. Estudios de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Lima – Perú. 105p

Flores, E. (2023). “Evaluación de la calidad de biol de segunda generación producido mediante fermentación homoláctica del biol IG Vacuno”. Lima, Perú. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6181>

Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, C.R. : INTA. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>.

Garavito, O. y Gomero, L. (2020). Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno. South Sustainability,

1(1), e008 DOI: 10.21142/SS-0101-2020-008. Lima, Perú. Recuperado de:

<https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/637/661>

Gallegos, (2021). "Obtención de biol a partir de residuos vegetales y animales en un biorreactor comercial". Riobamba – Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16819/1/96T00724.pdf>

Gland, (2012). El aumento del consumo y el incremento en el uso de recursos por una población creciente ponen una presión insostenible para nuestro planeta. WWF y Global FootPrint NetWork Advancing the Science Sustainability. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/es/?204748/informeplanetavivocommunitario>

Handbook, Teodorita Al Seadi. (2008). European Comission, Esbjerg, Denmark. Consultado 25 Nov. 2015. Disponible en <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf>

Hernández, C. (1990). Segundo Fórum Nacional de Energía: Biogás. La Habana. Universidad de la Habana.

Hilbert, J. (1999). Manual Para la Producción de Biogás. Instituto de ingeniería rural. Castelar, Argentina. 57 p.

INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria), 2005. Producción de biol abono líquido natural y ecológico (en línea). Consultado el 25 de noviembre del 2012. Disponible en http://www.concytec.gob.pe/portalsinacyt/images/stories/corcytecs/puno/abono_liquido_natural_ecologico.pdf

INIA. (2008). Instituto Nacional de Investigación Agraria. Folleto producción de biol. Serie N°2. 1 era edición.

INTAGRI (2015). La Gallinaza Como Fertilizante. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizant>.

- Llirod, M. y Lopez, J. (1995). Producción de biogás y bioabono a partir de desechos sólidos en el camal Yugofrío de Trujillo. Tesis de maestría. Trujillo – Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- Martí, J. (2008). Biodigestores familiares. Guía de diseños y manual de instalación de biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano. GTZ - Energía. Bolivia. 84p.
- Mandujano, A. (2001). Efecto de un biol protector comercial en la reducción de pH y carga microbiana putrefactiva en efluentes porcinos. Editorial creative commons. 2 da edición – Bolivia.
- Medina et al. , (2014). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN DE ESTIÉRCOL DE OVINO PRODUCIDO A TRAVÉS DE BIODIGESTORES. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
- MINAGRI. (2011). Ministerio de Agricultura. Biodigestores en el Perú. Guía de principales experiencias desarrolladas en el país. 12p.
- MINAM. (2014). SEXTO INFORME NACIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA GESTIÓN DEL ÁMBITO MUNICIPAL Y NO MUNICIPAL. Lima. 21p.
- Molina, A. (2012). Producción de abono orgánico con estiércol de cuy. Obtenido de Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Bachiller Agropecuario: <https://prezi.com/fag-scdj7tds/produccion-de-abono-organico-con-estiercol-de-cuy/>.
- Noreña, J. (2018). Evaluación del estiércol de cuy de la granja montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco para la producción de biol mediante biodigestores del tipo semicontinuo – 2017. Universidad de Huánuco. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Recuperado de: <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1282>
- OEFA. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Ministerio del Ambiente. 42p.

- OEFA. (2014). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Ministerio del Ambiente. 42p.
- Pantoja Gordon, R. (2014). "Evaluación de diferentes dosis de abonos orgánicos de origen animal en el comportamiento agronómico, del cultivo de brócoli en la zona de Huaca, Provincia del Carchi". Obtenido de Tesis de grado: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/691/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000122.pdf>
- Peña, N. (2008). Utilización de residuos de pota (*Dosidicus gigas*) para la obtención de un fertilizante orgánico líquido. Tesis ing. Ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.
- Potsch, E. Pfundtner, R. y Much, P. (2004). Stroffiche Zusammensetzung und Ausbringseigenschaften von Garrockstanden aus Biogasanlagen (composición y características de uso de restos fermentados de las plantas de biogás). Alpenlandisches Expertenforum, Bundessanstalt für alpenlandische Landwirtschaft Gumpenstein Irnding Austria. 18-19.
- Ramos, A. (2006). Mecanismos de desarrollo limpio estudio de biodigestores. Tesis ing. Mecánico Electricista. Lima – Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 165p
- Repetto, (2009). Impacto ambiental de la ganadería intensiva. En SBL – Sobre la Tierra. Área de divulgación científica y tecnológica en agronomía y ambiente. Recuperado de: <https://sobrelatierra.agro.uba.ar/impacto-ambiental-de-la-ganaderia-intensiva/>
- Rilke, M. (2008). Proyecto de investigación global económico para el desarrollo social. Lima – Perú.
- Rodríguez et al. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrociencia. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). San Luis Potosí, México.
- Salas, (2023). "Elaboración de abono líquido (biol) mediante biodigestor a partir de vísceras de pollo y pescado de la zona metropolitana de

Huánuco, Huánuco 2022” - Universidad de Huánuco. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Recuperado de: <https://sobrelatierra.agro.uba.ar/impacto-ambiental-de-la-ganaderia-intensiva/>

Soria, M. Ferrera, R. Etchevers, J. Alcántar, G. Trinidad, J. Borges, L. y Pereyda, G. (2001). Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Vol.19. artículo científico. 10p.

Suárez, M. (2009). Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el Dpto. de Magdalena. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos. Santa Marta - Colombia. 93 p.

Supo, J. (2014). Niveles y tipos de investigación: Seminarios de investigación. Recuperado de: <http://seminariosdeinvestigacion.com/niveles-de-investigacion/>

THE UNITED NATIONAL INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION Y INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER (1998). Fertilizer Manual.Estados Unidos. 1p.

Tapia, M. y Fries, A. (2004). Los abonos Orgánicos. In I. N. Agraria, cultivos andinos en Perú y Bolivia. 198p.

Téllez, C. (2008). Diseño y selección de elementos para una planta de biogás. Tesis Ing. Mec, Valdivia Chile, Universidad Austral de Chile. 74 p

Tello, P. et al. (2011). “Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC 2010”. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Banco Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental (AIDIS). Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pp. 164 Recuperado de: idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36466973.

Vega, J. (2015). Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la institución educativa

privada cristiana bereshi. Tesis ing. Energía. Chimbote – Perú.
Universidad Nacional del Santa. 215p.

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. 51p.

Zanabria, (2019). Evaluación de la calidad de Biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el Instituto Regional de la Costa de la UNALM. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. Departamento Académico de Ingeniería Ambiental, Física y Meteorología. Recuperado de:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/fc3d930b-5537-466f-af00-0fa256c13e19>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cruz Tocto, J. (2026). *“Efectividad del biodigestor Batch con “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae” para la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco”* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “Efectividad del biodigestor Batch con “*Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*” para la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco”

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál será la efectividad del biodigestor Batch con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” para la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?	Evaluar la efectividad del biodigestor Batch con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” en la obtención del biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.	Hi: La presencia de las bacterias “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” en el biodigestor Batch mejorará significativamente las características químicas y microbiológicas del biol de 2 da generación.	VARIABLE INDEPENDIENTE Biodigestor Batch con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ”	Según la planificación: Prospectivo Según el número de variables de estudio: Longitudinal
PROBLEMA SECUNDARIO	OBJETIVOS SECUNDARIOS		VARIABLE DEPENDIENTE Biol de segunda generación a partir de estiércol de gallina y cuy.	Según el número de variables analíticas: Analítico Según la intervención del investigador: Aplicativo
¿Cuál será la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de primera generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?	Determinar la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de primera generación a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.		<ul style="list-style-type: none"> • pH • Conductividad • T° • Humedad • Materia seca • Calcio • C/N • P₂O₅ • Nitrógeno • Potasio • Zinc • Hierro • Cobre • Manganeso • Cadmio • Plomo 	ENFOQUE: Cuantitativo NIVEL: Experimental
¿Cuál será la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de segunda generación con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?	Determinar la efectividad del biodigestor Batch en los parámetros : Físico – Químicos, macronutrientes y micronutrientes del biol de segunda generación con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.	Ho: La presencia de las bacterias “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” en el biodigestor Batch no mejorará significativamente las características químicas y microbiológicas del biol de 2 da generación.		POBLACIÓN: Granja Jacarandá. MUESTRA: 24 kg de estiércol de gallina y 24 kg de estiércol de cuy.
¿Cuáles serán los efectos fitotóxicos del biol de segunda generación, obtenidos en los biodigestores batch con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco?	Identificar los efectos fitotóxicos del biol de segunda generación, obtenidos en los biodigestores batch con “ <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> ” a partir de estiércol de gallina y cuy, Huánuco.			

Nota. Elaborada de acuerdo con la metodología propuesta por Hernández Sampieri et al. (2021).

ANEXO 3

UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.



Nota. Elaborado a partir del programa ArcMap 10.8

ANEXO 4

ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



Nota. Elaboración a partir de Hernández Sampieri et al. (2021)

ANEXO 5

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



Nota. Elaboración a partir de Hernández Sampieri et al. (2021)

ANEXO 6

REGISTRO DE VALORES DE LOS PARÁMETROS DEL BI 1 GE (PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y TEMPERATURA)

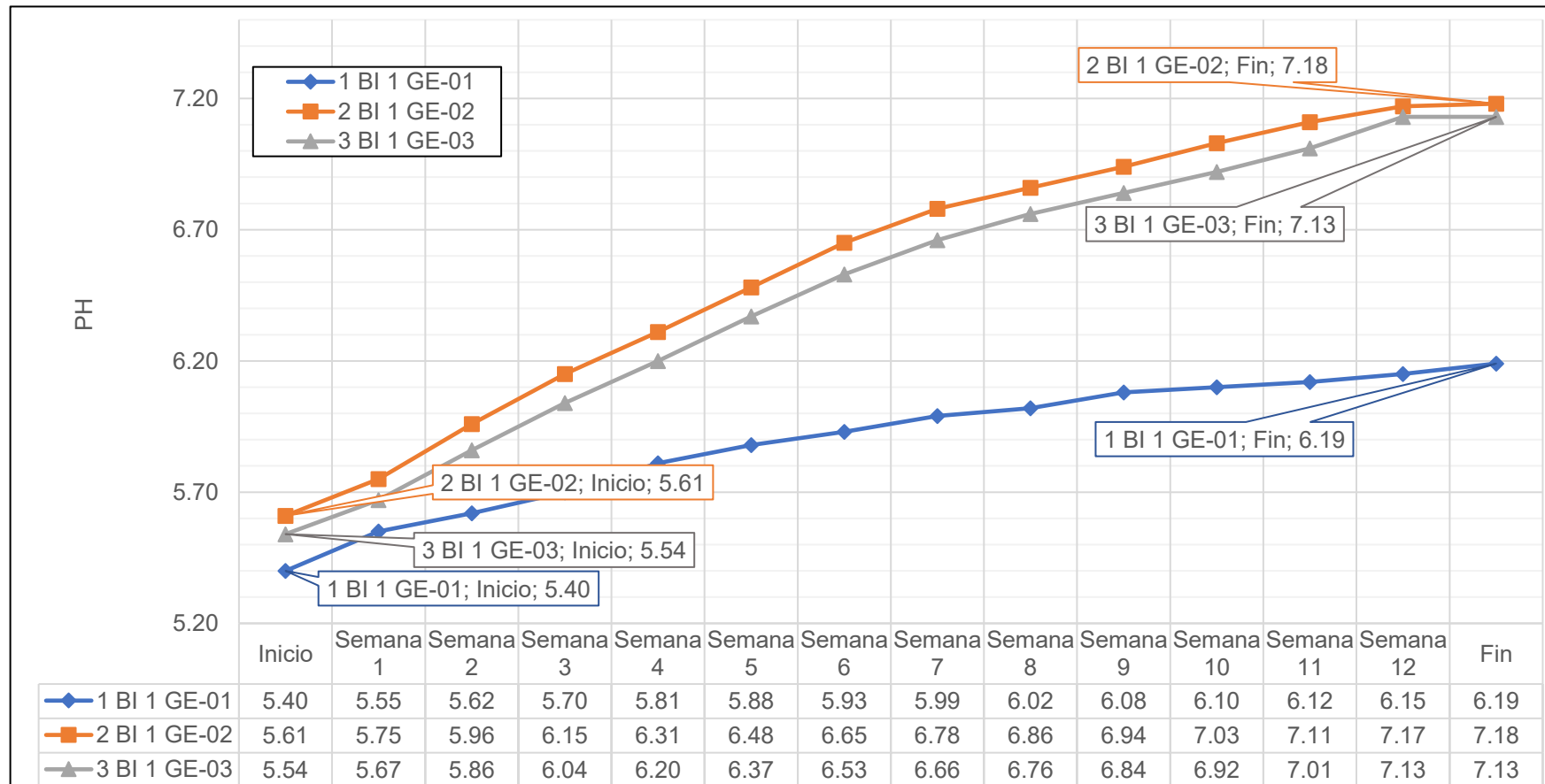
N°	Fecha	Hora	# Biodigestor	pH	Conductividad Eléctrica (dS/m)	Temperatura Ambiental (°C)		Temperatura media (°C)	Semana	Material añadido - H ₂ O (L)
						Max	Min			
1	14/11/2024	09:34	BI 1 GE - 01	5.40	8.25	27.4	15.3	21.35	Activación de los Biodigestores	-
			BI 1 GE - 02	5.61	9.83					
			BI 1 GE - 03	5.54	12.80					
2	21/11/2024	11:05	BI 1 GE - 01	5.55	11.50	23.1	16.4	19.75	1	-
			BI 1 GE - 02	5.75	13.41					
			BI 1 GE - 03	5.67	15.42					
3	28/11/2024	10:41	BI 1 GE - 01	5.62	12.30	24.6	17.3	20.95	2	-
			BI 1 GE - 02	5.96	14.25					
			BI 1 GE - 03	5.86	17.09					
4	5/12/2024	11:30	BI 1 GE - 01	5.70	14.30	26.7	17.8	22.25	3	-
			BI 1 GE - 02	6.15	15.11					
			BI 1 GE - 03	6.04	18.01					
5	12/12/2024	16:01	BI 1 GE - 01	5.81	15.32	26.9	14.2	20.55	4	10 Litros
			BI 1 GE - 02	6.31	16.11					
			BI 1 GE - 03	6.20	18.23					
6	19/12/2024	09:07	BI 1 GE - 01	5.88	14.45	25.2	14.3	19.75	5	-
			BI 1 GE - 02	6.48	15.24					
			BI 1 GE - 03	6.37	18.01					
7	26/12/2024	10:33	BI 1 GE - 01	5.93	13.24	25.5	17.9	21.7	6	-

			BI 1 GE - 02	6.65	14.83					
			BI 1 GE - 03	6.53	17.91					
			BI 1 GE - 01	5.99	12.10					
8	2/01/2025	15:29	BI 1 GE - 02	6.78	14.55	21.8	15.3	18.55	7	-
			BI 1 GE - 03	6.66	17.85					
			BI 1 GE - 01	6.02	12.08					
9	9/01/2025	10:01	BI 1 GE - 02	6.86	14.37	21.1	15.7	18.4	8	10 Litros
			BI 1 GE - 03	6.76	17.80					
			BI 1 GE - 01	6.08	11.99					
10	16/01/2025	16:30	BI 1 GE - 02	6.94	14.26	28.4	14.8	21.6	9	-
			BI 1 GE - 03	6.84	17.78					
			BI 1 GE - 01	6.10	11.99					
11	23/01/2025	12:31	BI 1 GE - 02	7.03	14.20	23.3	14.7	19.0	10	-
			BI 1 GE - 03	6.92	17.74					
			BI 1 GE - 01	6.12	11.98					
12	30/01/2025	16:32	BI 1 GE - 02	7.11	14.18	27.8	15.5	21.65	11	-
			BI 1 GE - 03	7.01	17.74					
			BI 1 GE - 01	6.15	11.98					
13	6/02/2025	17:21	BI 1 GE - 02	7.17	14.18	28.3	14.2	21.25	12	-
			BI 1 GE - 03	7.13	17.72					
			BI 1 GE - 01	6.19	11.96					
14	13/02/2025	09:32	BI 1 GE - 02	7.18	14.18	26.0	15.1	20.55	Culminación del cultivo proyectado	-
			BI 1 GE - 03	7.13	17.72					

Nota. En esta tabla se muestran los apuntes y datos tomados para las muestras de biol de 1 ra Generación.

ANEXO 7

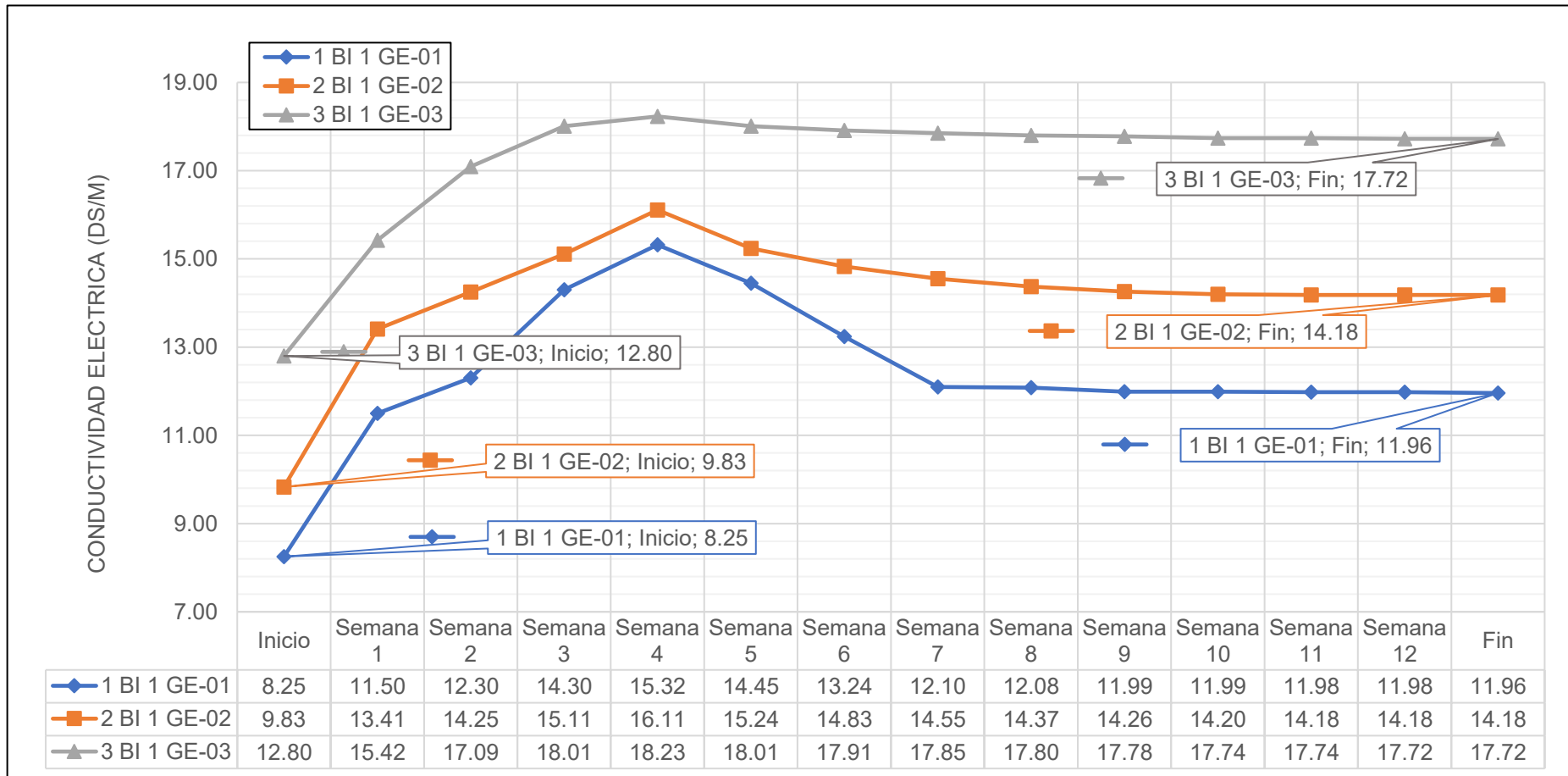
VARIACIÓN DEL PH EN BI 1 GE



Nota. En este gráfico se muestra la curva de variación del pH para el biol de 1 ra Generación.

ANEXO 8

VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN BI 1 GE



Nota. En este gráfico se muestra la curva de variación de la Conductividad eléctrica para el biol de 1 ra Generación.

ANEXO 9

REGISTRO DE VALORES DE LOS PARÁMETROS DEL BI 2 GE (PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y TEMPERATURA)

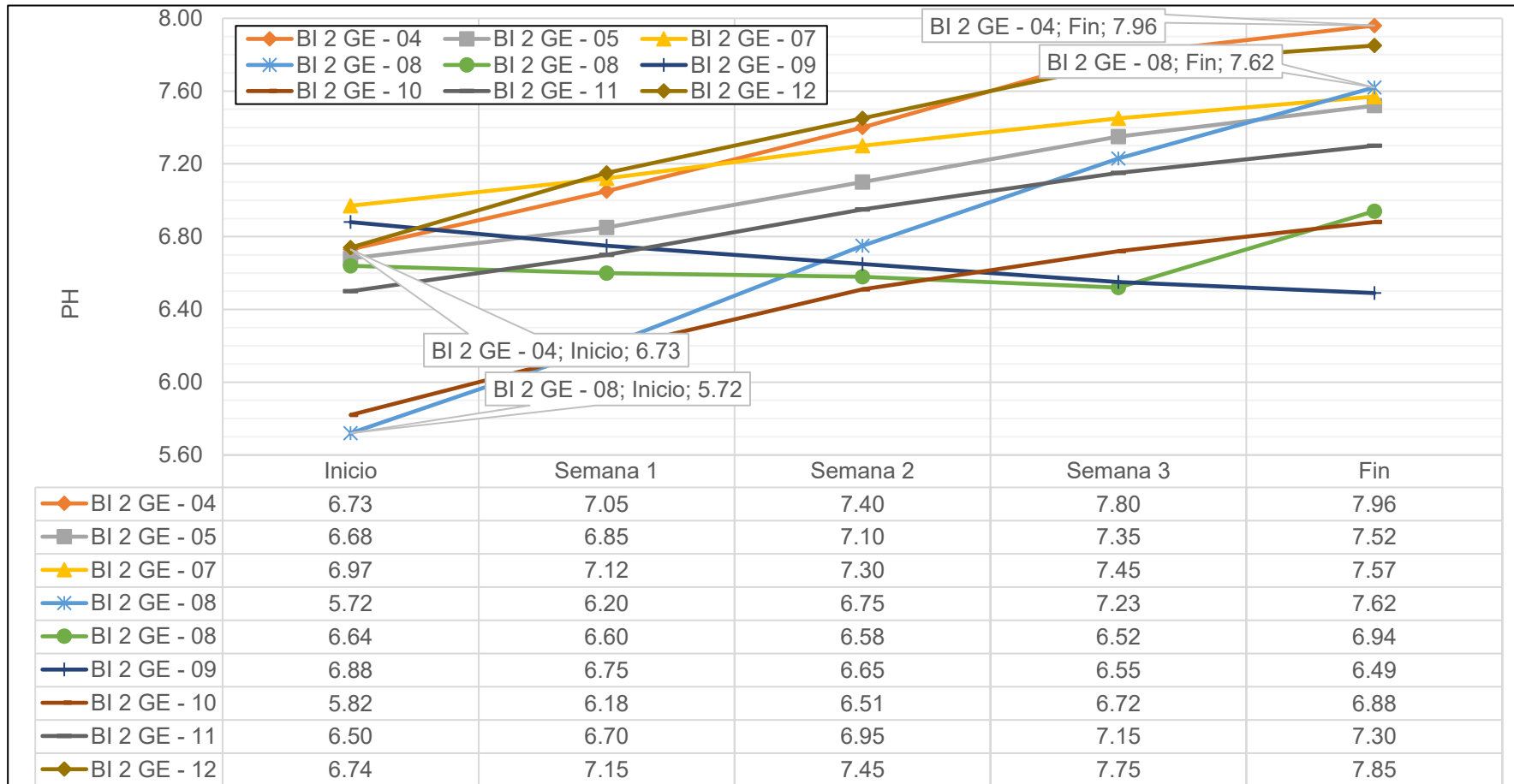
N°	Fecha	Hora	# Biodigestor	pH	Conductividad Eléctrica (dS/m)	Temperatura Ambiental (°C)		Temperatura media (°C)	Semana	Material añadido - H ₂ O (L)
						Max	Min			
1	31/03/2025	09:34	BI 2 GE - 04	6.73	12.31	27.7	17.2	22.45	Activación de los Biodigestores	-
			BI 2 GE - 05	6.68	12.08					
			BI 2 GE - 06	6.97	12.25					
			BI 2 GE - 07	5.72	14.22					
			BI 2 GE - 08	6.64	14.41					
			BI 2 GE - 09	6.88	14.12					
			BI 2 GE - 10	5.82	17.81					
			BI 2 GE - 11	6.50	17.70					
2	7/04/2025	10:34	BI 2 GE - 12	6.74	17.79	28.1	15.4	21.75	1	-
			BI 2 GE - 04	7.05	13.05					
			BI 2 GE - 05	6.85	12.91					
			BI 2 GE - 06	7.12	12.50					
			BI 2 GE - 07	6.20	14.22					
			BI 2 GE - 08	6.60	14.79					
			BI 2 GE - 09	6.75	14.38					
			BI 2 GE - 10	6.18	17.81					
3	14/04/2025	11:34	BI 2 GE - 11	6.70	16.62	24.4	16.5	20.45	2	-
			BI 2 GE - 12	7.15	16.79					
			BI 2 GE - 04	7.40	13.05					
			BI 2 GE - 05	7.10	13.74					

			BI 2 GE - 06	7.30	12.75					
			BI 2 GE - 07	6.75	14.55					
			BI 2 GE - 08	6.58	15.17					
			BI 2 GE - 09	6.65	14.64					
			BI 2 GE - 10	6.51	16.87					
			BI 2 GE - 11	6.95	15.55					
			BI 2 GE - 12	7.45	15.79					
			BI 2 GE - 04	7.80	13.80					
			BI 2 GE - 05	7.35	14.57					
			BI 2 GE - 06	7.45	13.00					
			BI 2 GE - 07	7.23	14.88					
4	21/04/2025	12:34	BI 2 GE - 08	6.52	15.56	27.7	15.3	21.5	3	-
			BI 2 GE - 09	6.55	14.91					
			BI 2 GE - 10	6.72	15.93					
			BI 2 GE - 11	7.15	14.48					
			BI 2 GE - 12	7.75	14.78					
			BI 2 GE - 04	7.96	15.24					
			BI 2 GE - 05	7.52	15.40					
			BI 2 GE - 06	7.57	13.18					
			BI 2 GE - 07	7.62	15.51					
5	28/04/2025	13:34	BI 2 GE - 08	6.94	15.95	26.3	17.0	21.65	Culminación del cultivo proyectado	-
			BI 2 GE - 09	6.49	15.18					
			BI 2 GE - 10	6.88	14.04					
			BI 2 GE - 11	7.30	13.43					
			BI 2 GE - 12	7.85	13.77					

Nota. En esta tabla se muestran los apuntes realizados para los parámetros (pH, conductividad eléctrica y temperatura) del biol de 2 da Generación.

ANEXO 10

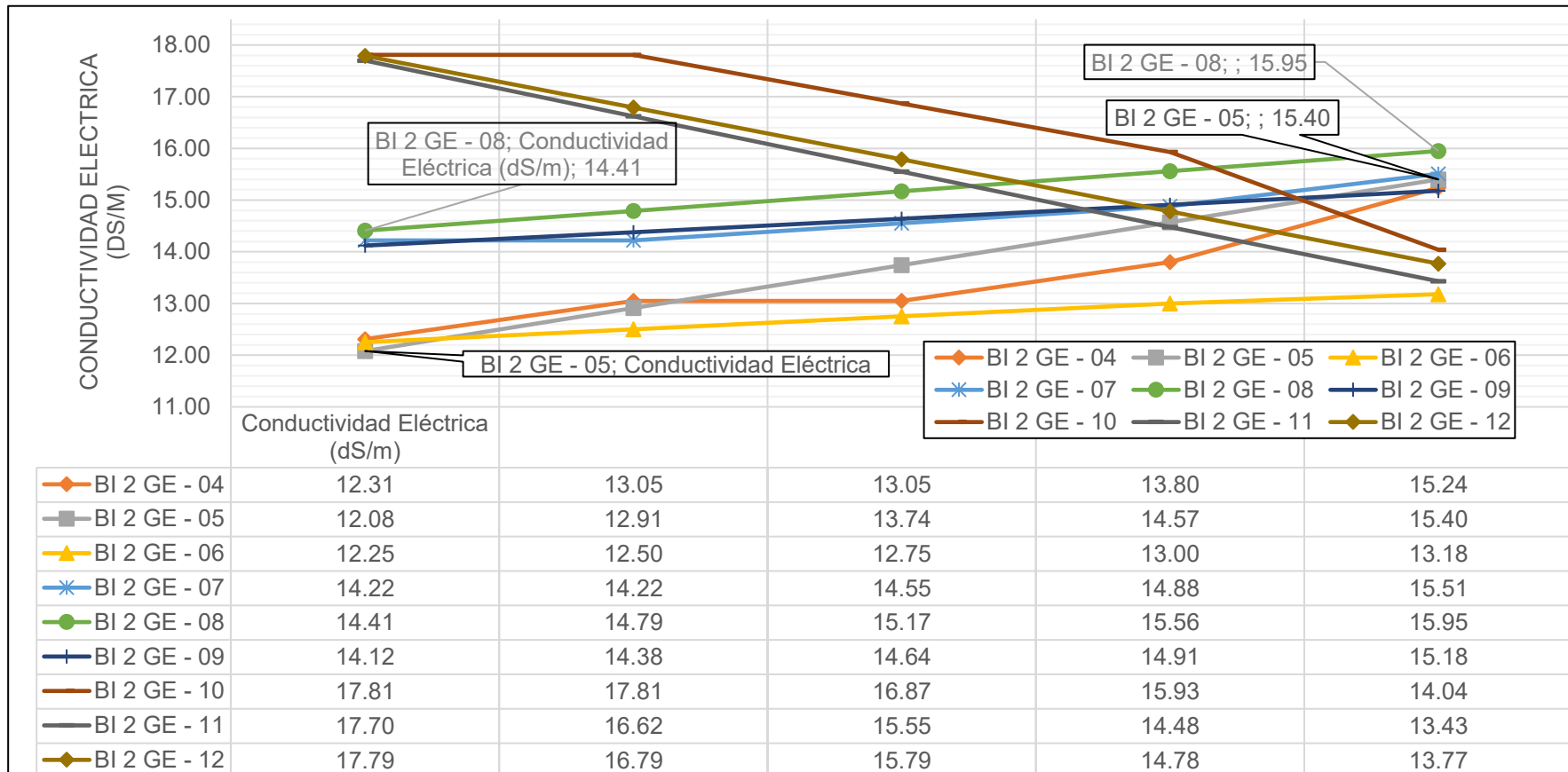
VARIACIÓN DEL PH EN BI 2 GE



Nota. En este gráfico se muestra la variación de pH para el biol de 2 da generación.

ANEXO 11

VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN BI 2 GE



Nota. En este gráfico se muestra la variación de Conductividad eléctrica para el biol de 2 da generación.

ANEXO 12

ANÁLISIS DEL PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LAS DISOLUCIONES

N°	BIODIGESTOR	pH					
		D - 100%	D - 10%	D - 1%	D - 0.10%	D - 0.01%	D - 0%
1	BI 2 GE-04	7.96	7.74	7.52	7.30	7.08	6.72
2	BI 2 GE-05	7.52	7.28	7.06	6.84	6.74	6.72
3	BI 2 GE-06	7.57	7.35	7.13	6.91	6.79	6.72
4	BI 2 GE-07	7.62	7.39	7.17	6.95	6.83	6.72
5	BI 2 GE-08	6.94	6.96	6.98	7.00	7.02	6.72
6	BI 2 GE-09	6.49	6.51	6.53	6.55	6.57	6.72
7	BI 2 GE-10	6.88	6.90	6.92	6.94	6.96	6.72
8	BI 2 GE-11	7.30	7.03	6.76	6.73	6.72	6.72
9	BI 2 GE-12	7.85	7.66	7.47	7.28	7.09	6.72

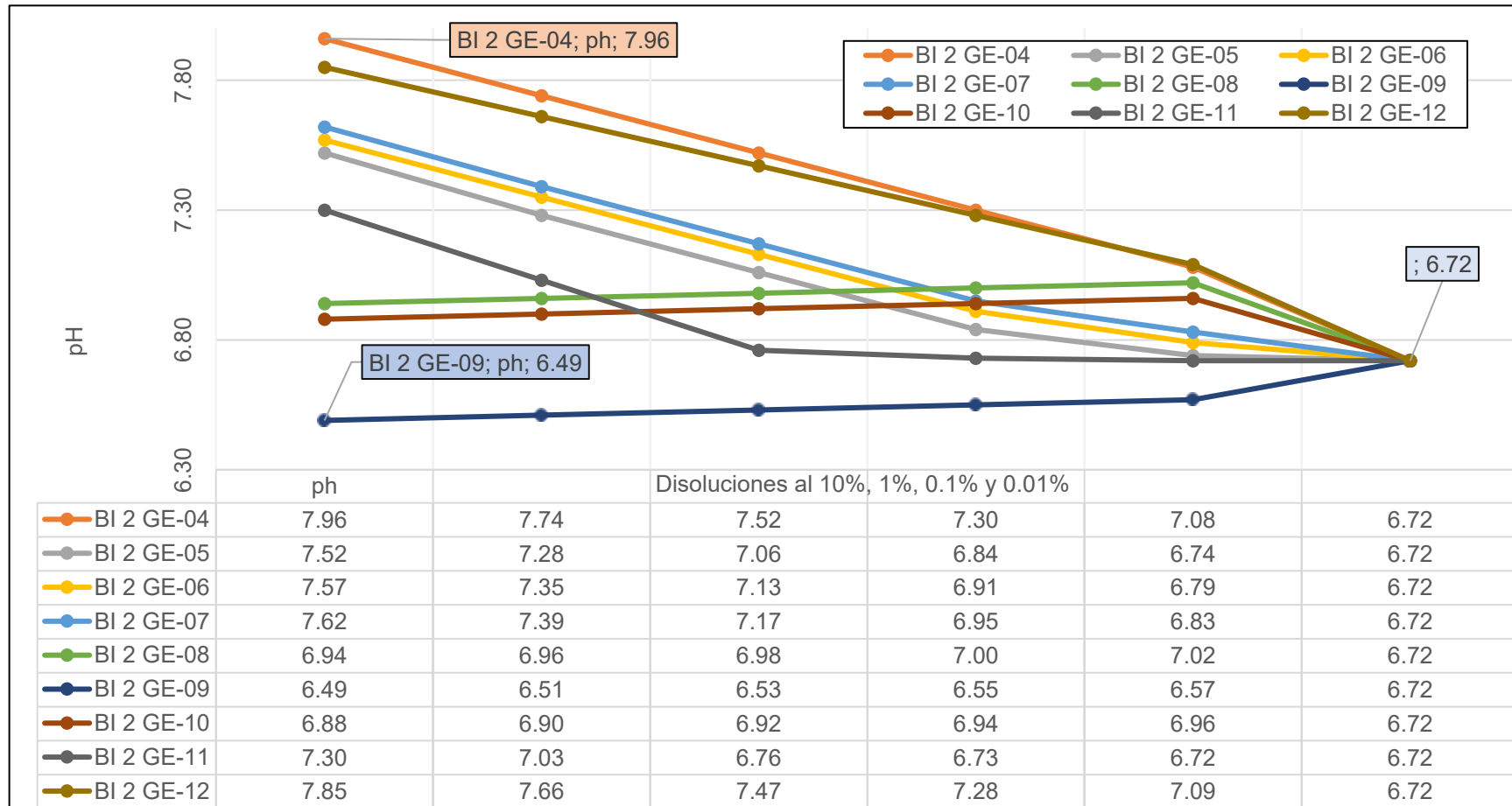
Nota. Para la muestra 100% se empleó el biol de manera pura y para el caso del 0% se empleó agua destilada.

N°	BIODIGESTOR	CE (dS/m)					
		D - 100%	D - 10%	D - 1%	D - 0.10%	D - 0.01%	D - 0%
1	BI 2 GE-04	15.240	1.623	0.195	0.062	0.040	0.039
2	BI 2 GE-05	15.400	1.658	0.202	0.066	0.040	0.039
3	BI 2 GE-06	13.180	1.352	0.163	0.049	0.039	0.039
4	BI 2 GE-07	15.510	1.586	0.192	0.053	0.040	0.039
5	BI 2 GE-08	15.950	1.634	0.199	0.054	0.040	0.039
6	BI 2 GE-09	15.180	1.552	0.188	0.052	0.039	0.039
7	BI 2 GE-10	14.040	1.438	0.174	0.050	0.039	0.039
8	BI 2 GE-11	13.430	1.372	0.166	0.049	0.039	0.039
9	BI 2 GE-12	13.770	1.401	0.171	0.050	0.039	0.039

Nota. Para la muestra 100% se empleó el biol de manera pura y para el caso del 0% se empleó agua destilada.

ANEXO 13

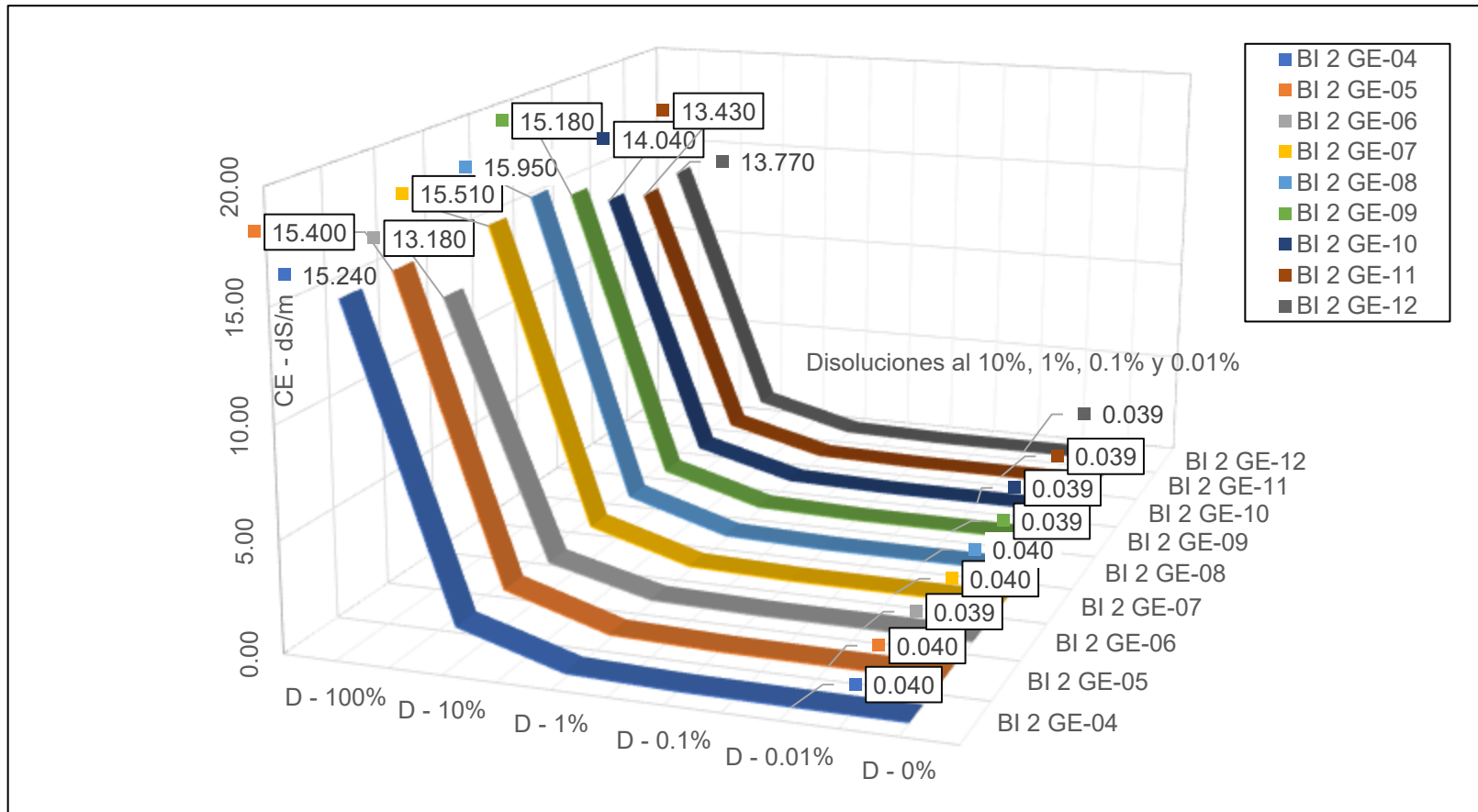
VARIACIÓN DEL PH EN DISOLUCIONES – BI 2 GE



Nota: En la gráfica se muestra la tendencia de alcanzar el pH neutro en todas las disoluciones.

ANEXO 14

VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN DISOLUCIONES – BI 2 GE



Nota: En la gráfica se muestra la tendencia de alcanzar el pH neutro en todas las disoluciones.

ANEXO 15

ENSAYO DE FITOTOXICIDAD EN SEMILLAS DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA) - ÍNDICE DE GERMINACIÓN RELATIVA E ÍNDICE DE FITOTOXICIDAD TOTAL (IFT %)

Disolución (%)	N° Semillas Sembradas	N° Semillas Germinadas	% Germinación	Germinación Relativa de Semillas (GRS%)	Longitud Promedio de Raíz (cm)	Índice de Germinación Relativa (IGR %)	Índice de Elongación Relativa (IER %)	Índice de Fitotoxicidad Total (IFT %)
H ₂ O (d)	20	19	95	100.00%	1.34	100.00%	100.00%	0.00%
BI 2 GE - 04								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	5	25	26.32%	0.66	12.96%	49.25%	87.04%
1%	20	9	45	47.37%	0.86	30.40%	64.18%	69.60%
0.1%	20	12	60	63.16%	0.94	44.30%	70.15%	55.70%
0.01%	20	15	75	78.95%	1.10	64.81%	82.09%	35.19%
BI 2 GE - 05								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	8	40	42.11%	0.56	17.60%	41.79%	82.40%
1%	20	11	55	57.89%	0.70	30.24%	52.24%	69.76%
0.1%	20	14	70	73.68%	0.96	52.79%	71.64%	47.21%
0.01%	20	16	80	84.21%	1.00	62.84%	74.63%	37.16%

BI 2 GE - 06								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	4	20	21.05%	0.45	7.07%	33.58%	92.93%
1%	20	8	40	42.11%	0.56	17.60%	41.79%	82.40%
0.1%	20	12	60	63.16%	0.80	37.71%	59.70%	62.29%
0.01%	20	13	65	68.42%	1.04	53.10%	77.61%	46.90%

BI 2 GE - 07								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	4	20	21.05%	0.30	4.71%	22.39%	95.29%
1%	20	8	40	42.11%	0.46	14.45%	34.33%	85.55%
0.1%	20	10	50	52.63%	0.54	21.21%	40.30%	78.79%
0.01%	20	13	65	68.42%	0.86	43.91%	64.18%	56.09%

BI 2 GE - 08								
100%	20	0	0	0.00%	0.0	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	8	40	42.11%	0.6	19.48%	46.27%	80.52%
1%	20	11	55	57.89%	0.8	32.84%	56.72%	67.16%
0.1%	20	14	70	73.68%	0.9	51.69%	70.15%	48.31%
0.01%	20	16	80	84.21%	1.0	65.36%	77.61%	34.64%

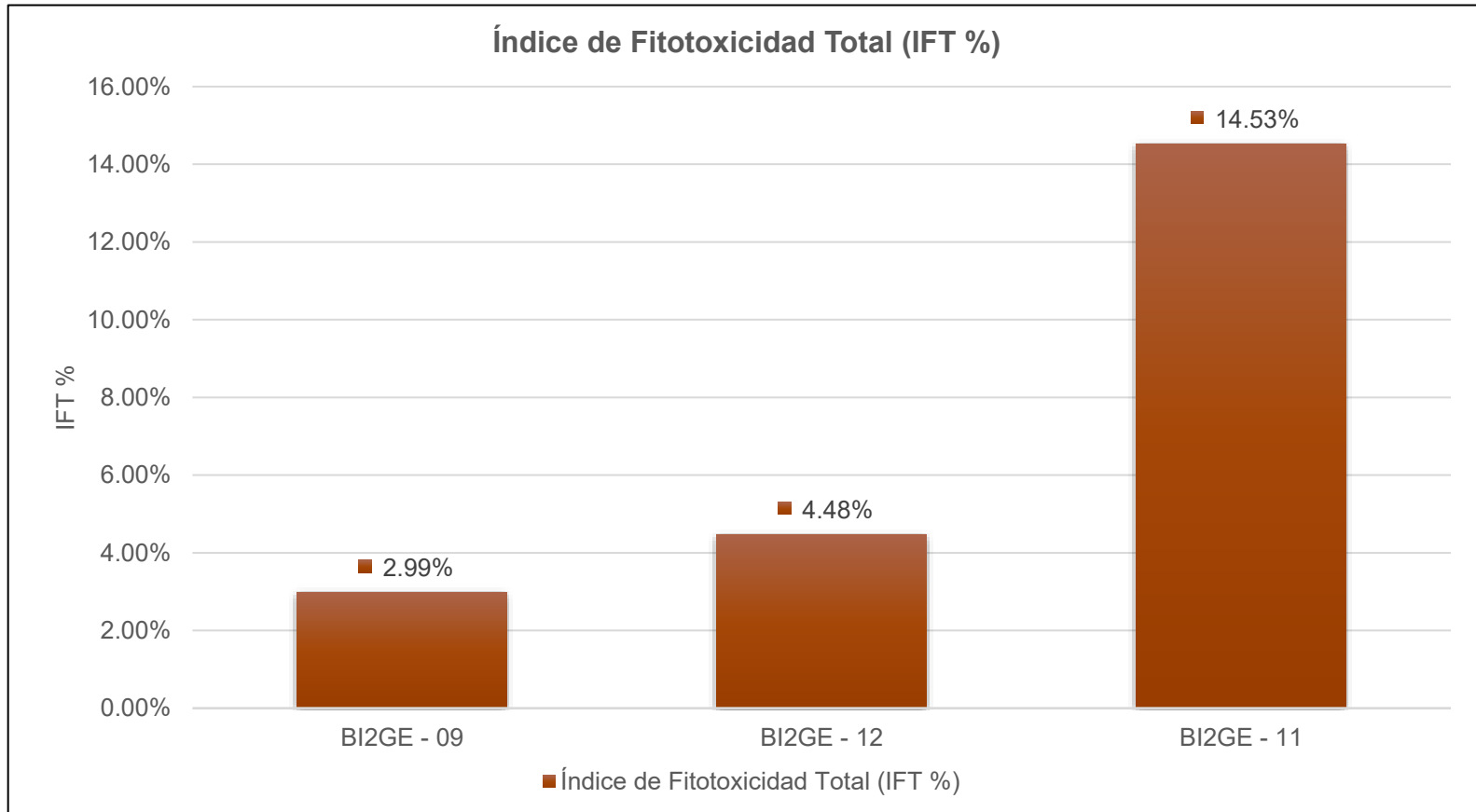
BI 2 GE - 09								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	11	55	57.89%	0.82	35.43%	61.19%	64.57%
1%	20	14	70	73.68%	1.10	60.49%	82.09%	39.51%

0.1%	20	16	80	84.21%	1.20	75.41%	89.55%	24.59%
0.01%	20	19	95	100.00%	1.30	97.01%	97.01%	2.99%
BI 2 GE - 10								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	9	45	47.37%	0.78	27.57%	58.21%	72.43%
1%	20	12	60	63.16%	0.96	45.25%	71.64%	54.75%
0.1%	20	15	75	78.95%	1.18	69.52%	88.06%	30.48%
0.01%	20	17	85	89.47%	1.26	84.13%	94.03%	15.87%
BI 2 GE - 11								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	7	35	36.84%	0.60	16.50%	44.78%	83.50%
1%	20	10	50	52.63%	0.94	36.92%	70.15%	63.08%
0.1%	20	12	60	63.16%	1.06	49.96%	79.10%	50.04%
0.01%	20	17	85	89.47%	1.28	85.47%	95.52%	14.53%
BI 2 GE - 12								
100%	20	0	0	0.00%	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
10%	20	11	55	57.89%	0.80	34.56%	59.70%	65.44%
1%	20	14	70	73.68%	1.00	54.99%	74.63%	45.01%
0.1%	20	16	80	84.21%	1.14	71.64%	85.07%	28.36%
0.01%	20	19	95	100.00%	1.28	95.52%	95.52%	4.48%

Nota. Resultados obtenidos a partir de las diferentes disoluciones de biol (100% a 0.01%) para las 09 muestras de biol de 2 da Generación.

ANEXO 16

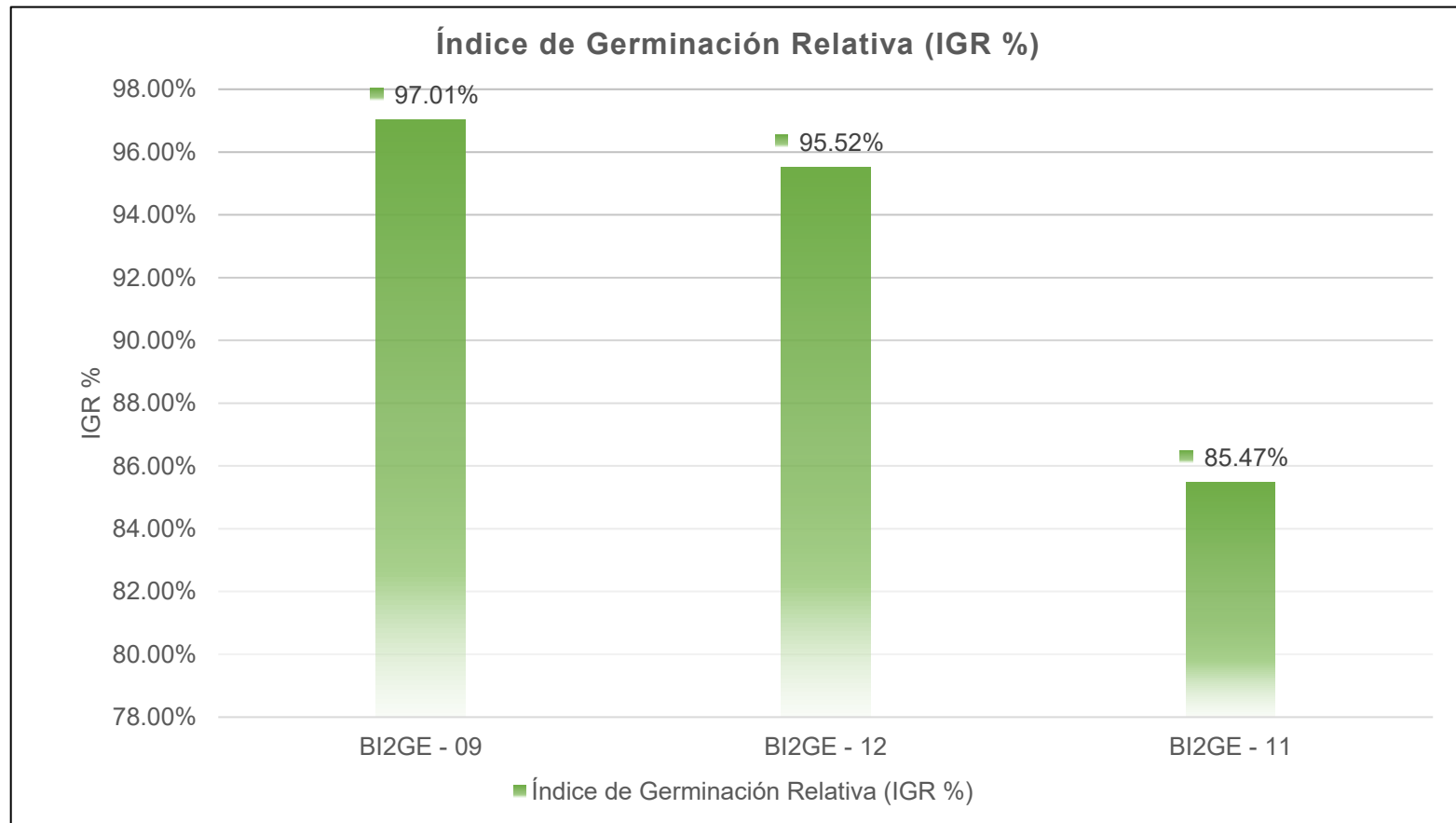
IFT TOTAL (%) - TOP 3 BIOLES CON MENOR FITOTOXICIDAD AL 0.01%



Nota. Del gráfico de barra se evidencia las 03 muestras de biol con menos índice de fitotoxicidad (IFT%)

ANEXO 17

IGR (%) - TOP 3 BIOLES CON MAYOR GERMINACIÓN AL 0.01%



Nota. Del gráfico de barra se evidencia las 03 muestras de biol con mayor índice de germinación relativa (IGR%)

ANEXO 18

INFORME DE ANÁLISIS DEL LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA										Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología											
										ANÁLISIS ESPECIAL											
1. DATOS																					
SOLICITANTE:					JARRY LUIS ANTONIO CRUZ TOCTO					MUESTREADO POR:					EL SOLICITANTE						
DEPARTAMENTO:					HUANUCO					FECHA DE REPORTE:					28/02/2025						
PROVINCIA:					HUANUCO					RECIBO N°:					4901243						
DISTRITO:					HUANUCO					PROYECTO:					"EFECTIVIDAD DEL BIOGESTOR BATCH CON Lactobacillus bulgaricus y Saccharomyces cerevisiae" PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTERCOL DE GALLINA Y CUI. HUANUCO 2025"						
MUESTRA:					BIOL																
2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO																					
DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE HUMEDA																	
Código	Dato	Densidad (g/mL)	PH	T (°C)	CE (dS/m)	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (mg/L)	C/N	P ₂ O ₅ (mg/L)	Ca (g/L)	K (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	
BI1GE - 01	BIOL 1	1.72	6.20	22.80	11.82	98.6502	1.3498	0.6524	0.6974	952	3.54	298.11	1.696	2822.65	7.73	28.33	1.46	5.83	0.032	0.85	
BI1GE - 02	BIOL 2	1.32	7.20	22.50	14.11	98.2942	1.7058	0.8150	0.8908	1008	4.23	317.28	1.930	2950.77	13.03	50.89	1.66	4.68	0.022	0.64	
BI1GE - 03	BIOL 3	1.45	7.17	22.50	14.79	98.2316	1.7684	0.7579	1.0105	997	4.43	407.88	1.903	5477.09	10.67	34.93	1.66	3.01	0.023	0.59	
<p style="font-size: small;">Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.</p> <p style="font-size: x-small;">Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p>																					
 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA Tingo Maria										 DR. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología											
																					
Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria										analisis@suelosunas@hotmail.com										CELULAR 944407533	

Nota. Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la UNAS.



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	JARRY LUIS ANTONIO CRUZ TOCTO	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	16/05/2025
PROVINCIA:	HUANUCO	RECIBO N°	1200141
DISTRITO:	HUANUCO	PROYECTO:	"EFECTIVIDAD DEL BIODIGESTOR BATCH CON "Lactobacillus Acidicus y Saccharomyces Cerevisiae" PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTERCOL DE GALLINA Y CUY, HUÁNUCO 2025"
MUESTRA:	BIOL		

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA			RESULTADOS EN BASE HUMEDA																	
Código	Dato	Densidad (g/mL)	PH	T (°C)	CE (dS/m)	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (mg/L)	C/N	P ₂ O ₅ (mg/L)	Ca (mg/L)	K (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)
BI2GE - 04	BIOL 4	1.35	7.96	24.60	13.24	98.6614	1.0518	0.5524	0.4994	971	2.71	305.65	1.334	2823.87	7.83	28.43	1.46	5.83	0.033	0.84
BI2GE - 05	BIOL 5	1.30	7.52	24.60	15.40	98.7143	1.2583	0.7150	0.5433	1014	3.10	309.11	1.279	2828.64	7.88	28.64	1.47	5.85	0.033	0.85
BI2GE - 06	BIOL 6	1.26	7.57	24.60	13.18	98.3031	1.1581	0.6216	0.5365	1002	2.98	302.04	1.247	2825.15	7.74	28.57	1.46	5.83	0.032	0.85
BI2GE - 07	BIOL 7	1.23	7.62	24.30	15.51	98.5402	1.2824	0.5833	0.6991	1002	3.20	329.74	1.785	2953.55	13.11	50.94	1.66	5.83	0.023	0.63
BI2GE - 08	BIOL 8	1.18	6.94	24.30	15.95	98.6452	1.3806	0.6684	0.7122	1010	3.42	335.56	1.737	2955.12	13.93	51.04	1.67	5.84	0.024	0.64
BI2GE - 09	BIOL 9	1.12	6.49	24.30	15.18	98.3274	1.4053	0.6547	0.7506	1004	3.50	325.88	1.645	2925.11	13.45	51.01	1.67	5.83	0.024	0.64
BI2GE - 10	BIOL 10	1.27	6.88	24.30	14.04	98.5882	1.3138	0.5687	0.7451	996	3.30	418.21	1.666	5477.10	10.81	34.98	1.66	5.83	0.023	0.59
BI2GE - 11	BIOL 11	1.15	7.30	24.30	13.43	98.7041	1.4502	0.6724	0.7778	1013	3.58	410.54	1.501	5481.21	11.01	35.14	1.66	5.84	0.024	0.60
BI2GE - 12	BIOL 12	1.08	7.85	24.20	13.77	98.2854	1.4447	0.6363	0.8084	1008	3.58	414.30	1.416	5478.87	10.77	35.08	1.66	5.83	0.023	0.59

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María


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




ANEXO 19 CADENA DE CUSTODIA





CADENA DE CUSTODIA




SOLICITANTE: JORDY LUIS ANTONIO GARCIA TORO **TELÉFONO:** 941 95170 **COD. ALUMNO N°:** 20151600B2
DIRECCIÓN: CALLE SAN MIGUEL N° 276 - LA CAJUNA **FIRMA:** 
CONTACTO: # 941 95170 - jorgeluis@lidlh.com

PROYECTO: EFECTIVIDAD DEL BIOGESTOR BATCH CON *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae* PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTIERCO DE GALLINA Y CUY, HUÁNUCO 2025

CÓDIGO	FECHA	HORA	N° DE FRASCOS	VOLUMEN TOTAL (ML)	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS													PARÁMETROS BIOLÓGICOS						
					pH	Conductividad eléctrica	Nitrogeno	Materia Orgánica	Relación C/N	Fosforo	Potasio	Hierro	Cobalto	Zinc	Manganeso	Cromo	Plomo	Cadmio	Enumeración de coliformes totales	Enumeración de Coliformes fecales	Enumeración de Escherichia coli	Detección de Salmonella sp. en 25 ml.		
B124E-01	14/02/25	3:40 pm	01	300 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B124E-02	14/02/25	3:40 pm	01	300 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B124E-03	14/02/25	3:40 pm	01	300 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
SUB TOTAL				8,100 ml																				
PRESERVANTE AGREGADO																								

	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	INSTITUCIÓN	FIRMA	FECHA	HORA	MUESTRAS RECIBIDAS	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	COMENTARIOS
ENTREGADO POR:	JORDY LUIS A. GARCIA TORO	TECNISTA	LIDH		14/02/25	3:40 pm	TIPO DE RECIPIENTE ADECUADO	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	Toda muestra en la refrigeración
RECIBIDO POR:	GILBER PILTON NEIRA TRUJILLO	BOY SC LAB	UNAS INSAE		14/02/25	10:00 am	MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO DE ANALISIS CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	



Nota. Elaboración a partir de DIGESA/DILAB REV 06/05.

CADENA DE CUSTODIA

SOLICITANTE: JARRY LUIS ANTONIO CRUZ TOCO
 DIRECCION: CALLE SAN MIGUEL N° 256 - LA LAGUNA
 CONTACTO: # 941593170 - jarrycruz37@gmail.com

TELEFONO: 941593170 COD. ALUMNO N°: 2015/60082

FIRMA:

PROYECTO: "EFECTIVIDAD DEL BIODIGESTOR BATCH CON *Lactobacillus Bulgaricus* y *Saccharomyces Cerevisiae*" PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL. DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE ESTIERCOL DE GALLINA Y CUY, HUÁNUCO 2025"

CÓDIGO	FECHA	HORA	N° DE FRASCOS	VOLUMEN TOTAL (ML)	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS														PARÁMETROS BIOLÓGICOS			
					pH	Conductividad eléctrica	Nitrógeno	Materia Orgánica	Relación C/N	Fosforo	Potasio	Hierro	Cobre	Zinc	Manganeso	Calcio	Plomo	Cadmio	Enumeración de coliformes totales	Enumeración de Coliformes fecales	Enumeración de Escherichia coli	Detección de Salmonella sp en 25 mL
B126E-04	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-05	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-06	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-07	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-08	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-09	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-10	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-11	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
B126E-12	05/05/25	10:30am	01	500 ml	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
SUB TOTAL				4,500 ml																		
PRESERVANTE AGREGADO					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	INSTITUCIÓN	FIRMA	FECHA	HORA	MUESTRAS RECIBIDAS	✓	NO	COMENTARIOS	
ENTREGADO POR:	JARRY LUIS A. CRUZ TOCO	RESISTA	UDH.		05/05/25	10:30 am	TIPO DE RECIPIENTE ADECUADO	✓	NO		TODO CONFORME LA RECEPCION
RECIBIDO POR:	GILMER HILTON NEIRA TRUJILLO	RESP. DE LAB.	UNAS LASAE		06/05/25	9:23 am	MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO DE ANALISIS	✓	NO		
							CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS:	✓	NO		



ANEXO 20

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Elección de los tanques para la fabricación de los biodigestores.



Elección de los materiales para la fabricación de los biodigestores.





Pesaje de excretas para la activación de los biodigestores.

Activación de los biodigestores de primera generación.





Toma de muestra de control de biol de primera generación. (Semana 4)



Obtención del biol de primera generación; rotulado para análisis de laboratorio. (Semana 12)



Análisis de resultados en los laboratorios de suelos, agua y ecología de la UNAS.

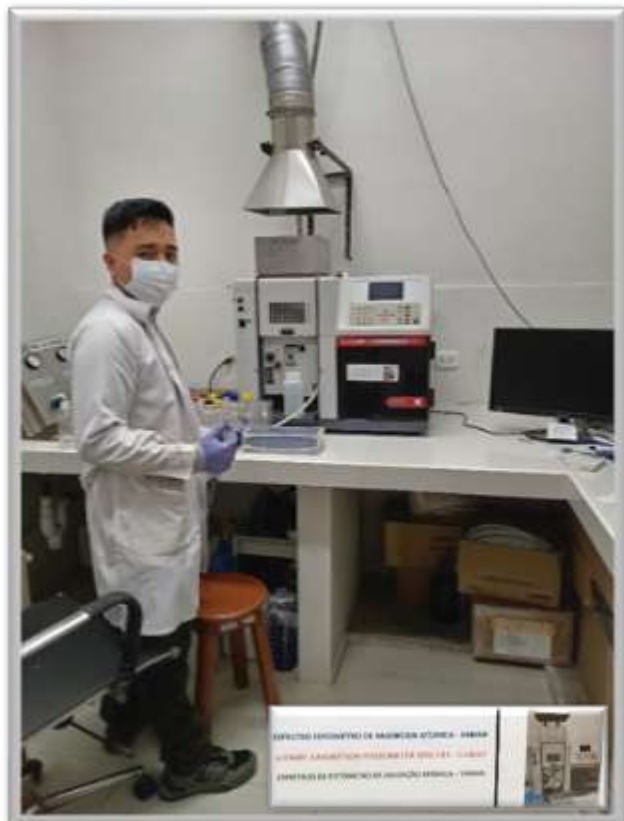
Medición de parámetros generales (peso y volumen total)





Medición de pH y conducti-
vidad eléctrica

Medición de parámetros quí-
micos y metales pesados en
el espectrofotómetro de ab-
sorción atómica (EAA).





Inicio de la etapa de segunda fermentación con la adición de las bacterias: “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae” – Supervisión del asesor



Inoculación de las bacterias “Lactobacillus Bulgaricus y Saccharomyces Cerevisiae”

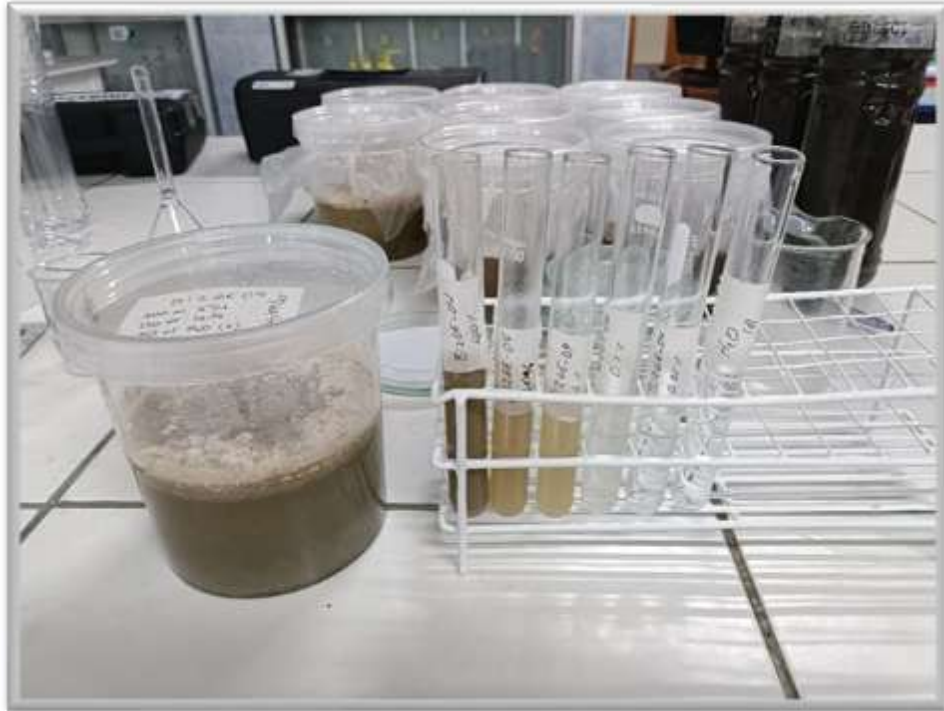


Activación de los biodigestores de segunda generación



Toma de muestra de control de biol de segunda generación – Semana 2. (Caso BI 2 GE - 06)

Disoluciones al 100%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01% y 0% para los bioles de segunda generación. (Caso BI 2 GE - 04)



Supervisión del jurado en la etapa de elaboración de disoluciones para los bioles de segunda generación.

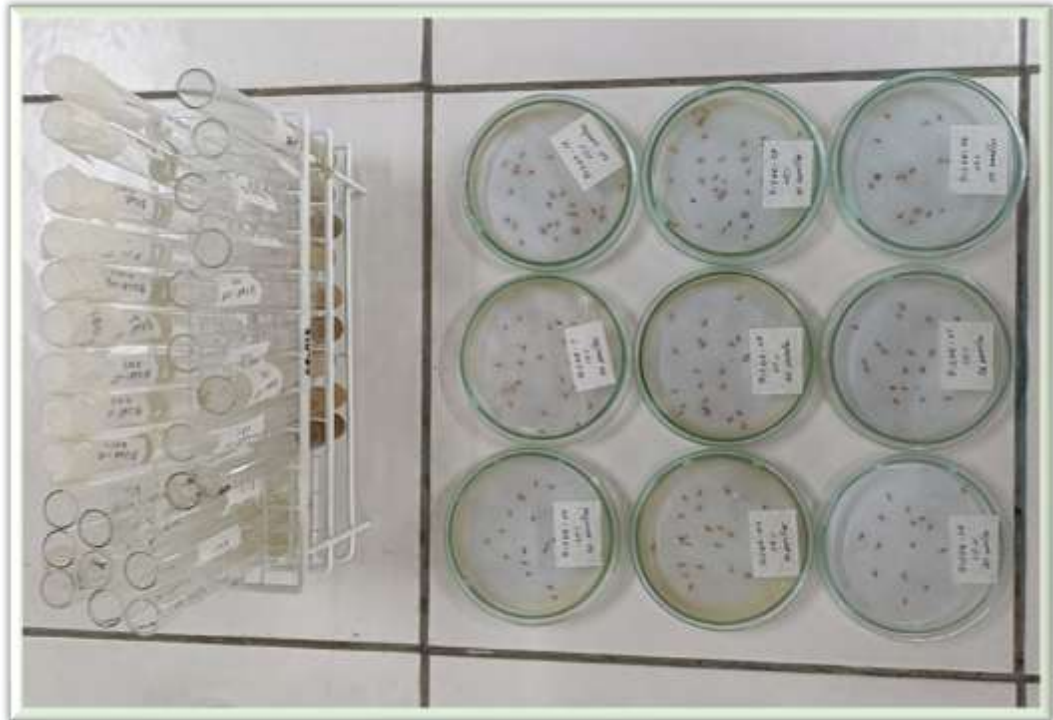


Instrumentos para la realización del ensayo de fitotoxicidad de los bioles de segunda generación.



Ensayo de fitotoxicidad al 100% y 0% del biol de segunda Generación en semillas de *Lactuca Sativa*





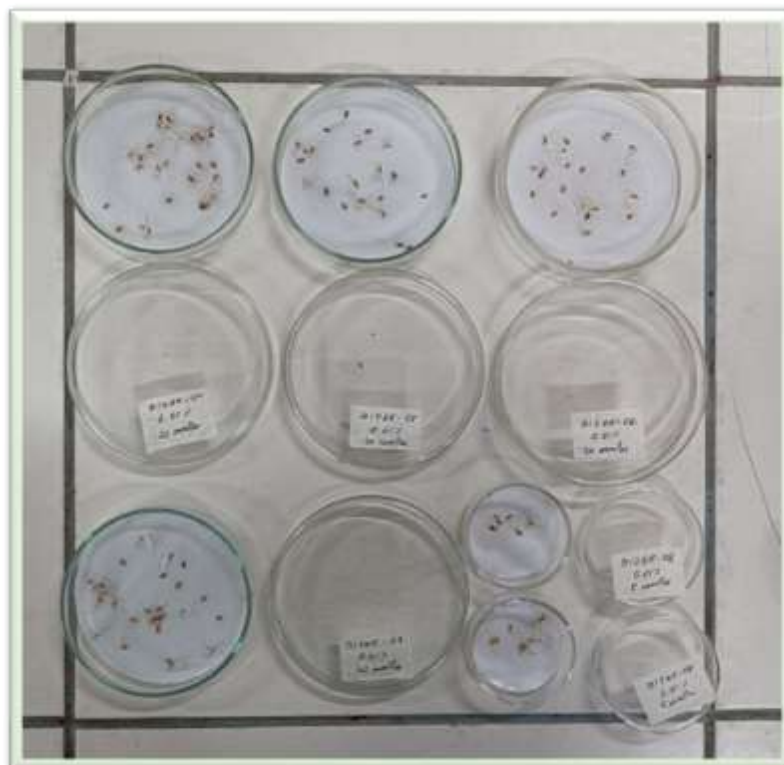
Ensayo de fitotoxicidad al 10% en semillas de *Lactuca Sativa*.



Ensayo de fitotoxicidad al 1% en semillas de *Lactuca Sativa*.



Ensayo de fitotoxicidad al 0.1% en semillas de *Lactuca Sativa*.



Ensayo de fitotoxicidad al 0.01% en semillas de *Lactuca Sativa*.