

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas

Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES PROPORCIONES DE
COMPONENTES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOL SOBRE BIOGÁS
UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES RECOLECTADOS DE PARQUES
DE AREQUIPA”**

Tesis Presentada por los Bachilleres:

Gallegos Llerena, Rodrigo Alonso

Bustos Urquiza, Rosa Virginia

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Biotecnólogo

Asesor:

Dr. Roque Rodríguez, Francisco Javier

AREQUIPA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas
y Biotecnológicas
Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica

Expediente N°. 2017000050638

N° Trámite en Fac. 365-2017
Fecha Recep. Fac. 09-11-2017

FORMATO UNICO PARA TRAMITACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

DE: **BUSTOS URQUIZO, Rosa Virginia**
GALLEGOS LLERENA, Rodrigo Alonso

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO BIOTECNOLOGO

"OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION DE UN FERTILIZANTE NATURAL (BIOL) SOBRE LA PRODUCCION DE BIOGAS A PARTIR DE DESECHOS ORGANICOS GENERADOS POR LA SUB GERENCIA DE GESTION AMBIENTAL DE LA MPA - AREQUIPA"

DICTAMINADORES: **Mgter. Roxana Bardales Álvarez** 2) **Ing. Cinthia Córdova Barrios**

DICTAMEN DE PLAN: Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación, el Jurado Dictaminador del Plan de Tesis informa que, hechas las observaciones y subsanadas las correcciones, sugerimos que el título debe cambiar a: **"EVALUACION DEL EFECTO DE DIFERENTES PROPORCIONES DE COMPONENTES EN LA PRODUCCION DE BIOL SOBRE BIOGAS UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES RECOLECTADOS DE PARQUES DE AREQUIPA"**, después de lo cual consideramos se encuentra APTO para continuar con el trámite de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad.

Atentamente

FIRMAS:  (Devolver antes de 8 días hábiles) FECHA

ASESOR: **Mgter. Francisco Roque Rodríguez**

DICTAMEN ASESORÍA: Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación como asesor del trabajo de investigación presentado por la recurrente, tengo a bien informar que se ha verificado el cumplimiento de los objetivos y redacción del informe con los resultados, discusión y conclusiones correspondientes por lo cual considero que se encuentra APTO para continuar con los trámites estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad

Atentamente


FIRMA:  FECHA 7/06/2015

DICTAMINADORES BORRADOR DE TESIS:

- 1) **Ing. Cinthia Córdova Barrios**
- 2) **Mgter. Roxana Bardales Álvarez**
- 3) **Ing. Willy Valdivia Carpio**

DICTAMEN FINAL: Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, atendiendo a su designación como Dictaminadores del presente Borrador de Tesis sugiriendo se cambie el título a: **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES PROPORCIONES DE COMPONENTES EN LA PRODUCCIÓN DEL BIOL SOBRE BIOGÁS UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES RECOLECTADOS DE PARQUES DE AREQUIPA"** y luego de hechas las observaciones y correcciones pertinentes, cumpliendo con las exigencias mínimas establecidas para un trabajo de investigación de Tesis profesional, por lo que consideramos APTO para continuar con los trámites estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad.

Atentamente

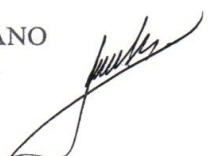
FIRMA:  (Devolver antes de 15 días hábiles) FECHA

JURADOS: PRESIDENTE **ING. CINTHIA CORDOVA BARRIOS**
VOCAL **MAG. ROXANA BARDALES ALVAREZ**
SECRETARIO **ING. WILLY VALDIVIA CAPIO**

FECHA 8/11/19 HORA 19.00 LOCAL C-402

FIRMA DEL DECANO

FECHA



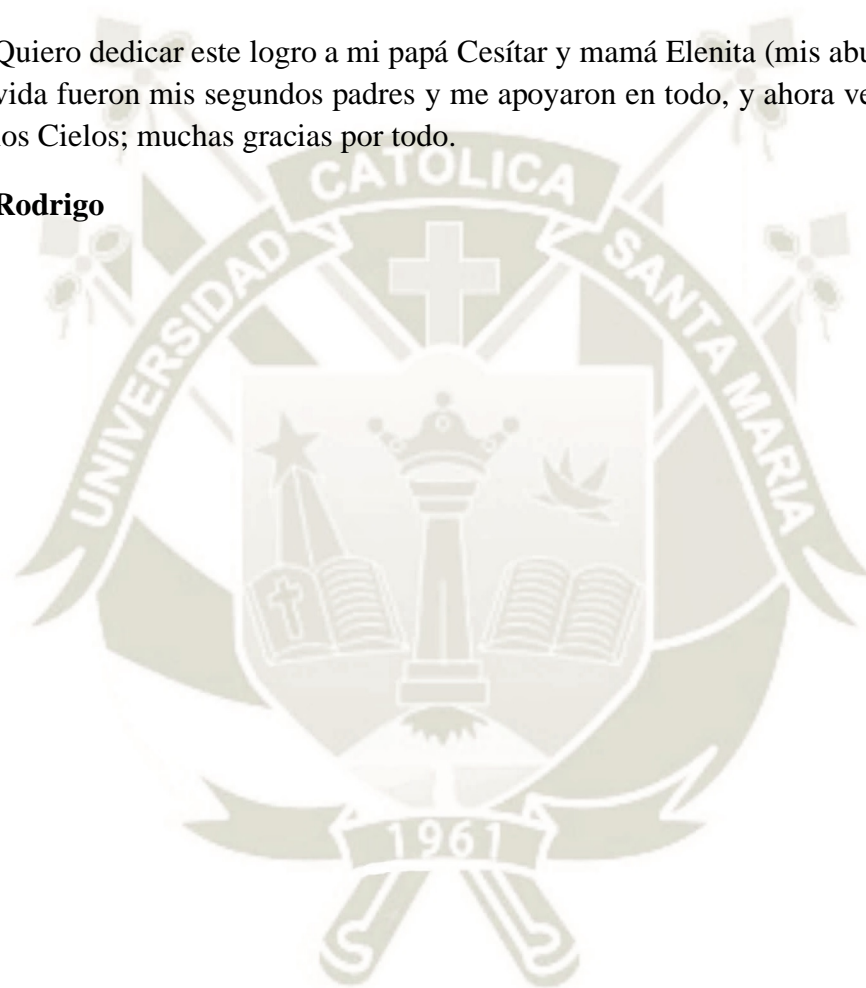
Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante, siempre sea perseverante y cumpla con mis metas trazadas.

Rosa

Quiero dedicar este logro a mi papá Cesítar y mamá Elenita (mis abuelos), quienes en vida fueron mis segundos padres y me apoyaron en todo, y ahora velan por mí desde los Cielos; muchas gracias por todo.

Rodrigo



Agradecimientos

A Dios por ponerme tantas pruebas en el camino a lo largo de mi vida, siempre guiar mis pasos y nunca dejarme caer por las circunstancias difíciles que he podido pasar.

A mis padres Eva y Manuel, por ser los principales motores de mis sueños, gracias por confiar y creer en mí todos los días de mi vida.

A mi mejor amigo Guillermo, que desde pequeños siempre nos hemos apoyado en todos los aspectos de nuestras vidas, gracias por ser como un hermano y estar ahí siempre que te necesito.

A mi abuelita Eva Felicitas, que desde muy pequeña con sus consejos y enseñanzas han hecho de mí una persona con valores y principios.

A nuestro asesor, Dr. Javier Roque Rodríguez por guiarnos en cada paso de nuestro proyecto de tesis.

Rosa

A mis padres, quienes fueron mi apoyo incondicional todo este tiempo, y ser el empuje principal para la realización de este logro.

A mis hermanos Gustavo y Gonzalo, uno por ser tranquilo y el otro por ser un buen bebé.

A mí tía Carmen, quien siempre estuvo pendiente del avance de este proyecto y haberme apoyado en todo lo posible.

A mi familia en general, por estar siempre pendientes de mí durante la realización de esta tesis.

A nuestro asesor, Dr. Javier Roque Rodríguez, por brindarnos su tiempo y guía en la realización de este proyecto.

A mis mejores amigos Sergio, Kevin, Luis Pablo y Bruno, por su amistad incondicional de años y palabras de apoyo durante el avance de este proyecto.

A Mafer, por brindarme su apoyo constante y buen humor todo este tiempo.

A nuestros jurados, Ing. Cinthia Córdova, Mgter. Roxana Bardales y el Ing. Willy Valdivia, por brindarnos sus sugerencias y consejos.

A mi mejor amiga Sandra, por estar siempre presente y por su apoyo infaltable durante estos años.

Rodrigo

Índice de Contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iv
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xii
Introducción	xiv
Objetivos	xvi
Objetivo General	xvi
Objetivos Específicos	xvi
Hipótesis	xvii
Capítulo I: Marco teórico	1
1.1 Vivero de la Municipalidad Provincial de Arequipa.....	1
1.1.1 Ubicación	1
1.1.2 Materia verde recolectada.....	2
1.2. Digestión Anaerobia.....	4
1.2.1. Concepto	4
1.2.2 Fases.....	6
1.2.3. Variables	9
1.3. Clasificación de los biodigestores anaeróbicos.....	12
1.4. Productos obtenidos de la digestión anaerobia	16
1.5. Biol	16
1.5.1. Concepto	16
1.5.2. Características generales	17
1.5.3. Composición	17
1.5.4. Aplicaciones	18
1.5.5. Ventajas.....	18
1.5.6. Desventajas	19
1.6. Biogás	19
1.6.1. Concepto	19
1.6.2. Características generales	20

1.6.3. Composición	20
1.6.4. Ventajas.....	20
1.6.5. Desventajas	20
1.6.6. Aplicaciones.....	21
1.7 Efecto del biol sobre las plantas	21
1.7.1 Requerimiento nutricional de la planta	21
1.7.2 Aplicación foliar del biol.....	22
1.8 Bioensayos de toxicidad.....	23
1.8.1 Germinación de semillas	24
1.8.2 Metodología	26
1.8.3 Características del maíz.....	28
Capítulo II: Materiales y Métodos	30
2.1. Lugar de ejecución	30
2.2. Materiales.....	30
2.2.1. Materiales biológicos	30
2.2.2. Materiales de laboratorio	30
2.2.3. Equipos, aparatos e instrumentos	31
2.2.4. Materiales varios	31
2.3. Métodos	31
2.3.1. Construcción y puesta en marcha de los biodigestores tipo Batch.....	31
2.3.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del biol.....	34
2.3.3. Análisis del biogás	34
2.3.4. Prueba del efecto del biol en semillas de maíz	34
Capítulo III: Resultados y discusión	37
3.1. Construcción y puesta en marcha de los biodigestores tipo Batch.....	37
3.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del biol.....	40
3.3. Análisis del biogás	47
3.4. Prueba del efecto del biol en semillas de maíz	52
Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones	58
4.1 Conclusiones	58
4.2. Recomendaciones.....	59
Referencias Bibliográficas.....	60
Anexos.....	63

Índice de Tablas

Tabla N°1. Comparación de las propiedades de las fases acidogénica y metanogénica	9
Tabla N°2. Intervalos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias	9
Tabla N°3. Sustancias inhibidoras del proceso de digestión anaerobia	11
Tabla N°4 . Propiedades fisicoquímicas del biol.....	17
Tabla N°5. Parámetros del biol	17
Tabla N°6. Aumento en el rendimiento de los cultivos en comparación con una parcela de control.....	19
Tabla N°7. Composición promedio del biogás.....	20
Tabla N°8. Macronutrientes y micronutrientes que requiere la planta.....	21
Tabla N°9. Velocidad de absorción foliar	23
Tabla N°10. Etapas de Germinación de las semillas	25
Tabla N°11. Condiciones recomendadas para las pruebas de toxicidad aguda.....	27
Tabla N°12. Requerimiento nutricional del maíz	28
Tabla N°13. Proporciones para cada biodigestor	33
Tabla N ° 14. Condiciones para evaluar el efecto de biol en la germinación y crecimiento de las plántulas de maíz	35
Tabla N°15. Cantidades de cada componente orgánico en relación a sus proporciones en litros	38
Tabla N°16. Densidades de los componentes orgánicos	38
Tabla N°17. Cantidades de cada componente orgánico para cada biodigestor en kilogramos	38
Tabla N°18. Porcentajes de Carbono obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones	41
Tabla N°19. Promedios de porcentajes de Carbono obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos	41
Tabla N°20. Porcentajes de Nitrógeno total obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones	42
Tabla N°21. Promedios de porcentajes de Nitrógeno obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos	42
Tabla N°22 . Porcentajes de Potasio obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones	43
Tabla N°23. Promedios de porcentajes de Potasio obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos	43
Tabla N°24. Porcentajes de Fósforo obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones.	44
Tabla N°25. Promedios de porcentajes de Fósforo obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos	44
Tabla N°26. Relaciones Carbono/Nitrógeno obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones	45
Tabla N°27. Cantidad de coliformes totales obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones (NMP/100g).....	46
Tabla N°28. Cantidad de coliformes fecales obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones (NMP/100g).....	46
Tabla N°29. Volumen del biogás obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones	47

Tabla N° 30. Volumen de biogás por litro de biol de cada biodigestor de las tres repeticiones	48
Tabla N° 31. Cantidad de Metano obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones	49
Tabla N° 32. Promedios de porcentajes de Metano obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás	49
Tabla N° 33. Cantidad de Dióxido de Carbono obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones	49
Tabla N° 34. Promedios de porcentajes de Dióxido de Carbono obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás	50
Tabla N° 35. Cantidad de Oxígeno obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones.....	50
Tabla N° 36. Promedios de porcentajes de Oxígeno obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás	51
Tabla N° 37. Cantidad de Ácido Sulfhídrico obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones	51
Tabla N° 38. Promedios de porcentajes de Ácido Sulfhídrico obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás	51
Tabla N° 39. Promedio del Índice de Germinación (%IG) en base al Porcentaje de germinación relativa (%PGR) y Crecimiento de Radícula (%CRR) de las diluciones de los doce tipos de biol	53
Tabla N° 40. Diferencia de los porcentajes obtenidos de Índice de Germinación (%IG) en base al Porcentaje de germinación relativa (%PGR) y Crecimiento de Radícula (%CRR) por las diluciones de biol frente a los obtenidos por los blancos en los doce biodigestores.....	54

Índice de Figuras

Figura N°1. Esquema de reacciones de la digestión anaerobia.....	5
Figura N°2. Esquema de un proceso de contacto anaeróbico	13
Figura N°3. Etapas operacionales del reactor anaeróbico en secuencia tipo Batch	14
Figura N°4. Representación esquemática de un reactor de lecho expandido y de lecho fluidizado	15
Figura N°5. Biorreactor de membrana anaeróbica	16
Figura N°6. Germinación de la semilla de maíz	24
Figura N°7. Germinación epigea de la judía (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	25
Figura N°8. Germinación hipogea del guisante (<i>Pisum sativum</i>)	26
Figura N°9. Esquema del biodigestor tipo Batch	32
Figura N° 10. Biodigestor tipo Batch con la carga de materia orgánica	37
Figura N°11. Porcentaje de semillas germinadas a las 120 horas por dilución de cada biodigestor (%PGR).....	55
Figura N°12. Porcentaje de crecimiento de la radícula relativa a las 120 horas por dilución de cada biodigestor (%CRR)	56
Figura N°13. Índice de germinación a las 120 horas por dilución de cada biodigestor (%IG)	57

Resumen

El Biol es un fertilizante orgánico líquido que se origina a partir de la digestión de componentes orgánicos, como materia verde, estiércol de animales, residuos de frutos y verduras, entre otros. Este abono es una fuente de nutrientes y fitoreguladores que ayudan a las plantas a tener un desarrollo óptimo, de fácil asimilación y aplicación, ayudando en la productividad de los cultivos. Para obtener el Biol se emplean biodigestores que trabajan de forma anaerobia, en los cuales suceden todo el proceso de biodigestión. Durante este proceso también se produce biogás como residuo, el cual puede ser utilizado como combustible; sin embargo, los biodigestores enfocados en la producción de biol no producen una cantidad de biogás considerable para su uso, además de su baja calidad calorífica, convirtiéndolo en un contaminante ambiental.

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes componentes en la producción de biol sobre biogás, utilizando residuos vegetales recolectados de parques de Arequipa, para su utilización de forma artesanal en viveros, cultivos y demás usos agrícolas, y evitando la producción de biogás como residuo del proceso de digestión.

Para el proceso de digestión anaerobia se diseñaron y construyeron biodigestores caseros de 8 L, con bolsas para el almacenamiento del biogás. Se utilizaron como componentes estiércol de vaca fresco como inóculo bacteriano, y materia verde como

hojas de *Swetenia macrophylla*, pasto (*Cynodon dactylon*) y la combinación de ambos, en diferentes proporciones, con tres repeticiones, durante 3 meses cada repetición.

Luego de diferentes análisis al Biol obtenido por todos los biodigestores se concluyó que la gran mayoría del abono obtenido por los diferentes componentes cumplen con los requisitos necesarios para ser considerados fertilizantes naturales, destacando los obtenidos por Hojas en los análisis de Carbono, Nitrógeno total, Potasio, Fósforo y Relación C/N; además de que todos cumplen con los estándares para la calidad de agua de riego según el MINAM, siendo las cantidades de coliformes totales y fecales menores a la establecida.

Se obtuvo biogás de mala calidad, con cantidades de CH₄, CO₂ y O₂ más bajos que la media normal de producción; sin embargo, el volumen total obtenido por cada biodigestor llena la bolsa donde se almacenó el mismo, siendo los que produjeron mayor volumen los biodigestores Blanco y menos volumen los de Pasto.

Se demostró mediante un bioensayo de fitotoxicidad que el biol de Hojas presenta la mejor calidad de biol en todas sus diluciones, siendo su Índice de Germinación (%IG) mayor al 100%, considerándolo como fitoestimulante de germinación y libre de sustancias tóxicas.

Palabras Claves:

Biol, biogás, digestión anaerobia, biodigestores

Abstract

Biol is a liquid organic fertilizer that originates from the digestion of organic components, such as green matter, animal manure, fruit and vegetable residues, among others. This fertilizer is a source of nutrients and phyto regulators that help plants to have an optimal development, easy assimilation and application, helping in the productivity of crops. To obtain Biol, biodigesters are used that work anaerobically, in which the whole process of biodigestion takes place. During this process biogas is also produced as waste, which can be used as fuel; however, biodigesters focused on the production of biol do not produce a considerable amount of biogas for their use, in addition to their low calorific quality, making it an environmental pollutant.

This research work was carried out with the objective of evaluating the effect of different components in the production of biol on biogas, using vegetable waste collected from parks in Arequipa, for its use in artisanal way in nurseries, crops and other agricultural uses, and avoiding the production of biogas as a residue of the digestion process.

For the anaerobic digestion process, 8 L homemade biodigesters were designed and constructed, with bags for the storage of the biogas. Fresh cow manure was used as a bacterial inoculum, and green matter as leaves of *Swetenia macrophylla*, grass (*Cynodon dactylon*) and the combination of both, in different proportions, with three repetitions, for 3 months each repetition.

After different analyzes of the Biol obtained by all the biodigesters, it was concluded that the great majority of the fertilizer obtained by the different components meet the necessary requirements to be considered natural fertilizers, highlighting those obtained by Leaves in the analyzes of Carbon, Total Nitrogen, Potassium , Phosphorus and C/N Ratio; in addition to that they all meet the standards for the quality of irrigation water according to the MINAM, with the total and fecal coliform amounts being less than established.

Poor quality biogas was obtained, with amounts of CH₄, CO₂ and O₂ lower than the normal production average; however, the total volume obtained by each biodigester fills the bag where it was stored, being those that produced the largest volume of the white biodigesters and the least volume those of Grass.

It was demonstrated by means of a phytotoxicity bioassay that the Biol of Leaves presents the best quality of biol in all its dilutions, its Germination Index (% IG) being greater than 100% considering it as a phytostimulant of germination and free of toxic substances.

Keywords:

Biol, biogas, anaerobic digester, biodigesters

Introducción

En nuestra ciudad la generación de residuos sólidos se incrementa diariamente provocando contaminación del aire, suelo y agua. Dentro de este grupo de desechos también se encuentran la materia orgánica y desechos de materia verde que son vertidos en rellenos sanitarios, desperdiciando así las propiedades que estos tienen al poder ser usados como fertilizante natural.

En la actualidad se desecha una gran cantidad de materia verde proveniente de parques y jardines, por tal motivo es que se justifica la implementación de una nueva tecnología para el aprovechamiento de los nutrientes que estas puedan brindar para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los residuos sólidos requieren de un tratamiento biológico el cual incluye las siguientes ventajas: notable reducción de volumen de los materiales de desecho, estabilización de los desechos, recuperación de energía en forma de biogás y la producción de biol utilizando la digestión anaeróbica como en la presente; este producto final puede utilizarse según su calidad como fertilizante natural ¹.

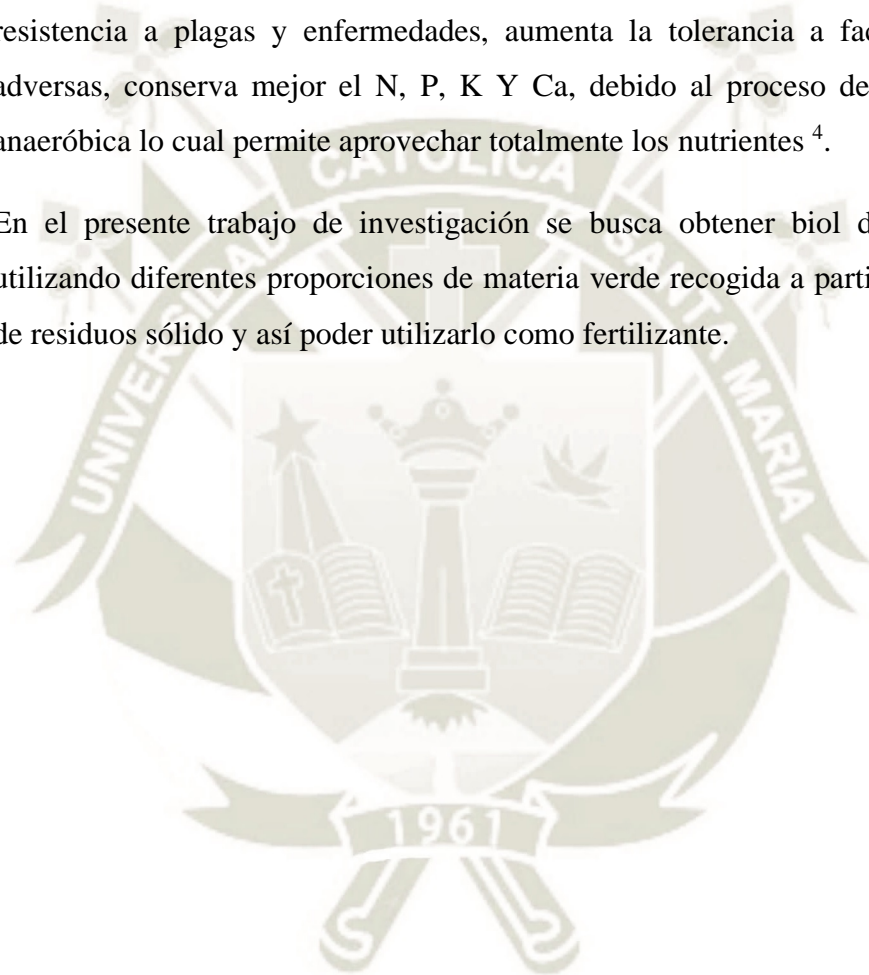
La digestión anaeróbica de desechos orgánicos acelera el proceso de descomposición natural de material orgánico en ausencia de oxígeno si el pH, la humedad y temperatura permanecen cercanos a los valores óptimos ¹.

En la digestión anaeróbica el producto principal es el biogás, mezcla de metano (50 a 70%) y dióxido de carbono (30 a 50%), la cantidad de gas producido varía, aunque

oscila entre 0.4 L/L de biol obtenido, con un contenido de metano de 70%. Por otro lado, la masa restante degradada por las bacterias puede utilizarse como abono para la fertilización de suelos ².

Esta masa restante llamada biol es una fuente de fitorreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en el biodigestor ³. El biol acelera el crecimiento y desarrollo de las plantas, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades, aumenta la tolerancia a factores climáticas adversas, conserva mejor el N, P, K Y Ca, debido al proceso de descomposición anaeróbica lo cual permite aprovechar totalmente los nutrientes ⁴.

En el presente trabajo de investigación se busca obtener biol de buena calidad utilizando diferentes proporciones de materia verde recogida a partir del tratamiento de residuos sólido y así poder utilizarlo como fertilizante.



Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes proporciones de componentes en la producción de biol sobre biogás, utilizando residuos vegetales recolectados de parques de Arequipa

Objetivos Específicos

1. Construir y poner en marcha un sistema de biodigestores tipo Batch
2. Caracterizar y comparar fisicoquímica y microbiológicamente el biol generado en el sistema de biodigestión de cada componente
3. Cuantificar, caracterizar y comparar el biogás generado en el sistema de biodigestión de cada componente
4. Evaluar el efecto de biol obtenido en la germinación de semillas de *Zea mays* (maíz).

Hipótesis

Debido a que la producción de biol y biogás mediante un sistema de biodigestión es afectada por la cantidad y tipos de residuos vegetales y estiércol a usar, es que se puede utilizar diferentes proporciones de estos, que puedan influenciar en la producción de biol sobre biogás.

Capítulo I: Marco teórico

1.1 Vivero de la Municipalidad Provincial de Arequipa

1.1.1 Ubicación

El Vivero de la Municipalidad Provincial de Arequipa se inauguró el 5 de junio del 2010 por motivos de ser el día mundial del medio ambiente; el vivero está situado en pasaje selva alegre S/N, Subgerencia de Gestión Ambiental, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa ⁵.

El vivero municipal comprende un invernadero, de corredores y camineras, camas de humus, pilas de compostaje, galpón de embolsado, además de la colocación de un cerco perimétrico de malla galvanizada. Cabe destacar que desde su inauguración se tuvo como objetivo que el cultivo de plantas de maíz desnuda también se incrementará de 150 mil a 350 mil por año (embolsados). Botones de rosas, geranios, hortensias entre otros, serían destinados para el mantenimiento y embellecimiento de los parques que la comuna arequipeña administra en las diferentes urbanizaciones del Cercado de la ciudad. Siendo donadas a través de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental, con la finalidad de fomentar en la población arequipeña la importancia de contar con un gran número de áreas verdes ⁵.

Ante esto también, se ejecutó la obra de fortalecimiento del departamento de parques y jardines ⁵.

Se contrató obreros para que realicen la función de la reforestación y creación de más áreas verdes en la ciudad, así como también la recolección de los residuos de material verde cuando estos son podados los cuales son vertidos a los camiones de basura de la municipalidad Provincial ⁵.

Teniendo en cuenta la cantidad de residuos generados es que se puede utilizar diferentes técnicas para el aprovechamiento de estas ya que tienen un alto contenido de nutrientes si se utilizan como abono natural para el crecimiento de más áreas verdes.

1.1.2 Materia verde recolectada

El departamento de parques y jardines de la Municipalidad Provincial de Arequipa se encarga de distribuir cultivos que crecen en el vivero municipal hacia los diferentes parques del Cercado, así como también cumplir la función de recojo de desechos de poda y cortado de hojas los cuales son desechados sin dar importancia a las propiedades que tienen estos si son utilizados como abono natural.

Los principales desechos que se generan en los parques del cercado son la poda de pasto (*Cynodon dactylon*) y las hojas de árboles, caoba de hoja grande (*Swietenia macrophylla*) los cuales pueden llegar a los 15 a 20 kilos de materia verde recogida quincenalmente.

Swietenia macrophylla. Son árboles de 80-200 cm de diámetro y pueden llegar a medir hasta 60 m de alto, corteza externa agrietada, color marrón claro a rojizo, con una corteza externa que se desprende en placas largas; corteza interna homogénea a fibrosa, color rosado blanquecino con sabor amargo y astringente ⁶.

Las flores son pequeñas, de color verde amarillentas de hasta 15 cm de largo. Las flores masculinas son más abundantes que las flores femeninas; tienen un diámetro de 6 a 8 mm, el cáliz es en forma de copa, la corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos ⁶.

Sus frutos constan de cápsulas leñosas, ovoides u oblongas de color rojizo oscuro, mide de 12 a 18 cm de largo por 8 cm de ancho; el número de semillas por fruto es de 40 a 60 ⁶.

Las semillas son numerosas de 1 cm de largo, irregulares y de color canela tiene una prolongación en forma de ala de 6 a 7 cm de largo; sus semillas son amargas, astringentes y muy livianas ⁶.

Su sexualidad es monoica; es decir la planta tiene tanto flores masculinas como femeninas. Ambos tipos de flores se encuentran en la misma planta y su polinización es generalmente por el viento ⁶.

Características organolépticas:

- Color de la madera:
Albura: Castaño pálido
Duramen: Rojizo ligero
- Brillo: medio
- Olor: no perceptible
- Porosidad: difusa
- Radios: estratificados
- Inclusiones: poros obstruidos por gomas⁶

Cynodon dactylon. Es la hierba más utilizada como césped para los parques, campos deportivos y jardines. Es fácil de mantener ya que no necesita un riego constante y soporta temperaturas altas. Pertenece a la familia botánica *Poaceae* y es nativa del norte de África y sur de Europa ⁷.

Se caracteriza por tener hojas de color verde grisáceo que se vuelven amarillentas con el frío. Miden de 4 a 15 cm de largo. Los tallos son erectos de 1 a 30 cm de longitud; las flores aparecen agrupadas como espigas de 2 a 3 mm de largo ⁷.

Es capaz de resistir bien una sequía gracias a su sistema radicular, que puede crecer a más de dos metros de profundidad ⁷.

Debe sembrarse en un lugar en el que la luz del sol caiga en forma directa; tolera muy mal la sombra ya que a ausencia de luz solar sus hojas se tornan blanquecinas por falta de clorofila ⁷.

Para que el color de sus hojas sea verde intenso, el riego debe ser frecuente durante la época de más calor; en cambio en épocas de invierno y otoño el riego debe espaciarse pues el crecimiento se detiene ⁷.

Se recomienda que el abono que se use para su crecimiento sea rico en nitrógeno ⁷.

Crece en todo tipo de suelos, excepto en los suelos ácidos que oscilen entre pH 4 y 6 ⁷.

En el caso de la poda esta debe hacerse de forma constante debido a su rápido crecimiento; es recomendable cortar ente 2 a 5 cm de largo ⁷.

Es muy resistente a las plagas y enfermedades; sin embargo, en la costa puede ser afectada por el hongo *Sclerotinia homoeocarpa*, que causa una enfermedad llamada Dollar Spot, esto provoca en el césped zonas circulares donde la hierba se ve seca. El tratamiento consta de remover la parte afectada y tratar el césped con fungicida para prevenir la proliferación del hongo ⁷.

1.2. Digestión Anaerobia

1.2.1. Concepto

La digestión anaerobia es un proceso biológico que consiste en una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno, utilizando como componentes residuos orgánicos comunes con alto contenido en humedad, como materia verde residual, restos de comida, residuos ganaderos, aguas residuales domésticas e industriales. Este proceso da lugar a una solución líquida conocida comúnmente como “biol”, a una suspensión acuosa o lodo llamado “biosol” y a una mezcla de gases (predominando el metano y dióxido de carbono) conocido como “biogás”. La digestión anaerobia es un proceso complejo de reacciones químicas e intervención de microorganismos, el cual se divide en cuatro fases ⁸.

En la Figura N°1 se muestra las cuatro fases de la digestión anaerobia, las bacterias que actúan y los productos intermediarios obtenidos.

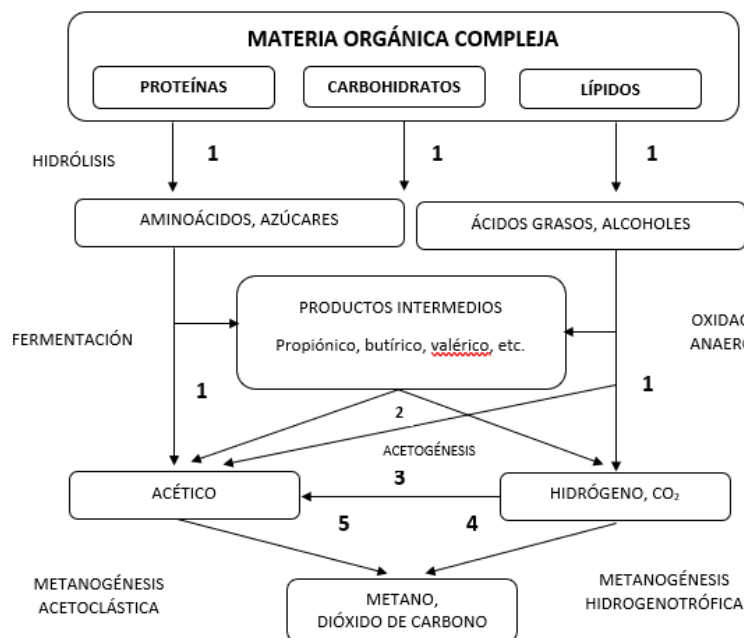


Figura N°1. Esquema de reacciones de la digestión anaerobia

Los números indican la población bacteriana responsable del proceso: 1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrógeno; 3: bacterias homoacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5: bacterias metanogénicas acetoclásticas ²².

La primera fase es la hidrólisis, donde las bacterias fermentativas transforman las moléculas complejas de los componentes en compuestos solubles, a partir de estos compuestos las bacterias acidogénicas producen ácidos grasos de cadena corta, luego son transformados en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono por las bacterias acetogénicas. Finalmente, en la metanogénesis el acético, hidrógeno y dióxido de carbono se convierte en metano ⁹.

Las bacterias que participan en las fases de hidrólisis y acidogénesis son facultativas, mientras que las que participan en la acetogénesis son anaerobios estrictos con una tasa de crecimiento mucho menor que las de acidogénesis. Por esta razón, si las bacterias acetogénicas tuvieran problemas para reproducirse y consumir los ácidos, estos se acumularán y generarán dificultades a las bacterias metanogénicas para producir metano posteriormente ⁹.

Las condiciones ambientales como pH, temperatura, potencial Redox, etc., pueden favorecer el desarrollo de las bacterias mencionadas anteriormente para asegurar un proceso equilibrado de degradación. Por dicha razón, el control de las condiciones ambientales es fundamental, especialmente para las bacterias metanogénicas ⁹.

1.2.2 Fases

- Hidrólisis

La hidrólisis es la primera etapa de la digestión anaerobia, en la cual la materia orgánica de los componentes es hidrolizada por enzimas extracelulares de los microorganismos hidrolíticos a moléculas orgánicas solubles, proporcionando sustratos orgánicos a las bacterias. Estos productos son azúcares sencillos, aminoácidos y ácidos grasos, además de formarse amoníaco y iones amonio ¹⁰. La hidrólisis depende de la temperatura, tiempo de retención, composición del sustrato, tamaño de partículas, pH y concentración de NH_4^+ .

Los sustratos se componen de tres tipos de macromoléculas ⁸:

- a) Lípidos: Su degradación comienza con la ruptura de las grasas por la acción de las lipasas produciendo ácidos grasos de cadena larga y glicerol ⁸.
- b) Proteínas: Son hidrolizadas por enzimas proteasas en péptidos y aminoácidos. Algunos aminoácidos son utilizados en la síntesis de nuevo material celular y el resto son degradados a ácidos grasos volátiles, CO_2 , H_2 , amonio y sulfuro en las siguientes fases ⁸.
- c) Materiales lignocelulósicos: Principalmente lignina, celulosa y hemicelulosa; su degradación es lenta, limitando la hidrólisis ⁸.

Los principales microorganismos hidrolíticos que participan en la fase del proceso de digestión son: *Clostridium*, *bacillus*, *staphylococcus*, *acetovibrio* y *micrococcus* ³⁵.

- Acidogénesis:

La acidogénesis es la segunda etapa de la digestión, en el cual se produce ácido sin un donador o aceptor externo de electrones ¹⁰. Las moléculas de la primera fase son degradadas a compuestos acético y liberando como productos H_2 y CO_2 , que son utilizados por las bacterias metanogénicas ⁸.

Esta reacción es endoenergética porque requiere de energía para ser realizada y es posible gracias a la relación simbiótica de las bacterias acetogénicas y las metanogénicas que sustraen los productos del medio para disminuir su concentración, esto activa la reacción de los compuestos orgánicos más reducidos que luego serán oxidados por las bacterias acetogénicas ¹¹. En esta fase el pH se encuentra entre 5.1 a 6.8 ¹².

En esta fase suceden los siguientes procesos ⁸:

- a) Fermentación de carbohidratos solubles: La ruta metabólica para degradar ácidos orgánicos a glucosa es Embden-Meyerhof, la cual se realiza por diferentes microorganismos, siendo los *Clostridium* los principales que convierten la glucosa en butírico, acético, CO₂ y H₂ ⁸.
- b) Fermentación de aminoácidos: Se obtienen productos como aminoácidos de cadena corta, succínico, aminovalérico e hidrógeno. Esta fermentación consiste en un proceso rápido que no limita la velocidad de degradación de compuestos proteicos. Las bacterias *Clostridium*, *Peptococcus* y *Bacteroides* son las que participan en este proceso ⁸.
- c) Oxidación anaerobia de ácidos grasos de cadena larga: Son oxidados a ácidos grasos de cadena corta mediante los mecanismos de β -oxidación, el cual es un ciclo en espiral que va liberando acetyl-CoA en cada bucle, produciendo ácido acético. Se produce una acción simbiótica de los microorganismos consumidores de hidrógeno para producir este mecanismo ⁸.

Los microorganismos acidogénicos son los que abarcan el 90% de toda la población total en el proceso de la digestión anaeróbica, estos son algunos que participan: *Acinetobacter sp.*, *Acinetobacter lwoffii*, *Actinomyces sp.*, *Pasteurella sp.*, *Klebsiella oxytoca*, *Clostridium spp.*, *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Staphylococcus hominis*, *Peptococcus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Delsulphovibrio spp.*, *Escherichia coli* ³⁵.

- **Acetogénesis:**

Esta es la tercera etapa de la digestión anaerobia, donde sucede el proceso de oxidación sin un aceptor interno de electrones, degradando ácidos orgánicos a acetato, por lo cual se necesitan organismos que oxidan los ácidos orgánicos para utilizar un aceptor de electrones adicional como el ion hidrógeno o el dióxido de carbono, y estos son

consumidos por organismos metanogénicos ¹⁰. El pH en esta fase se encuentra entre 6.6 a 6.8 ¹²

La oxidación del acetato en condiciones mesófilas se incrementa conforme aumenta la concentración de sales, principalmente amoníaco y ácidos grasos totales ¹⁰. Un principal inhibidor de esta fase es la acumulación de H₂ porque provoca la acumulación rápida de sustratos ⁸. Por lo tanto, los metanógenos hidrogenotróficos son importantes en la eliminación constante de este hidrógeno molecular, produciendo metano para hacer energéticamente posible la oxidación por organismos consumidores de H₂. Así, la cooperación entre oxidadores de sustrato y metanógenos consumidores de hidrógeno molecular es indispensable para mantener el proceso de degradación anaerobia ¹⁰. Las principales bacterias en esta fase son *Syntrophomonas wolfei* y *Syntrophobacter wolinii* ⁸.

- **Metanogénesis:**

Esta es la cuarta y última etapa de la digestión, donde los microorganismos metanogénicos, mediante la formación de metano a partir de sustratos monocarbonados como el acetato, H₂/CO₂, formato, metanol y algunas metilaminas, completan el proceso. Se consideran dos grupos de microorganismos en función al compuesto que metabolizan: hidrogenotróficos, quienes consumen H₂/CO₂ y fórmico, y acetoclásticos, quienes consumen acetato, metanol y algunas aminas ⁸. Se ha demostrado que el 70% del metano producido en el sistema anaerobio se forma a partir del acetato y solos dos géneros que tienen especies acetotróficos pueden utilizar este acetato, los cuales son *Methanosarcina* y *Methanotrrix* ⁸. El pH en esta fase se encuentra entre 6.9 a 7.4 ¹².

Algunos microorganismos metanogénicos que se encuentran presentes en el proceso son los siguientes: *Methanosarcina* y *Methanosaeta*. *Methanobacterium*, *Methanobacillus* y *Methanococcus*, *Methanosarcinales*, *Methanomicrobiales*, *Methanobacteriales*, *Methanococales* y *Methanopyrales* ³⁵.

En la Tabla N°1 se comparan las propiedades de ambas fases, la acidogénica y la metanogénica, para comprender el equilibrio y funcionamiento óptimo de la digestión anaerobia ¹¹.

Tabla N°1. Comparación de las propiedades de las fases acidogénica y metanogénica ¹¹

Fase acidogénica	Fase metanogénica
<ul style="list-style-type: none"> - Bacterias facultativas (pueden vivir en presencia de bajos contenidos de oxígeno). - Reproducción muy rápida (alta tasa reproductiva). - Poco sensibles a los cambios de acidez y temperatura. - Ácidos orgánicos como principales metabolitos 	<ul style="list-style-type: none"> - Bacterias anaerobias estrictas (no pueden vivir en presencia de oxígeno) - Reproducción lenta (baja tasa reproductiva). - Muy sensibles a los cambios de acidez y temperatura. - Principales productos finales, metano y dióxido de carbono.

Según se observa en el cuadro, la fase metanogénica tiene una velocidad de recuperación lenta de las bacterias metanogénicas, por lo tanto, la estabilización de un digestor “agriado” será muy lenta. Por ello es importante el cuidado de los parámetros que influyen en la digestión ¹¹.

1.2.3. Variables

Para asegurar que las bacterias realicen su ciclo biológico en el proceso de digestión anaerobia es necesario que se mantengan en condiciones óptimas de temperatura, tiempo de retención, hermetismo, pH, etc. ¹³. Estos factores son:

1.2.3.1 Variables fisicoquímicas

a) Temperatura

La temperatura es un factor importante en la velocidad de digestión, ya que la velocidad de reacción de este proceso depende del crecimiento microbiano y su rapidez ⁸.

En la Tabla N°2 se presentan los 3 intervalos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias que predominan en cada una de ellas:

Tabla N°2. Intervalos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias ¹¹

Bacterias	Intervalo de temperatura	Sensibilidad
Psicrófilas	Menos de 20°C	+ - 2°C/hora
Mesófilas	Entre 20°C a 40°C	+ - 1°C/hora
Termófilas	Más de 40°C	+ - 0.5°C/hora

El rango mesófilo es el más utilizado, a pesar de que el rango termófilo sería el más óptimo debido a que se consigue mayor velocidad de crecimiento de los microorganismos

y acelera el proceso; pero este último régimen presenta mayores problemas de inhibición por la mayor toxicidad de determinados compuestos (como nitrógeno amoniacal o ácidos grasos de cadena larga) a elevadas temperaturas ⁸.

Las variaciones bruscas de temperatura en el digestor pueden provocar la desestabilización del proceso, por ello se recomienda controlar la temperatura. También se debe tomar en cuenta la temperatura del entorno donde se encuentran los digestores para mantener la temperatura entre el intervalo mesófilo ¹¹.

La temperatura también actúa en la solubilidad de los gases generados, afectando a los gases NH_3 , H_2 y H_2S , haciéndolos descender al aumentar la temperatura favoreciendo la transferencia líquido-gas. La desventaja es el descenso de dióxido de carbono porque provocaría un aumento de pH, lo que generaría inhibición por NH_3 ⁸.

La temperatura también está relacionada con el tiempo de retención del proceso de digestión; a medida que se aumenta la temperatura, disminuye el tiempo de retención y, por lo tanto, se necesitará un menor volumen del digestor para digerir una misma cantidad de biomasa ¹¹.

b) Tiempo de retención

Es el tiempo en el cual la biomasa es degradada por los microorganismos. Este tiempo influye en el rendimiento del abono y biogás obtenidos, siendo alto para el abono y bajo para el biogás ¹³.

d) pH

El pH es una variable utilizada en el diagnóstico de la digestión anaerobia ya que este tiene una influencia importante sobre el mismo. determina la composición del nitrógeno amoniacal total. Además, determina la composición del gas producido, si el pH disminuye de 6 o sube de 8 producirá un biogás pobre en metano, que tiene menores cualidades energéticas ⁸. Los diferentes consorcios bacterianos presentes en el proceso presentan unos niveles de actividad óptima dependiendo su tipo: fermentativos, entre 7.2 a 7.4; acetogénicos, entre 7.0 a 7.2; metanogénicos, entre 6.5 a 7.5 ⁸.

e) Relación C/N

La relación óptima para el proceso de digestión es de 30:1 para el crecimiento microbiano, cuando la relación es muy estrecha (10:1) hay pérdida de nitrógeno asimilable, lo cual reduce la calidad del material digerido. Si la relación es amplia (40:1), se inhibe el proceso debido a falta del nitrógeno ¹³.

f) Inhibidores

La digestión anaerobia es inhibida por presencia de sustancias tóxicas, ocasionando fallas en el digester. Estas sustancias están presentes en pequeñas concentraciones en los residuos utilizados, así como en el agua residual utilizada ¹⁰, también pueden ser subproductos de la actividad metabólica misma de los microorganismos ⁸.

Las sustancias inhibitoras más comunes incluyen al amoníaco, iones metálicos ligeros, metales pesados y compuestos orgánicos ¹⁰.

En la Tabla N°3 muestra dichas sustancias y su concentración inhibitora.

Tabla N°3. Sustancias inhibitoras del proceso de digestión anaerobia ¹⁰

Sustancia inhibitora	Concentración inhibitora
SO ₄	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato	0,05 mg/mL
Cu	100 mg/L
Cr	200 mg/L
Ni	200-500 mg/L
CN	25 mg/L
Na	3.500-5.500 mg/L
K	2.500-4.500 mg/L
Ca	2.500-4.500 mg/L
Mg	1.000-1.500 mg/L

- Sulfatos y sulfuros: Elevadas concentraciones de estos en el sustrato producen la inhibición de la metanogénesis, logrando que las bacterias compitan con las sulfato-reductoras por el acetato e hidrógeno. El sulfuro también influye en la inhibición de muchos grupos bacterianos, siendo la forma no ionizada la tóxica, favorecida por el pH y temperatura bajos ⁸.
- Ácidos grasos volátiles: Estos se producen a través de la digestión, su aumento indica una desestabilización del proceso y, en consecuencia, una disminución de la

producción de biogás⁸. Los ácidos grasos volátiles de cadena corta son capaces de inhibir la metanogénesis a altas concentraciones, ya que los metanógenos no son capaces de metabolizar el acético producido hasta que el número de metanogénicos se incrementa lo suficiente¹⁰.

- Nitrógeno amoniacal: El nitrógeno amoniacal es la suma del ion amonio (NH_4^+) y el amoníaco (NH_3), siendo su concentración dependiente del pH. El inhibidor vendría siendo el amoníaco libre inestabilizando el proceso, provocando la acumulación de ácidos grasos volátiles, resultando en una reducción del pH y de la concentración de amoníaco libre⁸.
- Sales: Los altos niveles de sales pueden deshidratar a las bacterias, inhibiendo el proceso. Los principales cationes que producen esta inhibición son el Ca^{2+} y el Mg^{2+} a altas concentraciones⁸.

1.2.3.2. Variables microbiológicas

El rendimiento del sistema de digestión anaerobio está relacionado al consorcio microbiano presente en el digestor, cuyas variables ambientales y de operación afectan el crecimiento y comportamiento de dicho consorcio. Las bacterias termófilas presentes en el sistema presentan un gran potencial como tratamiento rentable para acelerar la digestión anaerobia de los desechos, debido a la influencia de estos en la hidrólisis de los componentes de sistema. Los microorganismos metanógenos acetotróficos son importantes en la conversión anaerobia del acetato y los metanógenos hidrogenotróficos en la estabilidad y eficiencia del digestor. Por todo esto, es importante considerar la inoculación de todos estos microorganismos como una parte fundamental del proceso, siendo el estiércol vacuno el medio por el cual son agregados¹¹.

1.3. Clasificación de los biodigestores anaeróbicos

Existen diferentes tipos de biodigestores dependiendo del material a ser digerido, proceso de digestión y producto final a escoger.

Los biodigestores anaeróbicos pueden clasificarse como de alta velocidad o de baja velocidad³⁶.

a) Digestor anaeróbico de alta velocidad

Consisten de un reactor continuo con agitación que opera bajo condiciones mesofílicas o termofílicas³⁶.

b) Proceso anaeróbico de contacto (PAC)

Es un reactor anaeróbico de tipo convencional con agitación, en el cual se pone en contacto el efluente que alimenta el reactor con la biomasa anaeróbica que se encuentra en el interior. Esto hace que los compuestos orgánicos se degraden en primer término teniendo un TRH de 12 a 24 horas. Este sistema presenta buenos resultados por la buena sedimentación que se logra en el decantador, para lo cual puede colocarse un desgasificador antes de la entrada del líquido en tratamiento. El desgasificador permite eliminar las burbujas del biogás (CO_2 y CH_4) que se encuentran adheridas a las partículas de polvo, permitiendo una mejor sedimentación. En otros casos el lodo tiende a flotar en la superficie. Los sólidos sedimentables con la biomasa activa se retiran en un decantador, ubicado después del reactor anaeróbico (decantador secundario). El lodo que se obtiene se concentra y recircula nuevamente hacia el reactor. Esto permite que el TRS sea de 25 a 40 días, dando lugar a la hidrólisis de los sólidos y su posterior mecanización.

El líquido resultante que sale por la parte superior del decantador se puede derivar hacia una etapa final de tratamiento aeróbico con el fin de adicionar una depuración adicional ³⁶.

Este tipo de reactor es útil para corrientes con alta carga de sólidos suspendidos, la tasa de carga varía entre 0.5 a 10 Kg DQO/ $\text{m}^3\text{día}$ ³⁶.

En la Figura N°2 se muestra un ejemplo del proceso de contacto anaeróbico, dando importancia a la función que desempeña el decantador y el degasificador en este tipo de reactor.

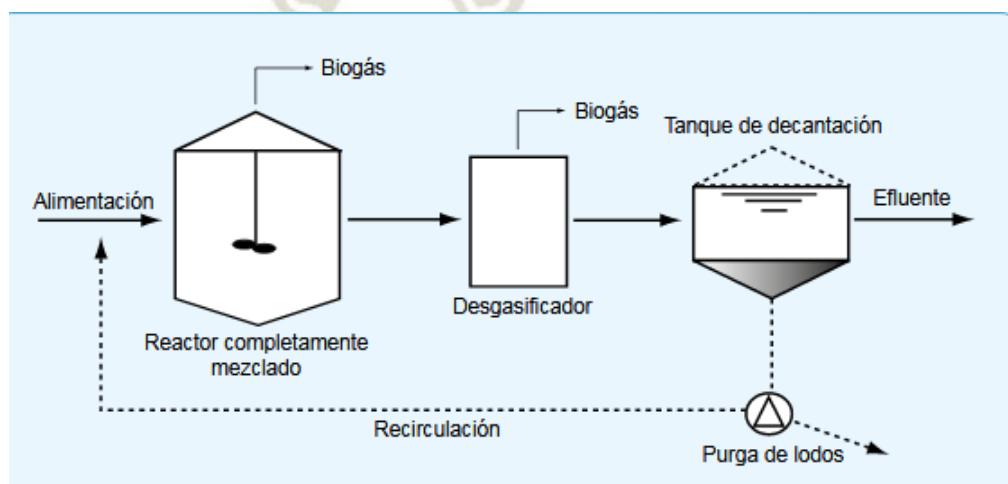


Figura N°2. Esquema de un proceso de contacto anaeróbico ³⁶

c) Reactor anaeróbico en secuencia tipo Batch

Funciona por ciclos y no en flujo continuo, en el cual cada ciclo de operación se divide en cuatro etapas³⁶:

- Alimentación: El afluente es incorporado al reactor ³⁶.
- Reacción: Etapa en la cual ocurre la degradación de la materia orgánica ³⁶.
- Sedimentación: Se detiene la agitación y la biomasa decanta, se separa el efluente clarificado ³⁶.
- Descarga: El efluente clarificado es retirado del reactor ³⁶.

Este tipo de biorreactor presenta las siguientes ventajas ³⁶:

- Permite un mejor control de proceso y una mejor calidad de efluente³⁶.
- La biomasa se encuentra en un estado dinámico de abundancia y escasez de sustrato³⁶.
- Presenta una gran flexibilidad de operación en la que se puede lograr la adaptación de la biomasa a un determinado tipo de sustrato³⁶.
- La etapa de sedimentación se realiza dentro del propio reactor por lo que no es necesario agregar un equipo aparte ³⁶.
- Puede considerarse la eliminación de la etapa de sedimentación, con la disminución del tiempo de cada ciclo, haciendo uso de una biomasa inmovilizada en soportes ³⁶.

En la Figura N°3 se muestra las etapas correspondientes al reactor anaeróbico tipo Batch ³⁶.

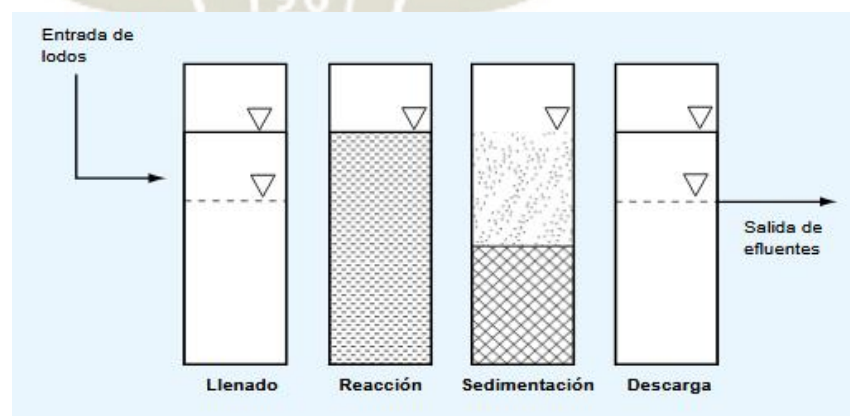


Figura N°3. Etapas operacionales del reactor anaeróbico en secuencia tipo Batch ³⁶

d) Reactor de lecho expandido y fluidizado

Corresponde a un reactor cilíndrico con un 10% de volumen del reactor con un soporte inerte de tamaño pequeño lo que permite la acumulación de elevadas concentraciones de biomasa que forman películas alrededor de dichas partículas. Los soportes mencionados pueden ser de carbón activado, arena u otros medios de plástico sintético en los cuales se da la degradación de la materia orgánica.

Se mantiene una velocidad de flujo ascendente tal que permita la expansión del lecho en 15 a 30% ³⁶.

En la Figura N°4 se muestra el esquema de un reactor de lecho expandido y de lecho fluidizado resaltando el soporte característico en cada uno de ellos ³⁶.

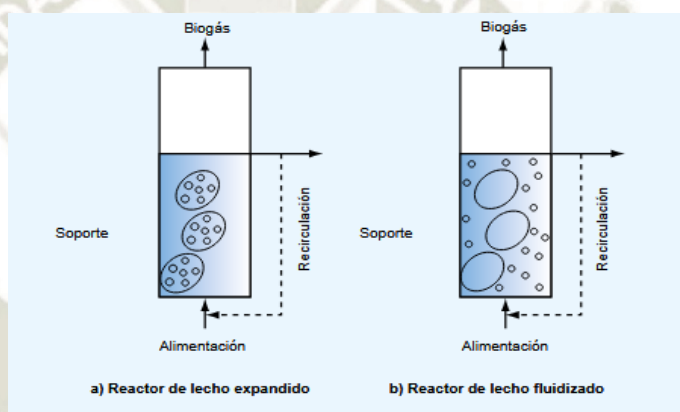


Figura N°4. Representación esquemática de un reactor de lecho expandido y de lecho fluidizado ³⁶.

e) Biorreactor de membrana anaeróbica

Presenta una unidad de membrana dentro de un reactor para facilitar la separación sólido-líquido. Es capaz de retener biomasa y es por eso que puede operar a TRS extremadamente largos, dependiendo del THR. En estos días, las membranas presentan un gran potencial en la biotecnología anaeróbica para la obtención de energías renovables³⁶.

En la Figura N°5 se muestra un ejemplo de biorreactor de membrana anaeróbica.

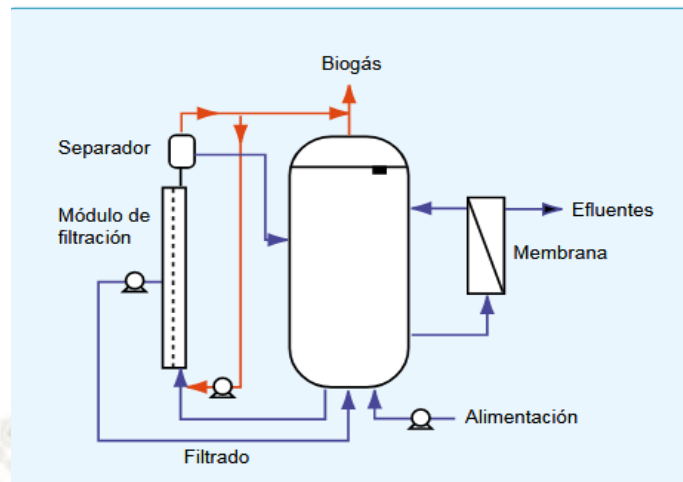


Figura N°5. Biorreactor de membrana anaeróbica³⁶

1.4. Productos obtenidos de la digestión anaerobia

- Biol y biosol

La mezcla de la materia orgánica y el agua en el digestor, después del proceso de digestión, se convierte en una fase líquida y sólida. La fase líquida es el “biol”, el cual corresponde el 90% del efluente; y la fase sólida que se le llama “biosol”, que corresponde el 10% del mismo ¹⁴.

- Biogás

El biogás es la mezcla de gases producidos en el proceso de digestión, constituido por metano que oscila entre un 50% a un 70%; dióxido de carbono y otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno en menores proporciones ¹¹.

1.5. Biol

1.5.1. Concepto

El biol es un tipo de abono orgánico, con una fuente de fitoreguladores, producto del proceso de digestión anaeróbica de desechos orgánicos en agua; actúa como estimulante orgánico que promueve el crecimiento de las plantas ¹⁵.

El biol promueve actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de la planta. El 90% del material que ingresa se transforma en biol ¹⁴.

Con la correcta cantidad de insumos, la composición del biol puede consistir de un 93% de agua y un 7% de materia seca, de la cual el 4.5% es materia orgánica y el 2.5% es

materia inorgánica. El biol también contiene fósforo, nitrógeno, potasio, hierro, zinc, manganeso y cobre, el último de los cuales se ha convertido en un factor limitante para muchos tipos de suelos ²¹.

1.5.2. Características generales

La composición del biol contiene precursores hormonales como giberelinas, ácido indolacético y vitaminas, por el cual su efecto en el crecimiento de las plantas tiene buen rendimiento. Diversos estudios han demostrado que la mejor respuesta de la aplicación de biol se encuentra en suelos infértiles o de baja fertilidad. Por ello, su elaboración se realiza de forma artesanal y su contenido nutricional depende del material orgánico que fue digerido ¹⁶.

1.5.3. Composición

La composición del biol varía de acuerdo al material orgánico utilizado al igual que los parámetros fisicoquímicos.

En la Tabla N°4 se muestran las propiedades fisicoquímicas del biol:

Tabla N°4 . Propiedades fisicoquímicas del biol ¹⁷

Propiedades químicas	Biol
Carbono orgánico (%)	0.26-0.30
Relación C/N	6.50-3.33
Nitrógeno total (%)	0.04-0.09
Fósforo total (P ₂ O ₅) (ppm)	400
Potasio total (K ₂ O) (ppm)	1100
Calcio soluble (%)	0.25
Magnesio soluble (%)	1.135
Azufre (ppm)	0.33
Zinc (ppm)	0.05
Manganeso (ppm)	0.005
Cobre (ppm)	0.00017

En la Tabla N°5 se muestran los valores para cada parámetro del biol

Tabla N°5. Parámetros del biol ¹⁷

Parámetros	Biol
pH	6.7-7.9
Sólidos totales (%)	1.40
Sólidos volátiles (%)	0.75
Sólidos en suspensión (g L ⁻¹)	19.52
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	19.28
M.O. en solución (g L ⁻¹)	5.28

1.5.4. Aplicaciones

El biol tiene diferentes aplicaciones dependiendo del tipo. Existen tres tipos: biol biocida, con finalidad de controlar enfermedades y plagas; biol para suelos y hojas, para nutrir a las plantas y mejorar la fertilidad de los suelos; y el biol como abono foliar, el cual nutre directamente a las plantas. Éste último es de mayor uso, por su gran ventaja en la aceleración del crecimiento y rendimiento de las plantas ¹⁸.

El biol se utiliza en una gran variedad de plantas en labores agrícolas, con aplicación dirigida al follaje, suelo, semilla y/o maíz. Sus usos son los siguientes ¹⁸:

- a) Uso directo al suelo: Para recuperar la fertilidad de los suelos, aplicándolo directamente sobre el mismo. Para obtener mejores resultados y más duraderos, la aplicación en el suelo puede realizarse en el agua de irrigación aplicando alrededor del tallo en una dilución de 10 hasta el 30% ¹⁸.
- b) Uso foliar: Con resultado más inmediato, aplicando el biol directamente a las hojas de cultivo. Se debe diluir el biol con agua, para evitar quemar a las plantas, en una dilución de 1 a 10%. La aplicación foliar se puede repetir de 3 a 4 veces durante el crecimiento total de la planta ¹⁸.
- c) Uso en la semilla: El biol tiene aplicación de desinfección y desinfestación, además de biofertilizante, para las semillas. Estas se dejan en remojo en una dilución de biol, con tiempo y concentración considerados previamente ¹⁸.

1.5.5. Ventajas

El biol posee muchas ventajas en sus aplicaciones, entre ellas se encuentran:

- Es de fácil preparación y bajo costo, usando de insumos los propios desechos orgánicos del agricultor.
- Siendo un fertilizante orgánico, no contamina el suelo, agua o aire; siendo una alternativa a considerar de los fertilizantes químicos.
- Permite un mejor intercambio catiónico en el suelo, logrando una fertilización de suelos y mejorando la disponibilidad de nutrientes en el mismo ¹⁴.
- Tiene propiedades biocidas y revitaliza a las plantas que tienen estrés por ataque de plagas ¹⁴.
- Aumenta la productividad y rendimiento de diferentes cultivos, logrando el mismo o mayor valor que los fertilizantes químicos ¹⁶.

En la Tabla N°6 se muestra el porcentaje de aumento de rendimiento en comparación con una parcela de control para cada cultivo:

Tabla N°6. Aumento en el rendimiento de los cultivos en comparación con una parcela de control ²¹

Cultivo	% de aumento en el rendimiento en comparación con una parcela control
Arroz	46%
Tomate	108% y 33%
Maíz	92%
Papa	34%
Cereales	30%

1.5.6. Desventajas

El biol posee ciertas desventajas, entre ellas se encuentran:

- Su preparación y tiempo de retención del proceso depende de la temperatura del ambiente, lo cual puede demorar más o menos de acuerdo al lugar donde se hará el proceso ¹².
- Necesita de un ambiente oscuro y fresco para su almacenaje, de lo contrario perderá sus propiedades nutritivas y biológicas ¹².
- Se puede usar entre 3 a 6 meses de su cosecha, a partir del cuarto mes va perdiendo sus propiedades ¹².
- Preparar mal la solución de biol con agua puede quemar a las plantas.

1.6. Biogás

1.6.1. Concepto

El biogás es una combinación de gases que se producen como residuo del proceso de biodigestión anaerobia. Esta mezcla se constituye principalmente de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua y gases traza ²².

Este residuo puede ser utilizado como combustible, ya que su componente más importante, el cual es el metano, influye directamente en su valor calorífico. La composición del biogás depende de la composición del material de insumo; además, la producción de metano es afectado por los parámetros del proceso, como la temperatura, pH, carga del biorreactor y tiempo de retención ²².

1.6.2. Características generales

El rendimiento del biogás como combustible está determinado por la composición del sustrato proveído al biodigestor, como las proporciones de lípidos, proteínas y carbohidratos. Además, la calidad de la composición de gases depende también de sus gases traza, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el cual no debe ser muy alta porque puede producir una inhibición en el proceso de degradación; al mismo tiempo, la alta concentración de H_2S en el biogás causa daño de corrosión en el sistema de biodigestión ²².

1.6.3. Composición

La composición del biogás producido depende directamente de los componentes utilizados en el proceso de digestión, el cual tiene una composición promedio de los constituyentes ²².

En la Tabla N°7 se muestra la composición del biogás.

Tabla N°7. Composición promedio del biogás ²²

Constituyente	Concentración
Metano (CH_4)	50-75 vol. %
Dióxido de Carbono (CO_2)	25-45 vol. %
Agua (H_2O)	2-7 vol. % (20-40°C)
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	20-20.000 ppm
Nitrógeno (N_2)	<2 vol. %
Oxígeno (O_2)	< 2 vol. %
Hidrógeno (H_2)	<1 vol. %

1.6.4. Ventajas

El biogás posee ciertas ventajas, entre ellas se encuentran:

- Su obtención como residuo de la digestión anaerobia, siendo barato y simple su producción ²².
- Valor calorífico considerable para su utilización como combustible casero ²².
- Rendimiento en su producción manejable para obtener mayor cantidad ²².

1.6.5. Desventajas

El biogás tiene ciertas desventajas, entre ellas se encuentran:

- Se convierte en un residuo del proceso de digestión si no se considera su uso.
- Al considerarlo un residuo del proceso, lo convierte en un desecho contaminante para el aire ²².

- Requiere de almacenamiento y un sistema de conducción de gas si se considera su uso como combustible ²².
- Se debe considerar otras concentraciones de componentes de biodigestión, para el enfoque en la obtención del biogás por sobre el biol ²².

1.6.6. Aplicaciones

Como se mencionó anteriormente, se utiliza principalmente como combustible gaseoso, teniendo un valor calorífico considerable. Sin embargo, necesita de componentes, modelo de biodigestor, proceso de digestión, tiempo de retención, sistema de almacenamiento y monitoreo de parámetros específicos para la producción correcta de esta mezcla gaseosa; los cuales no son aplicados o considerados en la metodología de esta tesis ²².

1.7 Efecto del biol sobre las plantas

1.7.1 Requerimiento nutricional de la planta

Los elementos más importantes que requieren las plantas para un óptimo crecimiento y desarrollo son los nutrientes, los cuales son los minerales que se hallan en la atmosfera y el agua; y los no minerales que son aquellos originados en el suelo los cuales se dividen en tres grupos: nutrientes mayores (Nitrógeno, fósforo y potasio), los secundarios (Calcio, magnesio y azufre) por último los menores ²³.

En la Tabla N°8 se muestran los elementos más importantes que requieren las plantas para su desarrollo.

Tabla N°8. Macronutrientes y micronutrientes que requiere la planta ²³.

Nutriente	Función en la planta	Síntomas de deficiencia
Macronutrientes		
Nitrógeno	Hace parte de los ácidos nucleicos, proteínas, hormonas, etc.	Plantas cloróticas con crecimiento deforme disminuido.
Potasio	Participa en la síntesis de las proteínas y en los movimientos tróficos de las plantas.	Debilitamiento de tallos y raíces, manchas de tejidos muertos y clorosis en las hojas.
Calcio	Formador de la pared celular, indispensable en el funcionamiento y estructura de la membrana celular.	Muerte de los meristemos, tallos y raíces.

Magnesio	Componente de la clorofila y activador de muchas enzimas.	Clorosis en las hojas.
Fósforo	Componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y del ATP.	Crecimiento atrofiado, formación de manchas oscuras en las hojas y tallos.
Azufre	Componente de las enzimas y proteínas.	Aparición de venas oscuras necróticas.
Micronutrientes		
Cloro	Indispensable para la fotosíntesis y el balance hídrico de las plantas.	Marchites en las hojas, raíces atrofiadas, presencia de tejidos muertos.
Hierro	Necesario en la síntesis de las proteínas.	Tallos cortos y débiles; clorosis foliar.
Boro	Posibilita el transporte de carbohidratos y para la síntesis de los ácidos nucleicos.	Muerte de los meristemos, de raíces, tallo, hojas enroscadas.
Manganeso	Formación de aminoácidos	Clorosis de las hojas jóvenes excepto en las venas más pequeñas. Presencia de tejidos muertos entre las venas.
Zinc	Activador de la síntesis de proteínas.	Clorosis en hojas tiernas y manchas necróticas en hojas adultas.
Cobre	Composición de las enzimas	Hojas tiernas cloróticas y manchas en las hojas adultas.
Molibdeno	Esencial en la fijación de Nitrógeno.	Clorosis, enrollamiento y muerte de hojas tiernas.

1.7.2 Aplicación foliar del biol

La fertilización foliar del biol tiene la ventaja de acelerar el crecimiento e incrementar el rendimiento de la planta ¹⁸.

Este método consiste en la aplicación de una sustancia nutritiva a la planta para un mejor rendimiento y óptimo crecimiento de estas sin deficiencias en el proceso. Esta aplicación tiene mayor eficiencia en la absorción de nutriente en comparación con la fertilización al suelo y permite la aplicación de nutrientes específicos para lograr un óptimo rendimiento ¹⁸.

Según estudios realizados se llegó a la conclusión que las hojas son los mejores receptores para la aplicación de los nutrientes, la efectividad varia con la especie y los nutrientes que se deseen aplicar, además de la duración del proceso de absorción ¹⁸.

La aplicación foliar ha resultado ser un buen método para proporcionar a la planta los nutrientes que necesita siendo los principales zinc, hierro, cobre, manganeso, boro, molibdeno; simultáneamente puede suplementar con otros nutrientes como: nitrógeno, potasio, fosforo, calcio, magnesio, siendo estos requeridos en ciertas fases de crecimiento de las plantas ¹⁸.

En la Tabla N°9 se muestra el tiempo que tarda cada nutriente en absorber el biol.

Tabla N°9. Velocidad de absorción foliar ¹⁸.

Nutriente	Tiempo para que se absorba el 50% del producto
N	0.5-2 horas
P	5-10 días
K	10-24 horas
Ca	1-2 días
Mg	2-5 horas
S	8 días
Mn	1-2 días
Zn	1-2 días
Mo	10-20 días
Fe	10-20 días

1.8 Bioensayos de toxicidad

Es una prueba que se basa en evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el proceso de crecimiento de las plantas ¹⁹.

El efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración permite evaluar el efecto en la elongación de la radícula y del hipocótilo de las plántulas, estas concentraciones pueden ser tan bajas que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que sin embargo pueden retardar o inhibir completamente los procesos de elongación. De esta manera, la inhibición en la elongación de la radícula e hipocótilo constituyen indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en vegetales ¹⁹.

En la Figura N°6 se muestra las etapas de germinación de la semilla de maíz.

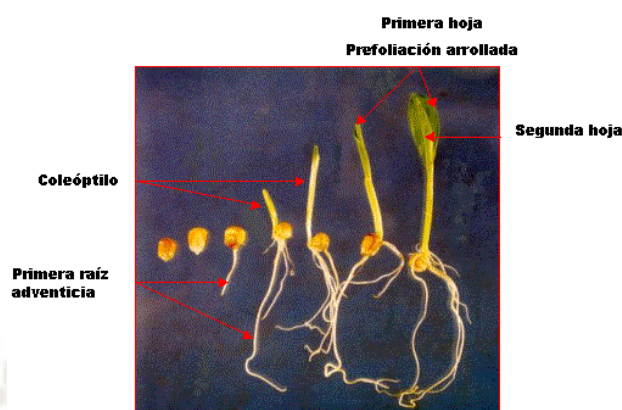


Figura N°6. Germinación de la semilla de maíz ³⁰

1.8.1 Germinación de semillas

La semilla es una parte esencial de la planta que actúa como fuente de nutrientes para su proceso de desarrollo; cuando la reserva de nutrientes se agota, la planta depende de los nutrientes que proporciona el suelo o de suplementos nutritivos que se pueden añadir ²⁶. Por lo tanto, el proceso de germinación es la recuperación de la actividad biológica de la semilla; para que esto ocurra se necesitan de condiciones ambientales óptimas como tener un sustrato húmedo, disponibilidad de oxígeno adecuada y temperatura ²⁵.

Etapas del proceso de germinación

- Etapa de hidratación: Esta primera etapa se relaciona con una intensa absorción de agua por los tejidos que conforman las semillas. La hidratación es un proceso físico el cual presenta una duración variable de acuerdo a cada tipo de especie considerada. Esta etapa posibilita que se activen procesos metabólicos los cuales son esenciales para las demás etapas del proceso de germinación ³⁴.
- Etapa de germinación: En esta etapa la semilla pasa por profundas transformaciones metabólicas que preparan el camino para la siguiente etapa. En esta etapa se reduce considerablemente la absorción de agua por la semilla y el consumo de oxígeno se estabiliza ³⁴.
- Etapa de crecimiento: Es la última etapa del proceso de germinación en el cual los cambios morfológicos de la semilla son visibles, es decir la elongación de la radícula. En esta etapa se da un constante incremento de la actividad respiratoria y la absorción de agua. En esta etapa de la germinación se da una situación

fisiológica irreversible, de tal manera que si una semilla ha superado la etapa de germinación tiene dos caminos: pasar a la fase de crecimiento y ser una plántula o terminar muriendo ³⁴.

En la Tabla N°10 se muestran las etapas de germinación de semillas con sus respectivos sucesos.

Tabla N°10. Etapas de Germinación de las semillas ²⁵

Etapas	Sucesos
PRIMERA ETAPA: Hidratación o absorción	El agua hidrata las proteínas y otros coloides.
SEGUNDA ETAPA: Formación o activación de enzimas.	Provoca el aumento de la actividad metabólica.
TERCERA ETAPA	Crecimiento de la planta.

Existen dos tipos de germinación:

- a) Germinación epigea: En este tipo de germinación los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo; luego se da el desarrollo del epicótilo y en los cotiledones se diferencian los cloroplastos. Este tipo de germinación se da en semilla de frijoles, lechuga, etc. ²⁶.

En la Figura N°7 se muestra un ejemplo de germinación epigea (judía).

Germinación epígea

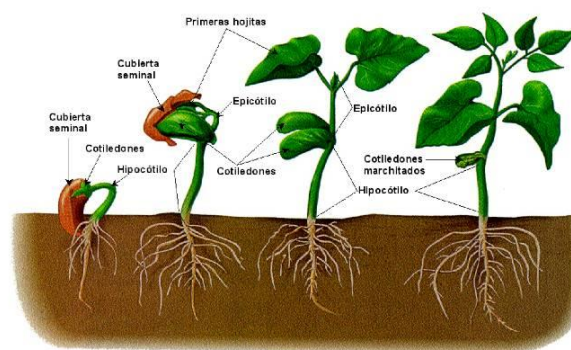


Figura N°7. Germinación epigea de la judía (*Phaseolus vulgaris*) ²⁶

- b) Germinación hypogea: En este tipo de germinación los cotiledones permanecen enterrados, en este caso solo la plúmula atraviesa el suelo. Presenta hipocotilo corto; el epicótilo se alarga, dando lugar a las hojas verdaderas que vendrían a ser los primeros órganos fotosintetizadores de la

planta. Este tipo de germinación la presentan el trigo, el maíz, la cebada, etc

26.

En la Figura N°8 se muestra un ejemplo de germinación hipopea (guisante).

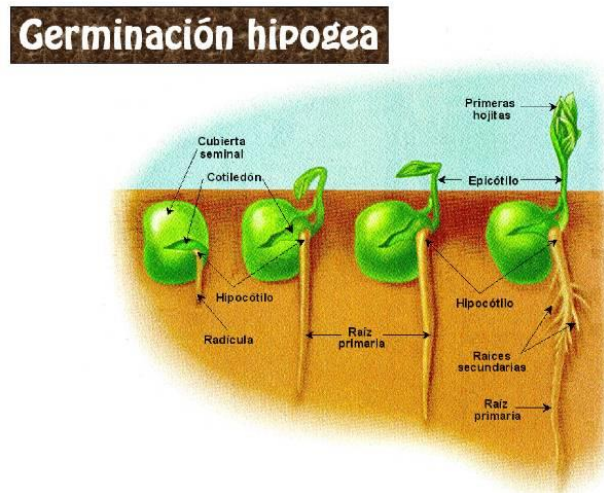


Figura N°8. Germinación hipopea del guisante (*Pisum sativum*) ²⁶.

1.8.2 Metodología

Tomando como referencia a Sobrero y Ronco el cual realizo la prueba de bioensayo de toxicidad de semillas de lechuga de la especie *L. sativa*, tenemos la siguiente metodología ¹⁹:

- a) Colocar en cada caja Petri un disco de papel de filtro ¹⁹.
- b) Marcar correctamente cada caja con la dilución correspondiente, así como la fecha y hora de inicio y término del bioensayo ¹⁹.
- c) Saturar el papel de filtro con 4 o 5 mL de la dilución evitando que se formen bolsas de aire.
- d) Con la ayuda de una pinza, colocar cuidadosamente 20 semillas, dejando espacio suficiente entre las semillas para permitir la elongación de las raíces ¹⁹.
- e) Tapar las cápsulas y colocarlas en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad.
- f) Incubar por 120 horas (5 días) a una temperatura de 22 ± 2 °C ¹⁹.
- g) Realizar tres repeticiones para cada dilución ensayada ¹⁹.

La preparación de las dosis de dilución se recomienda preparar un mínimo de 5 o 6 diluciones de la muestra o compuesto a estudiar de manera que se obtengan valores de toxicidad intermedios entre el 100 y 0%, para la preparación de la serie de diferentes

concentraciones se recomienda usar un factor de dilución de 0.3 que permite evaluar toxicidad mediante 5 diluciones de 100, 30, 10, 3 y 1%, o usar 0.5 cuyas diluciones son 100, 50, 25, 12, 6, 3 y 1.5% pero se obtiene mayor precisión en los resultados ¹⁹.

En la Tabla N°11 se presentan las condiciones recomendadas para las pruebas de toxicidad aguda ¹⁹:

Tabla N°11. Condiciones recomendadas para las pruebas de toxicidad aguda¹⁹

Tipo de ensayo	Estático
Pre enfriado de las semillas	5°C y 10°C durante 7 días
Temperatura	20 ± 2°C
Calidad de luz	Oscuridad
Volumen de la solución de prueba	4mL
Agua de dilución	Agua dura reconstituida (agua destilada)
Número de semillas por réplica	20
Número de replicas	3
Duración de la prueba	120 horas (5 días)

Si se desea utilizar maíz no es necesaria su refrigeración, además por su tamaño de acuerdo a la especie sería necesario solo 10 semillas por placa o menos ¹⁹.

Cálculo del índice de germinación

El cálculo del índice de germinación (IG) según el test de Sobrero, es de la siguiente manera ¹⁹:

$$PGR = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el blanco}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto}}{\text{Elongación de radícalos en el blanco}} \times 100$$

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100}$$

Donde:

PGR: Porcentaje de Germinación Relativo

CRR: Crecimiento de Radícula Relativo.

IG: Índice de Germinación.

1.8.3 Características del maíz

El maíz es una gramínea caracterizada por poseer tallos con forma de caña ²⁴.

Presenta inflorescencia femenina llamada mazorca en donde se encuentran las semillas que están agrupadas a lo largo de un eje. El maíz, el trigo y el arroz constituyen uno de los principales alimentos cultivados en el mundo. No solo es utilizado para la alimentación humana, sino que es un alimento fundamental para algunos animales. Los tallos de maíz una vez separados de la mazorca pueden ser utilizados como forraje ²⁴.

A partir de esta planta se obtienen bebidas no alcohólicas llamadas chichas. A nivel industrial se puede obtener del maíz endulzantes alimenticios ²⁴.

Entre las principales variedades de maíz tenemos:

- Maíz dulce (*Zea Mays.subsp. mays Saccharata*) se utiliza para comer como verdura cuando es joven ²⁹.
- Maíz de harina (*Zea Mays L, subsp. Mays Amylacea*) Se utiliza para la elaboración de harina ya que tiene un nivel de almidón muy blando ²⁹.
- Maíz de corteza dura: (*Zea Mays L, subsp. Mays indurata*) el grano posee una corteza muy dura ²⁹.
- Maíz dentado: (*Zea Mays L, subsp. Mays indentata*) cuando llega a la maduración presenta una depresión en el grano ²⁹.

En la Tabla N°12 se muestra el requerimiento nutricional que necesita el maíz para su desarrollo:

Tabla N°12. Requerimiento nutricional del maíz ²⁷

Nutriente	Requerimiento Kg/Ton grano	Índice de cosecha	Rendimiento de 9000 Kg /ha	
			Necesidad Kg/ha	Extracción Kg/ha
Nitrógeno	22	0.66	198	131
Fósforo	4	0.75	36	27
Potasio	19	0.21	171	36
Calcio	3	0.07	27	2
Magnesio	3	0.28	27	8
Azufre	4	0.45	36	16
Boro	0.020	0.25	0.180	0.045

Cloro	0.444	0.06	3.996	0.240
Cobre	0.013	0.29	0.117	0.034
Hierro	0.125	0.36	1.125	0.405
Manganeso	0.189	0.17	1.701	0.289
Molibdeno	0.001	0.63	0.008	0.005
Zinc	0.053	0.50	0.477	0.239



Capítulo II: Materiales y Métodos

2.1. Lugar de ejecución

Se designó un área de trabajo para la construcción y tiempo de retención ubicado en calle Moquegua 323, Miraflores.

2.2. Materiales

2.2.1. Materiales biológicos

- Estiércol vacuno, recolectado en un establo del distrito de Santa Rita de Siguan.
- Hojas de *Swetenia macrophylla* (caoba de hoja grande) recolectadas de la poda del Parque Libertad de Expresión, proporcionado por la Sub Gerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Arequipa.
- *Cynodon dactylon* (pasto) recolectado de la poda del Parque Libertad de Expresión, proporcionado por la Sub Gerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Provincial de Arequipa.
- Semillas de maíz *Zea mays* (maíz) variedad “cabanita”.

2.2.2. Materiales de laboratorio

- Termómetro de laboratorio Boeco
- Probeta de 10 mL
- Cinta de pH OF
- Papel filtro de filtración rápida 58 x 58 cm
- Placas Petri de 60 x 15 mm
- Vaso de precipitación de 500 mL
- Vaso de precipitación de 50 mL

2.2.3. Equipos, aparatos e instrumentos

- Balanza digital Portable Electronic Scale WeiHeng
- Analizador portátil de biogás Geotech BIOGAS 5000
- Taladro Black&Decker BD 154 R

2.2.4. Materiales varios

- Bidones de 8 L con llave de paso
- Bolsas de diuresis de 2 L
- Tris
- Adaptadores de gas de ½"
- Viruta de metal
- Guantes de jebe
- Guantes quirúrgicos
- Agua destilada
- Agua no potable
- Alcohol
- Mechero
- Baldes varios
- Barbijos
- Pistola de silicona

2.3. Métodos

2.3.1. Construcción y puesta en marcha de los biodigestores tipo Batch

a) Recolección de los componentes orgánicos y agua

Se recolectaron las hojas y pasto podado del Parque Libertad de Expresión, ubicado en el distrito de Arequipa. El estiércol se recolectó de un establo del distrito de Santa Rita de Siguan. Se utilizó agua no potable para evitar la presencia de carbonatos y bicarbonatos como inhibidores de la digestión anaerobia, el cual fue recolectado del Parque Ángel Vinicio Cornejo.

b) Construcción de los biodigestores tipo Batch

Se construyeron los biodigestores tipo Batch de una sola carga en base a un volumen total de 8 L. Estos contenedores son sellados herméticamente para evitar la alteración del proceso de digestión y la fuga del biogás. Cada biodigestor contó con una llave de paso incorporado para la obtención de muestras. Para el almacenamiento del biogás, se hizo un orificio en el centro de la tapa del bidón, en el cual se conectó la manguera de la bolsa de diuresis y se pegó la unión con tris y silicona. Se incorporó una viruta de metal dentro de la manguera que se conecta a la bolsa de diuresis como filtro de H_2S para cada biodigestor.

En la Figura N°9 se observa el esquema del biodigestor.

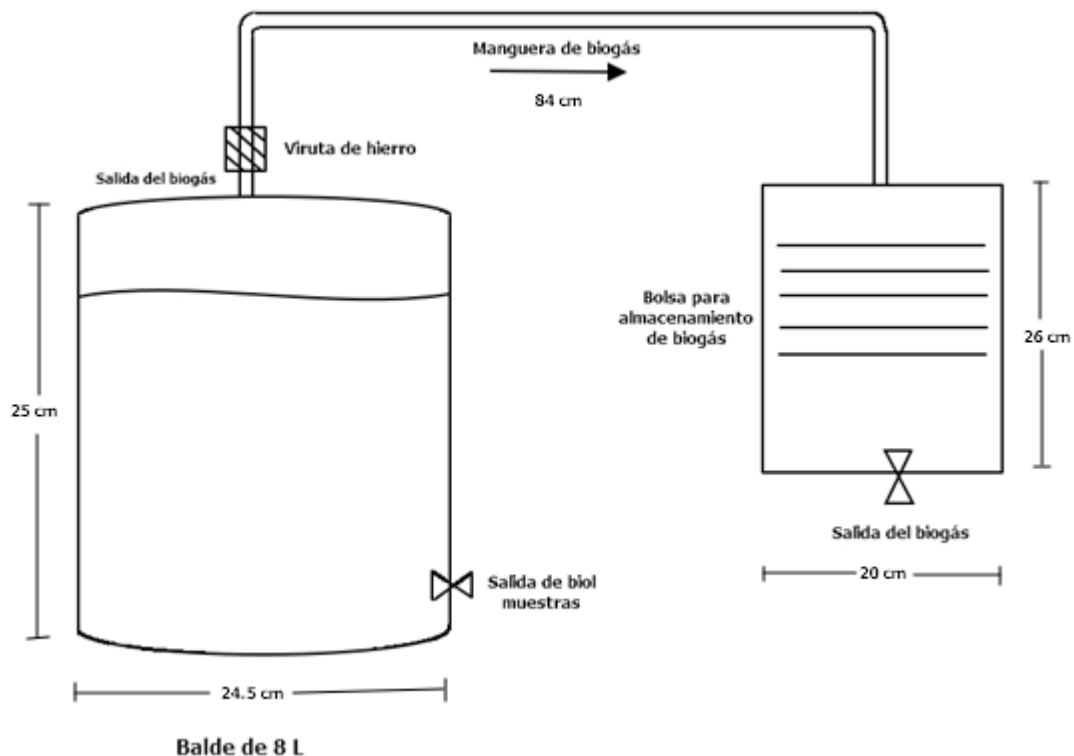


Figura N°9. Esquema del biodigestor tipo Batch

Se consideraron 4 diferentes proporciones entre diferentes tipos de materia verde y estiércol, siendo de 3:1, 5:1 y 7:1, además de un blanco conteniendo solo materia orgánica. Los tipos de materia verde son: Pasto, Hojas y Pasto+Hojas, siendo un biodigestor por tratamiento en 3 repeticiones, obteniendo 36 biodigestores en total.

En la Tabla N°13 se muestra cantidades correspondientes para cada biodigestor.

Tabla N°13. Proporciones para cada biodigestor

	Componentes					
	Pasto		Hojas		Pasto+Hojas	
	Estiércol	Pasto	Estiércol	Hojas	Estiércol	Pasto + hojas
Proporciones	0	3	0	3	0	3
	1	3	1	3	1	3
	1	5	1	5	1	5
	1	7	1	7	1	7

Para el cálculo de la carga de los biodigestores, se determinó un volumen efectivo del 80% de los bidones ⁶, el cual es 6.4 L. Se determinó la relación de materia orgánica/agua de 1/4 ¹³, por lo tanto, fueron 1.6 L de componentes orgánicos y 4.8 L de agua. Para hallar las cantidades de cada componente orgánico se utilizaron sus densidades, encontradas con el método de desplazamiento de agua.

c) Puesta en marcha y tiempo de retención

Se procedió a llenar los biodigestores con los componentes recolectados. Primero se cortaron las hojas manualmente a un tamaño de 3 cm aproximadamente, luego se realizó el pesado de cada componente, se llenaron los bidones con los mismos y se sellaron herméticamente incorporando teflón en la selladura de la tapa. Se rotularon de acuerdo a su repetición, relación y componente principal. Todos los biodigestores fueron almacenados en un mismo lugar a temperatura ambiente y cerrado. Cada repetición se armó después de un mes, con un tiempo de retención de 3 meses cada uno.

Para asegurarse de que el proceso de digestión sea óptimo, se hizo un monitoreo con mediciones de pH y temperatura de forma interdiaria el primer mes, y una vez a la semana en los siguientes dos meses para cada tratamiento. Para cada muestreo se tomó 10 mL del contenido en una probeta para la medición de temperatura la cual se hizo con un termómetro de laboratorio y el pH el cual se realizó con la cinta de papel indicador. El pH debe mantenerse en el rango de 6.5 a 7.5, y la temperatura entre 15 a 28°C.

2.3.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del biol

Terminado el proceso de digestión y la obtención del biol, se caracterizó el mismo para conocer el contenido de macronutrientes y micronutrientes y poder determinar su calidad. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico y Servicios EIRL - LAQ&S. También se hizo una caracterización microbiológica para asegurar que el biol esté libre de coliformes totales y fecales. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Procesos, Controles e Inspecciones Perú SAC - PROCEIN PERÚ.

Se analizó carbono, nitrógeno total, relación C/N, materia orgánica, potasio total, fósforo total, coliformes totales y fecales; para comparar las diferentes composiciones fisicoquímicas de cada biol obtenido por los diferentes componentes.

2.3.3. Análisis del biogás

El volumen del biogás almacenado en las bolsas de diuresis fue medido mediante el método de desplazamiento de agua, y su composición mediante el Analizador Portátil de Biogás Geotech BIOGAS 5000, proporcionado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María.

Se analizó metano, dióxido de carbono, oxígeno molecular y ácido sulfhídrico; para comparar la cantidad de biogás que producen los componentes de los diferentes sistemas propuestos.

2.3.4. Prueba del efecto del biol en semillas de maíz

Se realizó el ensayo del efecto del biol en la germinación de semillas de *Zea mays* (maíz) variedad cabanita.

Los bioensayos de germinación se realizaron según el test de Fitotoxicidad de Sobrero y Ronco adaptado para biol¹⁹. A través de esta prueba se evaluó el efecto del biol en las semillas sobre el índice de germinación (IG) de semillas de maíz y la longitud de la radícula de cada una de las plántulas.

En la Tabla N°14 se muestra las condiciones usadas para evaluar el efecto del biol en la germinación y crecimiento de las plántulas de maíz:

Tabla N ° 14. Condiciones para evaluar el efecto de biol en la germinación y crecimiento de las plántulas de maíz ¹⁹

Temperatura	Ambiente (22 +/-2°C)
Calidad de luz	Oscuridad
Tiempo de duración	120 horas
Volumen de la solución de prueba	4 mL
Agua de dilución	Agua destilada

Se utilizaron 4 diluciones de biol con agua destilada, siendo el blanco solamente agua destilada. Se tomó como referencia la dosificación del Fastbiol de Peralta ¹⁵ (0.1, 1 y 5%). Se colocaron 5 semillas por dilución en cada placa Petri, siendo en total 720 semillas de maíz en 144 placas.

El procedimiento de preparación de la prueba fue:

- Se colocó en cada placa Petri un disco de papel filtro
- Se rotuló correctamente cada placa con la dilución, biodigestor y lote correspondiente.
- Se saturó el papel filtro de cada placa con 4 mL de dilución evitando que se formen bolsas de aire.
- Con una pinza, se colocó en cada placa 5 semillas, dejando espacio suficiente entre ellas.
- Se tapó cada placa y se colocaron en bolsas de plástico negras.
- Se incubó por 120 horas a temperatura ambiente.
- Finalmente se hicieron las mediciones correspondientes para encontrar el Índice de germinación.

Para la medición del efecto de elongación de la radícula e hipocótilo se midieron las plántulas de maíz en el último día utilizando un escalímetro. Se consideró la elongación de radícula desde el nudo hasta el ápice. Finalmente, se procedió a los cálculos del Índice de germinación (IG) de cada tratamiento teniendo como base el tratamiento control, realizado de la siguiente manera:

$$PGR = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el blanco}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto}}{\text{Elongación de radícalos en el blanco}} \times 100$$

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100}$$

Dónde:

PGR: Porcentaje de Germinación Relativo

CRR: Crecimiento de Radícula Relativos

IG: Índice de Germinación



Capítulo III: Resultados y discusión

3.1. Construcción y puesta en marcha de los biodigestores tipo Batch

Los biodigestores contruidos fueron basados en la revisión bibliográfica de varios prototipos empleados en la producción de biol a escala de laboratorio, con almacenamiento del biogás producido. Se hicieron algunas modificaciones para adaptar el diseño de acuerdo a los materiales obtenidos, pero los cambios fueron mínimos. El modelo final fue funcional y cumplió su objetivo de acuerdo a lo establecido en la bibliografía ³¹. En la Figura N°10 se muestra el prototipo construido con la materia orgánica dentro.



Figura N° 10. Biodigestor tipo Batch con la carga de materia orgánica

Cálculo para la carga de los biodigestores

Se hicieron cálculos para la carga de los biodigestores utilizando las proporciones propuestas para cada componente, el volumen efectivo de cada biodigestor y la relación de materia orgánica/agua de 1/4.

En la Tabla N°15 se muestran las cantidades halladas para cada relación en litros:

Tabla N°15. Cantidades de cada componente orgánico en relación a sus proporciones en litros

Relación	Componente orgánico (L)	Estiércol (L)	Total (L)
3:1	1.2	0.4	1.6
5:1	1.33	0.27	1.6
7:1	1.4	0.2	1.6
Blanco	1.6	0	1.6

En la Tabla N°16 se muestran las densidades para cada componente utilizando el método de desplazamiento de agua:

Tabla N°16. Densidades de los componentes orgánicos

Densidad de hojas	0.575 g/mL
Densidad de pasto	0.6 g/mL
Densidad del pasto + hojas	0.588 g/mL
Densidad del estiércol	0.7 g/mL

En la Tabla N°17 se muestra las cantidades calculadas para cada componente en kilogramos utilizando las densidades halladas anteriormente y los datos en litros en cada biodigestor:

Tabla N°17. Cantidades de cada componente orgánico para cada biodigestor en kilogramos

Relación	Biodigestor	Pasto (Kg)	Hojas (Kg)	Estiércol (Kg)
3:1	1	0.72	0	0.280
	2	0	0.69	0.280
	3	0.353	0.353	0.280
5:1	1	0.798	0	0.189
	2	0	0.765	0.189
	3	0.391	0.391	0.189
7:1	1	0.84	0	0.140

	2	0	0.763	0.140
	3	0.412	0.412	0.140
Blanco	1	0.96	0	0
	2	0	0.92	0
	3	0.471	0.471	0

Monitoreo del proceso de digestión

Se realizó el monitoreo del proceso de digestión de los biodigestores mediante las variables de pH y Temperatura.

Monitoreo de la variación del pH

Se realizaron gráficas con los datos obtenidos de las mediciones de pH durante el tiempo de retención para facilitar la comprensión y análisis de las variaciones de esta variable. Se hizo esta evaluación comparando la variación de pH entre las repeticiones de un mismo tipo de biodigestor, y luego un análisis de varianza de un solo factor para demostrar las diferencias significativas entre el número promedio de variaciones de pH, además de una prueba de comparación múltiple de Tukey si existen medias diferentes. Este análisis estadístico se realizó con el software Minitab 18 ³². En el Anexo N°1 se muestran todos los datos registrados en las tres repeticiones.

Todos los procesos de digestión tuvieron un pH inicial de 5.5 a 6.5, siendo la mayoría de 6; luego ocurre un descenso, con variaciones múltiples en los primeros 30 días aproximadamente, y finalmente se estabiliza en 5, con algunas excepciones puntuales.

Los valores de pH en los primeros diez días se deben a las condiciones de los componentes orgánicos. En los siguientes 20 días decae paulatinamente debido a la acumulación de ácidos grasos volátiles de cadena corta que se realiza durante la fase de hidrólisis, seguido de la acidogénesis. Estos ácidos grasos volátiles inhiben o eliminan a los microorganismos que crecen a pH más neutros, lo cual puede influir en los siguientes procesos de la digestión anaeróbica ¹.

Al mantener este pH ácido después del primer mes, disminuye la producción del biogás y su composición debido a la formación de amonio; esto puede deberse a la composición original de los componentes orgánicos utilizados en la fermentación ¹. Se puede considerar esta condición como una ventaja en conseguir la disminución de la producción

de biogás y de su componente principal, el cual es el metano, sin llegar a perjudicar la calidad nutritiva del biol, el cual se vería afectado si el pH descendiera de 5.

Monitoreo de la variación de Temperatura

Se realizaron gráficas con los datos obtenidos de las mediciones de Temperatura durante el tiempo de retención para facilitar la comprensión y análisis de las variaciones de esta variable. Se hizo esta evaluación comparando la variación de Temperatura entre las repeticiones de un mismo tipo de biodigestor, y luego un análisis de varianza de un solo factor para demostrar las diferencias significativas entre el número promedio de variaciones de Temperatura, además de una prueba de comparación múltiple de Tukey si existen medias diferentes. Este análisis estadístico se realizó con el software Minitab 18³². En el Anexo N°2 se muestran todos los datos registrados en las tres repeticiones.

El rango de temperatura predominante fue el mesófilo, para lo cual fue escogido el tiempo de retención de 90 días, acorde a la temperatura ambiental en Arequipa.

En el tiempo de retención de todos los biodigestores ocurrió un patrón casi similar, con algunas variaciones menores, tomando en cuenta el incremento inicial de temperatura en los primeros 30 días obteniendo picos máximos, luego un descenso en los días posteriores, y finalmente un establecimiento casi similar entre ellos.

La temperatura afecta directamente a la tasa de crecimiento bacteriano, así como también a los procesos fisicoquímicos del sistema, interviniendo en la producción de biogás. El incremento inicial de temperatura se debe al crecimiento bacteriano y la actividad metanogénica; mientras que el descenso se debe a la aparición de sulfuros no ionizados, los cuales, al aumentar su solubilidad, produce una inhibición del proceso, además de afectar la solubilidad de otros compuestos presentes como NH_3 , H_2 y ácidos grasos volátiles no ionizados¹⁴.

3.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del biol

Pasados los 90 días de digestión anaerobia de cada repetición, se tomaron muestras del biol obtenido de cada biodigestor y se les realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico.

Análisis fisicoquímico

Se analizaron porcentajes de Carbono (C), Nitrógeno total (N), relación Carbono/Nitrógeno (Relación C/N), Fósforo total (P) y Potasio total (K). Fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Químico y Servicios EIRL - LAQ&S.

Los parámetros analizados proporcionan las cantidades y porcentajes de los elementos que caracterizan al biol, tomando los más importantes que aportan al crecimiento de la planta.

Tabla N°18. Porcentajes de Carbono obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones

Biodigestor	Carbono C (%)			Promedio
	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	
Hojas 3:1	0.347	0.245	0.146	0.25
Hojas 5:1	0.234	0.313	0.128	0.23
Hojas 7:1	0.384	0.233	0.124	0.25
Hojas Blanco	0.32	0.219	0.105	0.26
Pasto 3:1	0.082	0.16	0.105	0.12
Pasto 5:1	0.07	0.17	0.105	0.12
Pasto 7:1	0.055	0.18	0.047	0.09
Pasto Blanco	0.057	0.32	0.062	0.15
Pasto Hojas 3:1	0.092	0.14	0.159	0.13
Pasto Hojas 5:1	0.099	0.15	0.124	0.12
Pasto Hojas 7:1	0.103	0.14	0.078	0.11
Pasto Hojas Blanco	0.074	0.24	0.107	0.14

Tabla N°19. Promedios de porcentajes de Carbono obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	0.246	0.225	0.247	0.23
Pasto	0.116	0.115	0.094	0.12
Pasto+Hojas	0.13	0.124	0.107	0.13
Promedio	0.16	0.15	0.15	

En la Tabla N°18 se puede apreciar que se obtuvo una cantidad considerable de Carbono en todos los biodigestores de las tres repeticiones, destacando los obtenidos en los de Hojas en general.

En la Tabla N°19 se observa que el biol obtenido del componente Hojas contiene más porcentaje de Carbono comparado a los otros, y en proporción se encuentra mayor cantidad en los biodigestores con 7:1 de residuo orgánico y estiércol.

Tabla N°20. Porcentajes de Nitrógeno total obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones

Nitrógeno total (%)				
Biodigestor	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	Promedio
Hojas 3:1	0.12	0.09	0.06	0.09
Hojas 5:1	0.097	0.079	0.057	0.08
Hojas 7:1	0.118	0.11	0.051	0.09
Hojas Blanco	0.108	0.072	0.034	0.07
Pasto 3:1	0.056	0.081	0.083	0.07
Pasto 5:1	0.054	0.088	0.062	0.07
Pasto 7:1	0.036	0.095	0.083	0.07
Pasto Blanco	0.048	0.22	0.037	0.10
Pasto Hojas 3:1	0.067	0.044	0.071	0.06
Pasto Hojas 5:1	0.077	0.046	0.076	0.07
Pasto Hojas 7:1	0.068	0.032	0.054	0.05
Pasto Hojas Blanco	0.051	0.104	0.042	0.07

Tabla N°21. Promedios de porcentajes de Nitrógeno obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	0.09	0.078	0.093	0.08
Pasto	0.073	0.068	0.071	0.08
Pasto+Hojas	0.061	0.066	0.051	0.06
Promedio	0.07	0.07	0.07	

En la Tabla N°20 se puede apreciar que en los biodigestores de la repetición 1 se obtuvo mayor cantidad de Nitrógeno en los de solo Hojas, esto se debe a que el pH bajó a 5 además de una mayor superficie de contacto debido al corte de las hojas; el cual aporta mayor transferencia del elemento hacia la planta en formas iónicas, presentando a todas como Nitrógeno total ¹⁷. En la repetición 2 destacan los biodigestores de solo Hojas también, seguido por los de solo Pasto por una diferencia mínima. En la repetición 3 destacan los biodigestores de solo Pasto como los de mayor cantidad. Los promedios generales de las tres repeticiones demuestran que todos los biodigestores presentan una cantidad de Nitrógeno total óptima para la aplicación de los bioles obtenidos.

En la Tabla N°21 se observa que los bioles obtenidos de los componentes Hojas y Pasto contiene mayor porcentaje de Nitrógeno comparado al de Pasto+Hojas, y en proporción se mantienen iguales entre sí.

Tabla N°22 . Porcentajes de Potasio obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones

Biodigestor	Potasio (mg/L)			Promedio
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Hojas 3:1	1450	1970	1800	1740.00
Hojas 5:1	1900	1810	1480	1730.00
Hojas 7:1	1840	1790	1680	1770.00
Hojas Blanco	1350	1420	1360	1376.67
Pasto 3:1	1700	1400	1840	1646.67
Pasto 5:1	1720	1430	1800	1650.00
Pasto 7:1	1740	1300	1320	1453.33
Pasto Blanco	1700	1410	1200	1436.67
Pasto Hojas 3:1	1800	1500	2000	1766.67
Pasto Hojas 5:1	1490	1580	1760	1610.00
Pasto Hojas 7:1	1700	1500	1400	1533.33
Pasto Hojas Blanco	1600	1650	1360	1536.67

Tabla N°23. Promedios de porcentajes de Potasio obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	1740	1730	1770	1654.17
Pasto	1646.67	1650	1453.33	1546.67
Pasto+Hojas	1766.67	1610	1533.33	1611.67
Promedio	1717.78	1663.33	1585.55	

En la Tabla N°22 se aprecian las cantidades obtenidas de Potasio, siendo las mayores las de hojas 5:1 y pasto + hojas 7:1 en los biodigestores de la repetición 1. En la repetición 2 son también superiores en los bioles de solo Hojas. En la repetición 3 las cantidades obtenidas son óptimas, destacando el de Pasto+Hojas 3:1, Pasto 5:1 y Hojas 3:1. Los promedios generales de las tres repeticiones son óptimos para los cultivos agrícolas, aportando la cantidad necesaria para diferentes procesos de las plantas, como la regulación de la absorción de CO₂ y activación de enzimas para la producción de ATP (Adenosina trifosfato) ¹¹.

En la Tabla N°23 se observa que el biol obtenido del componente Hojas contiene más porcentaje de Potasio comparado a los otros, y en proporción se encuentra mayor cantidad en los biodigestores con 3:1 de residuo orgánico y estiércol.

Tabla N°24. Porcentajes de Fósforo obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones

Biodigestor	Fósforo (mg/L)			Promedio
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Hojas 3:1	298	429	288	338.33
Hojas 5:1	345	346	236	309.00
Hojas 7:1	351	371	252	324.67
Hojas Blanco	327	394	452	391.00
Pasto 3:1	249	211	540	333.33
Pasto 5:1	230	284	376	296.67
Pasto 7:1	286	355	256	299.00
Pasto Blanco	406	317	692	471.67
Pasto Hojas 3:1	311	307	320	312.67
Pasto Hojas 5:1	284	247	236	255.67
Pasto Hojas 7:1	259	254	244	252.33
Pasto Hojas Blanco	315	210	576	367.00

Tabla N°25. Promedios de porcentajes de Fósforo obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	338.33	309	324.67	340.75
Pasto	333.33	296.67	299	350.17
Pasto+Hojas	312.67	255.67	252.33	296.92
Promedio	328.11	287.11	292.00	

En la Tabla N°24 se aprecia que las cantidades de Fósforo obtenidas en los biodigestores de la repetición 1 son aceptables, destacando los de solo Hojas. En la repetición 2 vuelven a destacar los biodigestores de solo Hojas. En la repetición 3 destacan los de Pasto+Hojas 3:1, Pasto 5:1 y Hojas 3:1. Los promedios generales de las tres repeticiones indican cantidades óptimas para su aplicación, siendo el segundo nutriente más requerido por las plantas para su desarrollo, participando en procesos metabólicos como la fotosíntesis, la síntesis y degradación de carbohidratos y transferencia de energía ¹¹.

En la Tabla N°25 se observa que el biol obtenido del componente Pasto contiene más porcentaje de Fósforo comparado a los otros, y en proporción se encuentra mayor cantidad en los biodigestores con 3:1 de residuo orgánico y estiércol.

Tabla N°26. Relaciones Carbono/Nitrógeno obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones

Biodigestor	Relación C/N			Promedio
	Repeticón 1	Repeticón 2	Repeticón 3	
Hojas 3:1	2.89	2.72	2.43	2.68
Hojas 5:1	2.41	3.96	2.25	2.87
Hojas 7:1	3.25	2.12	2.43	2.60
Hojas Blanco	2.97	3.04	3.09	3.03
Pasto 3:1	1.46	1.98	1.27	1.57
Pasto 5:1	1.3	1.93	1.69	1.64
Pasto 7:1	1.53	1.89	0.89	1.44
Pasto Blanco	1.19	1.45	1.68	1.44
Pasto Hojas 3:1	1.37	3.18	2.24	2.26
Pasto Hojas 5:1	1.29	3.26	1.64	2.06
Pasto Hojas 7:1	1.51	4.38	1.44	2.44
Pasto Hojas Blanco	1.45	2.31	2.55	2.10

En la Tabla N°26 se aprecia que las relaciones Carbono/Nitrógeno obtenidas en las tres repeticiones cumplen con el rango establecido para bioles artesanales propuesto por Guerrero ¹¹, exceptuando el de Pasto 7:1 de la repeticón 3 el cual es muy bajo. Los promedios generales de las tres repeticiones indican estar dentro del rango mencionado anteriormente para su aplicación como fertilizante natural.

Analizando los promedios generales, la gran mayoría de los resultados obtenidos de todos los parámetros fisicoquímicos analizados son aceptables para considerar a sus respectivos bioles como fertilizantes naturales óptimos, siendo los que mayor destacan en todas las repeticiones los de Hojas; lo cual demuestra que es el componente que da mayor aporte nutritivo a su respectivo biol.

Análisis microbiológico

Se analizaron la cantidad de Coliformes Totales y Fecales para verificar la ausencia de patógenos que puedan afectar la inocuidad de abono en las pruebas de bioensayo en maíz. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Procesos, Controles e Inspecciones Perú SAC - PROCEIN PERÚ.

En la Tabla N°27 se muestra los valores hallados en los análisis de coliformes totales obtenidos de los biodigestores en las tres repeticiones:

Tabla N°27. Cantidad de coliformes totales obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones (NMP/100g)

Biodigestor	Coliformes totales (NMP/100g)			Promedio
	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	
Hojas 3:1	10	11	<3	11.00
Hojas 5:1	110	11	15	45.33
Hojas 7:1	110	11	23	48.00
Hojas Blanco	40	21	7	22.67
Pasto 3:1	110	110	40	86.67
Pasto 5:1	7	40	21	22.67
Pasto 7:1	70	15	9	31.33
Pasto Blanco	110	110	40	86.67
Pasto Hojas 3:1	<3	21	210	115.50
Pasto Hojas 5:1	40	11	9	20.00
Pasto Hojas 7:1	<3	21	9	15.00
Pasto Hojas Blanco	11	110	110	77.00

NMP/100g = Número más probable por 100 gramos de muestra

En la Tabla N°28 se muestra los valores hallados en los análisis de coliformes fecales obtenidos de las tres repeticiones:

Tabla N°28. Cantidad de coliformes fecales obtenidos de los biodigestores de las tres repeticiones (NMP/100g)

Biodigestor	Coliformes fecales (NMP/100g)			Promedio
	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	
Hojas 3:1	21	11	40	24.00
Hojas 5:1	110	5	7	40.67
Hojas 7:1	20	11	23	18.00
Hojas Blanco	<3	10	7	8.50
Pasto 3:1	15	21	<3	18.00
Pasto 5:1	7	40	21	22.67
Pasto 7:1	40	15	9	21.33
Pasto Blanco	110	15	15	46.67
Pasto Hojas 3:1	<3	15	70	42.50
Pasto Hojas 5:1	<3	<3	15	15.00
Pasto Hojas 7:1	<3	15	<3	15.00
Pasto Hojas Blanco	11	110	50	57.00

NMP/100g = Número más probable por 100 gramos de muestra

Los resultados de la presencia de organismos microbiológicos patógenos en promedio, son muy bajos. Al compararlos con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. 002-2008-MINAM de la legislación peruana para el uso de agua de clase 3 para fines de riego, que establece como máximo de 5.000 NMP/100 ml en coliformes totales y 1.000 NMP/100ml en coliformes fecales ³³, obtenemos niveles por debajo de estos límites, haciéndolas idóneas para su aplicación como fertilizante natural.

El tiempo de fermentación ayuda a la reducción de niveles de estos coliformes totales y fecales. La fermentación artesanal del biol reduce los niveles de estos patógenos al inicio de la biodegradación de 107-108 NMP/100g a 103 NMP/100g en los 61 días, y llegando a ser casi nulo a los 335 días ²⁰.

3.3. Análisis del biogás

El biogás producido durante el tiempo de retención fue almacenado en las bolsas de diuresis de 2 litros de capacidad para cada biodigestor respectivamente y posteriormente analizado.

Se midió el volumen del biogás de cada bolsa utilizando el método de desplazamiento de agua, seguido de su composición utilizando el Analizador Portátil de Biogás Geotech BIOGAS 5000.

En la Tabla N°29 se muestra el volumen de biogás obtenido en cada biodigestor de las tres repeticiones:

Tabla N°29. Volumen del biogás obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones

Biodigestor	Volumen repetición 1 (mL)	Volumen repetición 2 (mL)	Volumen repetición 3 (mL)	Promedio (mL)
Hojas 3:1	1710	1830	1670	1737
Hojas 5:1	1840	1980	1740	1853
Hojas 7:1	1760	1720	1760	1747
Hojas Blanco	1950	1940	1880	1923
Pasto 3:1	1790	1710	1470	1657
Pasto 5:1	1670	1650	1540	1620
Pasto 7:1	1810	1580	1560	1650
Pasto Blanco	1980	1870	1850	1900
Pasto Hojas 3:1	1740	1770	1870	1793

Pasto Hojas 5:1	1500	1840	1760	1700
Pasto Hojas 7:1	1680	1870	1770	1773
Pasto Hojas Blanco	2000	1980	1990	1990

Tomando en cuenta que la bolsa de diuresis tiene una capacidad máxima de 2 litros, se obtuvieron resultados en los cuales se logró llenar más del 75% de su volumen máximo posible.

Se hicieron cálculos para reportar estos volúmenes por litro de biol obtenido, los cuales se muestran en la Tabla N°30:

Tabla N° 30. Volumen de biogás por litro de biol de cada biodigestor de las tres repeticiones

Biodigestor	Volumen de biogás por litro de biol repetición 1 (Lbiogás/Lbiol)	Volumen de biogás por litro de biol repetición 2 (Lbiogás/Lbiol)	Volumen de biogás por litro de biol repetición 3 (Lbiogás/Lbiol)	Promedio (Lbiogás/Lbiol)
Hojas 3:1	0.36	0.38	0.35	0.36
Hojas 5:1	0.38	0.41	0.36	0.39
Hojas 7:1	0.37	0.36	0.37	0.36
Hojas Blanco	0.41	0.40	0.39	0.40
Pasto 3:1	0.37	0.36	0.31	0.35
Pasto 5:1	0.35	0.34	0.32	0.34
Pasto 7:1	0.38	0.33	0.33	0.34
Pasto Blanco	0.41	0.39	0.39	0.40
Pasto Hojas 3:1	0.36	0.37	0.39	0.37
Pasto Hojas 5:1	0.31	0.38	0.37	0.35
Pasto Hojas 7:1	0.35	0.39	0.37	0.37
Pasto Hojas Blanco	0.42	0.41	0.41	0.41

Se observa que por litro de biol neto se obtuvieron cantidades de biogás inferiores a medio litro; los cuales, como se demostrará posteriormente, poseen bajas cualidades fisicoquímicas.

En la Tabla N°31 se muestra la cantidad de Metano obtenido en cada biodigestor y en la

Tabla N° 31. Cantidad de Metano obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones

Biodigestor	CH ₄ (%)			Promedio
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Hojas 3:1	28	25.1	27.4	26.83
Hojas 5:1	25.2	22	24.2	23.80
Hojas 7:1	27	24	25.6	25.53
Hojas Blanco	15.3	13	14	14.10
Pasto 3:1	27	26.2	24.8	26.00
Pasto 5:1	26.5	24	25.8	25.43
Pasto 7:1	22	25.1	27	24.70
Pasto Blanco	13	16.2	15.5	14.90
Pasto Hojas 3:1	25.1	23.2	25	24.43
Pasto Hojas 5:1	23	25.3	23.5	23.93
Pasto Hojas 7:1	24	28	24.9	25.63
Pasto Hojas Blanco	14.1	15.1	14	14.40

Tabla N°32 se muestran los promedios de las cantidades obtenidas mostradas en la Tabla anterior.

Tabla N° 32. Promedios de porcentajes de Metano obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	26.83	23.8	25.53	22.57
Pasto	26	25.43	24.7	22.76
Pasto+Hojas	24.43	23.93	25.63	22.10
Promedio	25.75	24.39	25.29	

En la Tabla N°33 se muestran las cantidades de dióxido de carbono obtenidos en cada biodigestor y en la Tabla N°34 se muestran los promedios de las cantidades obtenidas mostradas en la Tabla anterior.

Tabla N° 33. Cantidad de Dióxido de Carbono obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones

Biodigestor	CO ₂ (%)			Promedio
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Hojas 3:1	13.2	12.3	11.8	12.43
Hojas 5:1	12.3	11	9.9	11.07
Hojas 7:1	12	13.1	10.5	11.87

Hojas Blanco	9.4	10.9	11.8	10.70
Pasto 3:1	11.1	13.5	12.4	12.33
Pasto 5:1	11.2	12.8	9.8	11.27
Pasto 7:1	12.7	11.5	10.1	11.43
Pasto Blanco	10.1	10	9	9.70
Pasto Hojas 3:1	12.4	11.9	11	11.77
Pasto Hojas 5:1	12	12	9.4	11.13
Pasto Hojas 7:1	11.2	13.6	13	12.60
Pasto Hojas Blanco	9.2	9.8	8.9	9.30

Tabla N° 34. Promedios de porcentajes de Dióxido de Carbono obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	12.433	11.067	11.867	11.52
Pasto	12.333	11.267	11.433	11.18
Pasto+Hojas	11.767	11.133	12.6	11.20
Promedio	12.18	11.16	11.97	

En la Tabla N°35 de muestran las cantidades de oxígeno obtenido en cada biodigestor y en la Tabla N°36 se muestran los promedios de las cantidades obtenidas mostradas en la Tabla anterior.

Tabla N° 35. Cantidad de Oxígeno obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones

Biodigestor	O ₂ (%)			Promedio
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
Hojas 3:1	5.1	5	5	5.033
Hojas 5:1	4	3.5	4.7	4.067
Hojas 7:1	4.5	5	5	4.833
Hojas Blanco	6	6	5.9	5.967
Pasto 3:1	4	4	5	4.333
Pasto 5:1	5	5	3.5	4.500
Pasto 7:1	5.3	4.3	4	4.533
Pasto Blanco	6	6.2	6	6.067
Pasto Hojas 3:1	5	5	4	4.667
Pasto Hojas 5:1	6	5.1	5	5.367
Pasto Hojas 7:1	6	4	5	5.000

Pasto Hojas Blanco	6	6.1	5.7	5.933
-----------------------	---	-----	-----	-------

Tabla N° 36. Promedios de porcentajes de Oxígeno obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás

Residuo Orgánico	Proporción			Promedio
	3:1	5:1	7:1	
Hojas	5.033	4.067	4.833	4.98
Pasto	4.333	4.5	4.533	4.86
Pasto+Hojas	4.667	5.367	5	5.24
Promedio	4.68	4.64	4.79	

En la Tabla N°37 se muestran las cantidades de ácido sulfhídrico obtenidos en cada biodigestor y en la Tabla N°38 se muestran los promedios de las cantidades obtenidas mostradas en la Tabla anterior.

Tabla N° 37. Cantidad de Ácido Sulfhídrico obtenido de cada biodigestor de las tres repeticiones

Biodigestor	H ₂ S (%)			Promedio
	Repeticion 1	Repeticion 2	Repeticion 3	
Hojas 3:1	1	1	1	1.00
Hojas 5:1	2	1	1	1.33
Hojas 7:1	1	1	1	1.00
Hojas Blanco	1	1	1	1.00
Pasto 3:1	1	2	1	1.33
Pasto 5:1	1	1	2	1.33
Pasto 7:1	2	1	1	1.33
Pasto Blanco	1	0	1	0.67
Pasto Hojas 3:1	1	1	1	1.00
Pasto Hojas 5:1	1	1	1	1.00
Pasto Hojas 7:1	1	2	1	1.33
Pasto Hojas Blanco	1	1	0	0.67

Tabla N° 38. Promedios de porcentajes de Ácido Sulfhídrico obtenidos por residuo vegetal y proporción de componentes orgánicos en el biogás

Proporción

Residuo Orgánico	3:1	5:1	7:1	Promedio
Hojas	1	1.33	1	1.08
Pasto	1.33	1.33	1.33	1.17
Pasto+Hojas	1	1	1.33	1.00
Promedio	1.11	1.22	1.22	

Los resultados obtenidos demuestran una calidad medianamente mala de biogás, con cantidades de CH₄, CO₂ y O₂ más bajos que la media normal en la producción de biogás de forma artesanal, incumpliendo los requerimientos de energía a nivel doméstico y de producción. Se obtuvo estas cantidades de compuestos debido a su producción a escala menor en biodigestores de 8 L enfocados en la producción de biol, pensado además en la disminución de producción del biogás. Lo común son las cantidades de 50% para CH₄, 30% de CO₂, 10% de O₂ y 5% de H₂S aproximadamente en biodigestores artesanales ¹².

Sin embargo, los volúmenes totales obtenidos son considerables, llegando a llenar las bolsas en su gran mayoría. Las bolsas más llenas llegaron a ser los digestores blanco de cada componente, pero con mayor cantidad de O₂ y menor cantidad de CH₄ y CO₂. Los volúmenes más bajos fueron los producidos por Pasto en general, y con una cantidad no muy distante de componentes que los demás biodigestores.

3.4. Prueba del efecto del biol en semillas de maíz

Se evaluó la calidad agronómica y nutritiva del biol de todos los biodigestores construidos, mediante el bioensayo de germinación con semillas de maíz de Sobrero y Ronco ¹⁹.

Se midió el índice de germinación (IG), la longitud de radícula relativa (CRR) y el porcentaje de germinación de semillas (PGR). Se tomó adicionalmente como referencia la prueba presuntiva de la dosis de inhibición media de Peralta, tomando 3 dosis de diluciones (biol/agua): 0.1/100, 1/100 y 5/100; adicionalmente se asignó un control (agua destilada). En la Tabla N°39 se muestran los resultados promediados de las tres repeticiones de cada biodigestor obtenidos en el test de germinación (en el Anexo 5 y 6 se encuentran los resultados de cada repetición).

Tabla N° 39. Promedio del Índice de Germinación (%IG) en base al Porcentaje de germinación relativa (%PGR) y Crecimiento de Radícula (%CRR) de las diluciones de los doce tipos de biol

Biodigestores	Dilución	%PGR	%CRR	%IG
Hojas 3:1	0.1	108.33	161.25	174.69
	1	108.33	146.66	158.88
	5	125	140.24	175.30
	Blanco	100	100	100
Hojas 5:1	0.1	130.56	155.33	202.79
	1	125	144.63	180.79
	5	130.56	129.99	169.71
	Blanco	100	100	100
Hojas 7:1	0.1	88.333	115.25	101.80
	1	100	120.22	120.22
	5	101.67	124.38	126.45
	Blanco	100	100	100
Hojas Blanco	0.1	116.67	169.18	197.37
	1	116.67	186.01	217.02
	5	108.33	167.06	180.98
	Blanco	100	100	100
Pasto 3:1	0.1	226.67	160.60	364.02
	1	133.33	163.18	217.57
	5	220	229.20	504.23
	Blanco	100	100	100
Pasto 5:1	0.1	91.67	103.73	95.08
	1	116.67	140.09	163.44
	5	108.33	124.85	135.26
	Blanco	100	100	100
Pasto 7:1	0.1	101.67	139.04	141.36
	1	70	99.93	69.95
	5	108.33	146.92	159.17
	Blanco	100	100	100
Pasto Blanco	0.1	78.33	99.38	77.84
	1	100	119.67	119.67
	5	80	89.87	71.89
	Blanco	100	100	100
Pasto+Hojas 3:1	0.1	85	132.12	112.30
	1	101.67	157.66	160.28
	5	60	74.55	44.73
	Blanco	100	100	100
Pasto+Hojas 5:1	0.1	85	141.06	119.90
	1	80	117.47	93.98
	5	86.67	108.99	94.45
	Blanco	100	100	100

Pasto+Hojas 7:1	0.1	101.67	134.49	136.73
	1	70	112.16	78.52
	5	95	143.93	136.73
	Blanco	100	100	100
Pasto+Hojas Blanco	0.1	133.33	99.94	133.25
	1	141.67	123.36	174.76
	5	125	111.89	139.86
	Blanco	100	100	100

%PGR = porcentaje de germinación de semillas

%CRR = Crecimiento de radícula relativa

%IG = Índice de germinación

Los datos del Blanco representan un crecimiento normal (solo agua destilada) sin intervención del biol, por lo cual se obtienen datos de 100%, además de ser tomados como referencia para la comparación con las diluciones en las fórmulas propuestas por el bioensayo.

En la Tabla N°40 se muestran los porcentajes obtenidos ya diferenciados con los obtenidos en los blancos, los cuales pueden ser positivos demostrando la ventaja que ofrecen las diluciones de biol frente a las que fueron expuestas a agua destilada, como también negativos, demostrando ser fitotóxicas o sin cualidades nutritivas para las semillas.

Tabla N° 40. Diferencia de los porcentajes obtenidos de Índice de Germinación (%IG) en base al Porcentaje de germinación relativa (%PGR) y Crecimiento de Radícula (%CRR) por las diluciones de biol frente a los obtenidos por los blancos en los doce biodigestores

Biodigestores	Dilución	%PGR	%CRR	%IG
Hojas 3:1	0.1	8.33	61.25	74.69
	1	8.33	46.66	58.88
	5	25.00	40.24	75.30
Hojas 5:1	0.1	30.56	55	102.79
	1	25.00	44.63	80.79
	5	30.56	29.99	69.71
Hojas 7:1	0.1	-11.67	15.25	1.80
	1	0	20	20.22
	5	1.667	24.38	26.45
Hojas Blanco	0.1	16.67	69.18	97.37
	1	16.67	86.01	117.02

	5	8.33	67	81
Pasto 3:1	0.1	126.67	60.60	264.02
	1	33.33	63.18	117.57
	5	120.00	129.20	404.23
Pasto 5:1	0.1	-8.33	4	-4.92
	1	16.67	40.09	63.44
	5	8.33	24.85	35.26
Pasto 7:1	0.1	1.67	39.04	41.36
	1	-30	0	-30.05
	5	8.33	46.92	59.17
Pasto Blanco	0.1	-21.67	-0.62	-22.16
	1	0.00	19.67	19.67
	5	-20	-10	-28.11
Pasto+Hojas 3:1	0.1	-15.00	32.12	12.30
	1	1.67	57.66	60.28
	5	-40.00	-25.45	-55.27
Pasto+Hojas 5:1	0.1	-15	41	19.90
	1	-20.00	17.47	-6.02
	5	-13.33	8.99	-5.55
Pasto+Hojas 7:1	0.1	1.67	34.49	36.73
	1	-30	12	-21.49
	5	-5	43.93	36.73
Pasto+Hojas Blanco	0.1	33.33	-0.06	33.25
	1	41.67	23.36	74.76
	5	25	12	39.87

Porcentaje de semillas germinadas de los tres tipos de componentes

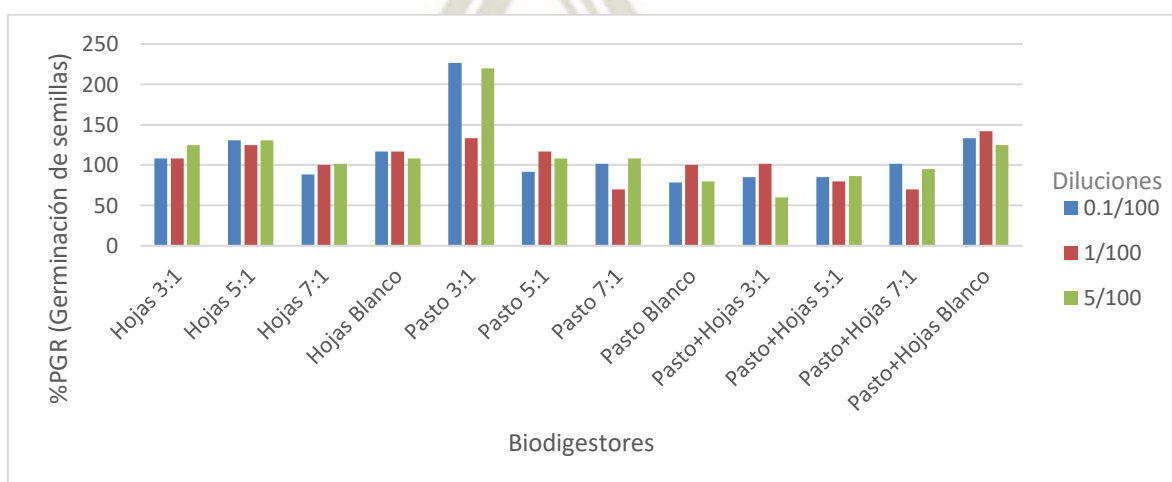


Figura N°11. Porcentaje de semillas germinadas a las 120 horas por dilución de cada biodigestor (%PGR)

En la Figura N°11 se observa que todas las diluciones propuestas superaron el 50%, rechazando algún efecto tóxico en la intervención del biol en la germinación de las semillas. Las diluciones que superan el 90% representan el beneficio de la intervención de la dilución del biol en las germinaciones frente a las germinadas en el control, algunos llegando del 130% al 140% de porcentaje de germinación. Se destacan por separado las diluciones 0.1/100 y 5/100 de Pasto 5:1, los cuales superaron el 200%, demostrando que el germinado de semillas en estas diluciones fueron más del doble que las obtenidas en el control.

Porcentaje de crecimiento de la radícula relativa de semillas germinadas de los tres tipos de componentes

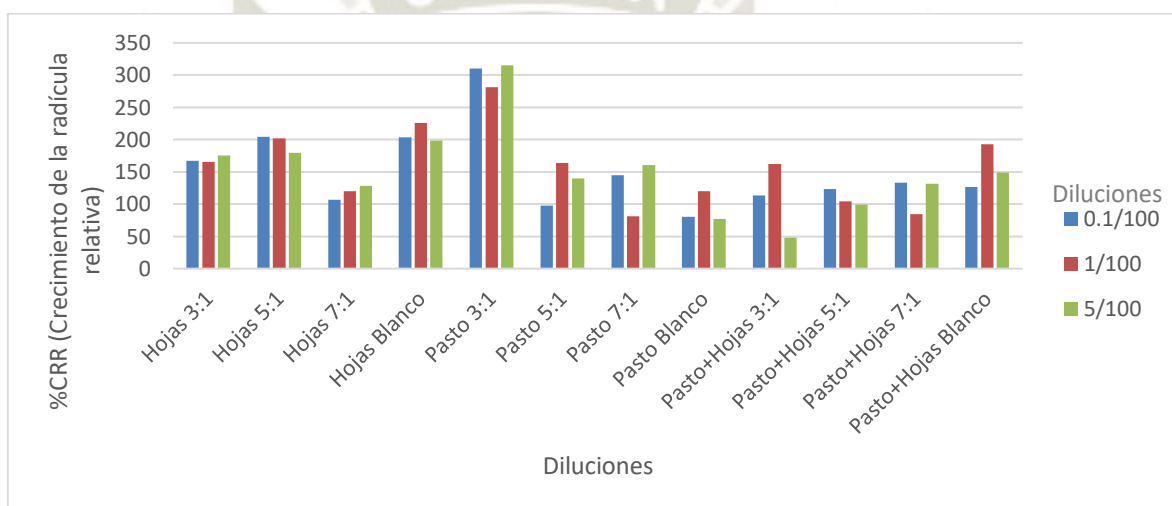


Figura N°12. Porcentaje de crecimiento de la radícula relativa a las 120 horas por dilución de cada biodigestor (%CRR)

En la Figura N°12 se observa que todos superaron el 60% de crecimiento de la radícula con respecto al control, exceptuando la dilución 5/100 de Pasto+Hojas 3:1, siendo de 48%. Los resultados obtenidos por los biodigestores con el componente Hojas son los mejores en su conjunto, superando el 100% en todos, lo cual demuestra su efecto positivo en el crecimiento de radícula con respecto al crecimiento de radícula del control; mientras que los de Pasto y Pasto+Hojas muestran unos resultados mixtos, algunos superando el 100% y otros por debajo de este dato, dependiendo de su dilución aplicada. Se destaca por separado los resultados obtenidos por las diluciones de Pasto 3:1, los cuales superan el 280%, llegando a un máximo de 315% aproximadamente.

Índice de germinación de las semillas de maíz

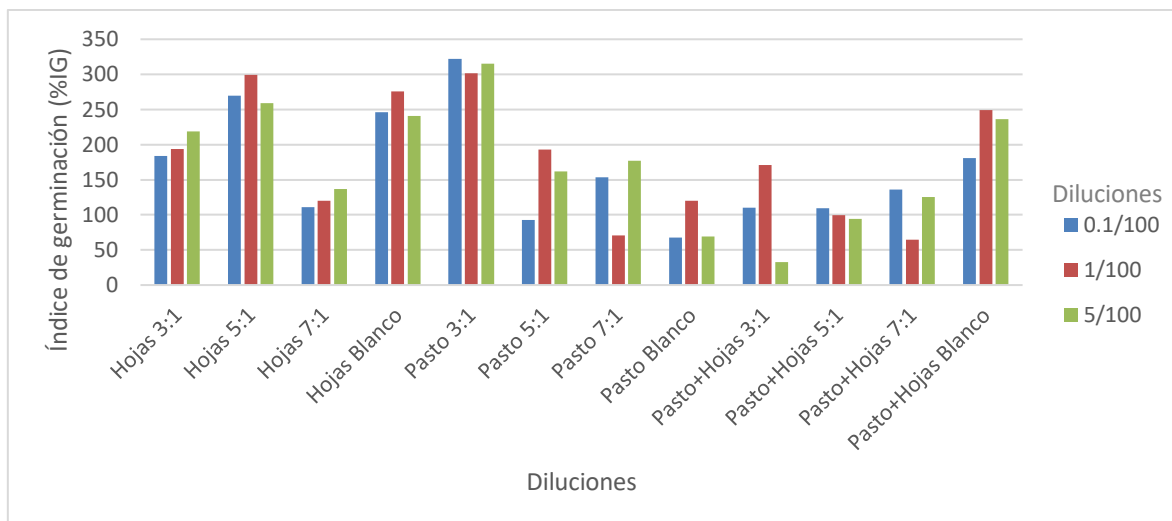


Figura N°13. Índice de germinación a las 120 horas por dilución de cada biodigestor (%IG)

En la Figura N°13 se observa el Índice de germinación obtenido de los dos porcentajes anteriores con la fórmula propuesta por el bioensayo para cada dilución de cada biodigestor. La dilución 5/100 de Pasto+Hojas 3:1 no supera el 50%, lo cual indica alta presencia de sustancias fitotóxicas, posiblemente a un pH ácido o altas concentraciones de sales que impiden el crecimiento normal de las plántulas y sus germinaciones.

Las diluciones 0.1/100 de Pasto 5:1, 1/100 de Pasto 7:1, 0.1/100 de Pasto Blanco, 5/100 de Pasto Blanco y 1/100 Pasto+Hojas 7:1 se encuentran entre el rango de IG 50% a 80%, lo cual indica presencia moderada de sustancias fitotóxicas debido a un posible pH ligeramente ácido que afecta en la absorción de nutrientes de las plántulas.

Las diluciones 1/100 de Pasto+Hojas y 5/100 de Pasto+Hojas se encuentran entre el rango de IG 80% a 100%, lo cual indica ausencia de sustancias fitotóxicas, siendo concentraciones óptimas para el normal desarrollo de las plántulas.

El resto de diluciones, siendo la gran mayoría, superan el 100%, lo cual demuestran una ausencia de sustancias fitotóxicas y pueden ser considerados como fitoestimulantes de germinación. Destacando a todas las diluciones de todos los biodigestores de Hojas y las diluciones de Pasto 3:1, superando el 300% de IG.

Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se construyó y se puso en marcha los biodigestores anaeróbicos tipo Batch, obteniendo resultados óptimos en el monitoreo del proceso y la producción de biol.
- En el análisis fisicoquímico se determinó que la gran mayoría de bioles obtenidos por los diferentes componentes cumplen con los requisitos necesarios para ser considerados fertilizantes naturales, siendo el que mayor destaca en su valor nutritivo el de Hojas en todas sus proporciones. En el análisis microbiológico se determinó que la cantidad de coliformes totales y fecales en todos los biodigestores cumplen con los estándares para la calidad de agua de riego según el MINAM.
- En el análisis del biogás se demostró que el biol obtenido por Pasto+Hojas produjo menor cantidad de gases tóxicos en todas sus proporciones; sin embargo, todos los tipos de bioles generaron cantidades de CH_4 , CO_2 y O_2 más bajos que la media normal en la producción de biogás de forma artesanal.
- En el bioensayo de germinación se demostró que el biol de Hojas presenta la mejor calidad de biol en todas sus diluciones, superando el 100% de IG respecto a sus blancos, destacando el de Hojas 5:1 en sus tres diluciones.

4.2. Recomendaciones

- Realizar otros ensayos a partir de otros residuos agrícolas o de parques de la ciudad para analizar la producción de biol sobre biogás.
- Efectuar estudio sobre el biosol producido a la par del biol y biogás, para conocer su capacidad nutritiva y fertilizante de suelos.
- Realizar el monitoreo de temperatura y pH con aparatos digitales de manera continua para analizar el proceso de digestión de forma más precisa.
- Reconocer la importancia de la conformación y estructura de los componentes iniciales utilizados, con la finalidad de determinar las diferentes etapas de la degradación de la biomasa dentro del biodigestor.
- Diseñar biodigestores con un sistema manual de agitación para permitir la mezcla de los componentes con la población bacteriana, con lo cual se evita la formación de costra dentro del biodigestor.

Referencias Bibliográficas

1. Pipatti Riitta 2006. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Tratamiento biológico de los desechos sólidos.
2. Acosta Lorenzo, Obaya Yaniris Abreu, Ma Cristina 2005. La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XXXIX, núm. 1, pp. 35-48 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba.
3. Medina V y Solari EG 1990. El Biol, Fuente de Fitoestimulante en el Desarrollo Agrícola. Programa Especial de Energía UMSS-TZ. Impresiones Poligráficas, Cochabamba, Bolivia.
4. Mamilovich Lindsay 2018. Efecto del biol y estiércol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento del cacao (*theobroma cacao L.*) en el vivero forestal de la facultad de R.N.R. – UNAS. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
5. Nota de prensa no.562-10, Municipalidad Provincial de Arequipa; noticias municipales; moderno vivero y nuevo edificio para departamento de parques y jardines, inauguró municipalidad de Arequipa. Disponible en <http://muniarequipa.blogspot.com/2010/06/inauguraron-vivero-municipal-en.html>
6. Reynel, López y Cárdenas 2003. Catálogo de flora. Especies CITES peruanas *Swietenia macrophylla*.
7. Jardinería on Grama (*Cynodon dactylon*), la hierba más utilizada para césped.
8. Martí Ortega Nuria 2006. Phosphorus precipitation in Anarobic Digestion Process. Boca Raton. Florida, USA. 4-15, pp.
9. Almeida Menchola Mabel 2007. Viabilidad del proceso de biodigestión utilizando excretas de cerdo al parque porcino de Ventanilla. Tesis Ingeniero Ambiental UNALM. Lima, Perú. 24-33, pp.
10. Rivera Salvador Víctor 2010. Estudio cinético de la digestión anaeróbica termofílica de pollinaza a escala piloto. Tesis de Maestría Ciencias en Bioprocesos. Instituto Politécnico Nacional. La laguna de Ticoman, México. 4-10, pp.
11. Hilbert, Jorge 2006. Manual para producción de biogás. Instituto de Ingeniera rural. I.N.T.A Castelar. Buenos Aires, Argentina. 4- 14, pp.
12. Guevara Vega, Antonio 1996. Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. 12 -21, pp.

13. Soria Fregoso Manuel, Ferrera-Cerrato Ronald, Etchevers Barra Jorge. 2000. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Instituto tecnológico agropecuario. México. 354-355, pp.
14. Aparcana Robles Sandra 2008. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "Fermentación anaeróbica" para producción de Biogás. German Prof ECGmbH. Perú, 2-4, pp.
15. Colque Tomas, Rodríguez David; Mujica Angel et.al 2005. Producción de abono liquido natural y Ecológico. Estación experimental Illpa, Perú 4, pp.
16. Mendizabal Nieto Yerko Ted. 2003. Evaluación del efecto de biol, bioactivos y fertilización potásica en el rendimiento y calidad del maíz morado. UNALM. Lima, Perú. 30-31, pp.
17. Guerrero J. 1993. Abonos orgánicos. Tecnologías para el manejo ecológico de suelos. RAAA. Lima-Perú. pp. 9-23; 81-83.
18. Aguirre Edwin 2017. Producción de biofertilizante mediante fermentación de la cuyinaza por bacterias del género Lactobacillus aisladas del fermento de la chicha de cebada. Universidad Católica Sedes Sapientiae, Facultad de Ingeniería Agraria, Lima.
19. Castillo Morales Gabriela 2004. Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 71-79, pp.
20. Peralta V eran Rosario Liliana 2010. Determinación de parámetros óptimos en la producción de fastbiol usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Lima, Perú. 19-20, 33-38, pp.
21. Gurung, B. 1998. Training programme on proper use of biol for the technical staff of SNV/BSP. A training manual.
22. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Guía sobre el biogás, desde la producción hasta el uso. Traducido por el Programa Gestión Ambiental Urbana e Industrial de México. Alemania. 21-31, pp.
23. Salisbury & Ross 2000. Fitohormonas y reguladores de crecimiento.
24. González Nicolas 2016. Propiedades y características del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México.
25. Pérez Félix. Germinación y dormición de semillas. Material vegetal de reproducción: Manejo, conservación y tratamiento.
26. Rost, Th. et al. 1997. "Plant Biology". Wadsworth Publishing Company.

27. Barceló. Coli J., Nicolás Rodrigo G., Sabater García B. Y Sánchez Támes R. (2001). Fisiología vegetal. Ed. Pirámide. Madrid.
28. Andrade F., H. Echeverría, N. Gonzalez, S. Uhart y N. Darwich. 1996. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 134. EEA INTA Balcarce. Argentina.
29. Botanical-online, características del maíz. Marzo, 2019.
30. Agricultura de Precisión de INTA. 2006.
31. Carhuacho F. 2012. Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo Batch como propuesta al manejo de residuo avícola. Lima, Perú. 57-58, pp.
32. Análisis de datos 2019. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/getting-started/analyzing-data/>
33. Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. 002-2008-MINAM, Perú.
34. Félix Pérez 1998. Germinación de semillas. Material Vegetal de Reproducción: Manejo, conservación y tratamiento.
35. Parra Ricardo 2015. Digestión anaeróbica, mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.
36. Varnero María 2011 Manual de Biogás, FAO. Santiago de Chile

Anexos

Anexo 1. Cuadro de datos de monitoreo de pH en 21 días durante 3 meses

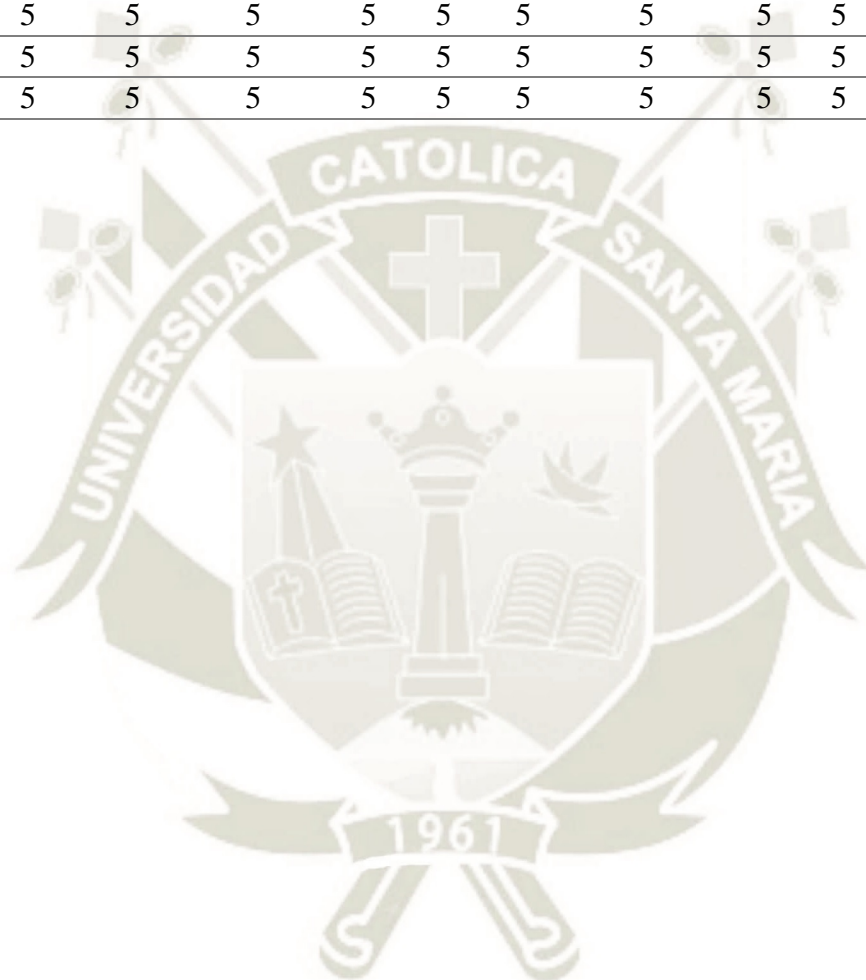
Día	LOTE 1											
	PASTO				HOJAS				PASTO + HOJAS			
	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO
1	6	6.5	6.5	6	6	6	6.5	6	6	6	6	6
3	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
.	5											
5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
.	5											
8	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
.	5											
10	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
.	5											
12	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
.	5											
15	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
.	5											
17	5	5.5	6	5	5.5	5	5	5	5	5	5	5
.	5											
19	5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5.5	5	5	5.5
22	5	5.5	6	6	5	5	5.5	5	5	5	5	6
24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5	6	5	5	5	5	5	5.5	5	5.5	5
.	5											
31	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
38	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.5	5
45	5	5	5	5	5	5	5.5	5	5	5	5	5
52	5	5	5	5	5	5	5.5	5.5	5	5	5	5
.	5											
59	5	5.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.5	5
66	5	5.5	5	5	5.5	5	5.5	5.5	5	5	5.5	5.5
73	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
80	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Día	LOTE 2											
	PASTO				HOJAS				PASTO + HOJAS			
	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO

	3	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO
	:											
	1											
1	6	6	5.5	5	6	5.5	5.5	6	5.5	5.5	5.5	5
3	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	5
5	5	5	5.5	5	6	6	6	6	5.5	5	5	5
	.											
	5											
8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5	5	5.5
	.											
	5											
12	5	5	5	5	5	5	6	5.5	5	5.5	5	5
	.											
	5											
15	5	5	5	5	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5.5	5	5
22	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5.5	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5	5	5.5	5
31	5	5.5	5	5	5	5.5	5.5	5.5	5	5	5.5	5
38	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	.											
	5											
45	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
52	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
59	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
66	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
73	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
80	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

LOTE 3

Día	PASTO				HOJAS				PASTO + HOJAS			
	3	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO
	:											
	1											
1	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
3	6	6	5.5	5.5	5.5	5	6	5.5	5	5.5	5	5
5	6	6	5.5	5.5	5.5	5	6	5.5	5	5.5	5	5
8	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	6	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5
12	6	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5
15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

22	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
31	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
38	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
45	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
52	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
59	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
66	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
73	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
80	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
90	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5



Anexo 2. Cuadro de datos de monitoreo de Temperatura en 21 días durante 3 meses

Día	LOTE 1											
	PASTO				HOJAS				PASTO + HOJAS			
	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO
1	19	20	21	20	20	20	20	21	20	20	20	20
3	21	21	22	21	21	21	22	22	21	21	21	21
5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
8	21	22	22	22	21	21	22	22	22	21	22	21
10	21	21	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21
12	21	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21
15	21	21	21	21	22	22	21	21	21	21	21	21
17	25	28	22	19	23	25	23	19	23	22	24	19
19	29	30	25	23	25	25	23	20	25	25	25	22
22	30	31	29	24	26	26	25	24	26	27	27	24
24	32	25	30	27	28	28	28	26	26	28	28	23
26	30	26	32	25	30	30	30	25	28	30	29	24
31	25	24	31	24	27	32	32	27	31	32	30	25
38	17	20	24	23	25	26	24	20	24	24	25	21
45	19	18	22	20	24	24	21	18	23	23	24	18
52	18	18	18	18	20	23	21	17	20	22	21	18
59	18	17	16	17	17	18	17	15	18	22	19	17
66	16	15	17	17	17	16	15	16	16	19	17	16
73	18	17	16	18	17	18	17	18	17	17	17	17
80	20	18	18	18	16	17	16	20	18	17	18	18
90	21	19	20	18	19	19	18	21	19	18	18	18

Día	LOTE 2											
	PASTO				HOJAS				PASTO + HOJAS			
	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO
1	17	18	17	18	17	17	18	17	19	17	17	19
3	16	18	17	16	15	17	17	16	18	17	18	17
5	17	17	17	17	17	16	16	17	17	19	17	17
8	18	19	19	19	18	19	19	19	21	19	18	19
10	19	19	18	19	19	21	19	19	22	19	19	19
12	22	18	18	18	19	19	20	18	24	22	19	18
15	25	20	16	15	20	23	24	16	26	23	21	19
17	28	22	17	19	22	24	25	16	27	23	22	20
19	30	22	20	18	24	26	24	18	28	27	24	21
22	33	26	25	20	25	27	28	20	30	28	26	22
24	32	28	26	22	27	28	29	24	31	31	28	23
26	33	30	28	25	29	30	29	26	32	30	29	25
31	28	30	30	24	31	31	24	27	28	31	30	26
38	22	28	29	25	24	27	21	24	25	28	25	21
45	19	27	24	22	23	24	18	21	23	24	25	20

52	17	24	25	19	21	23	17	18	19	23	23	19
59	16	20	20	18	18	19	15	16	18	19	21	18
66	17	15	18	15	16	18	15	16	15	16	19	16
73	18	15	17	15	16	15	15	16	15	16	16	16
80	20	16	18	16	17	15	16	17	16	18	18	17
90	22	18	20	17	18	18	18	17	19	17	17	16

LOTE 3

Día	PASTO				HOJAS				PASTO + HOJAS			
	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO	3:1	5:1	7:1	BLANCO
1	18	18	18	17	18	17	18	18	19	18	17	17
3	15	15	16	18	16	16	16	16	15	16	18	16
5	15	15	16	18	16	16	16	16	15	16	18	16
8	16	17	17	16	17	17	15	16	16	17	17	15
10	16	16	16	17	17	17	18	17	18	17	19	18
12	18	20	18	17	18	18	18	17	20	20	20	18
15	20	25	21	16	20	20	19	16	21	21	24	20
17	22	25	22	18	22	21	21	17	24	24	25	21
19	26	24	26	18	23	21	22	18	25	25	26	22
22	32	26	28	19	25	23	25	19	27	26	29	24
24	33	29	27	18	29	25	26	22	28	28	28	25
26	32	29	29	20	30	28	28	26	29	30	30	25
31	30	28	31	22	31	30	29	25	31	29	31	25
38	28	25	28	24	24	28	24	23	29	26	26	22
45	25	24	25	23	21	25	23	22	28	25	25	21
52	22	20	20	20	18	22	21	21	24	21	21	20
59	19	17	18	17	16	21	19	20	25	19	20	18
66	16	16	16	16	16	17	16	17	19	17	19	17
73	17	16	16	16	17	16	16	16	15	17	16	17
80	18	18	18	16	18	16	16	16	15	18	16	16
90	20	19	19	17	19	19	17	18	17	19	17	17

Anexo 3. Variación del pH de los biodigestores

Variación del pH de los biodigestores Pasto 3:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto 3:1 muestra un comienzo casi igual, seguido de un descenso de pH en los primeros 20 días, luego se da una tendencia casi lineal en los siguientes días, teniendo una variación mínima en puntos específicos de 0.5 en las repeticiones 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

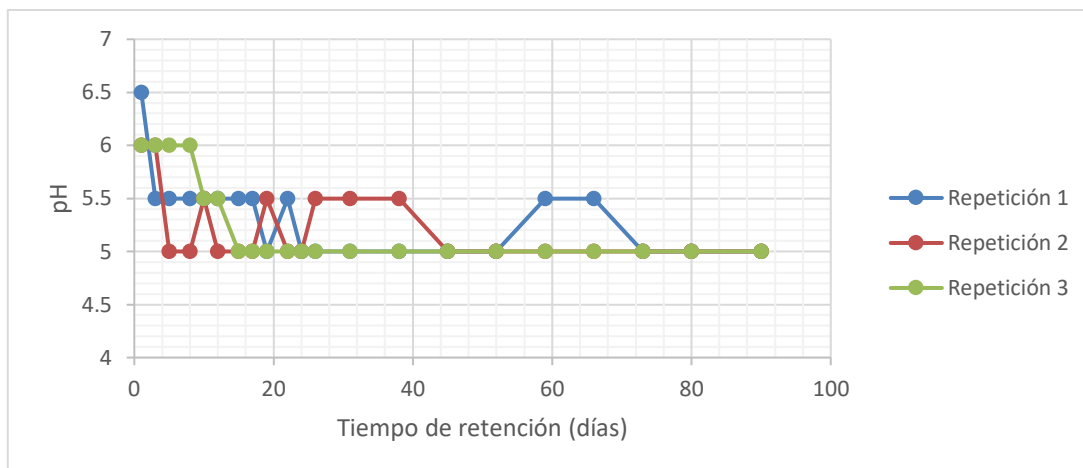


Variación de pH en los biodigestores Pasto 3:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto 5:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto 5:1 muestra una variación de pH en los primeros 30 días, para luego mantener una tendencia lineal en los siguientes días, exceptuando en algunos puntos en las repeticiones 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

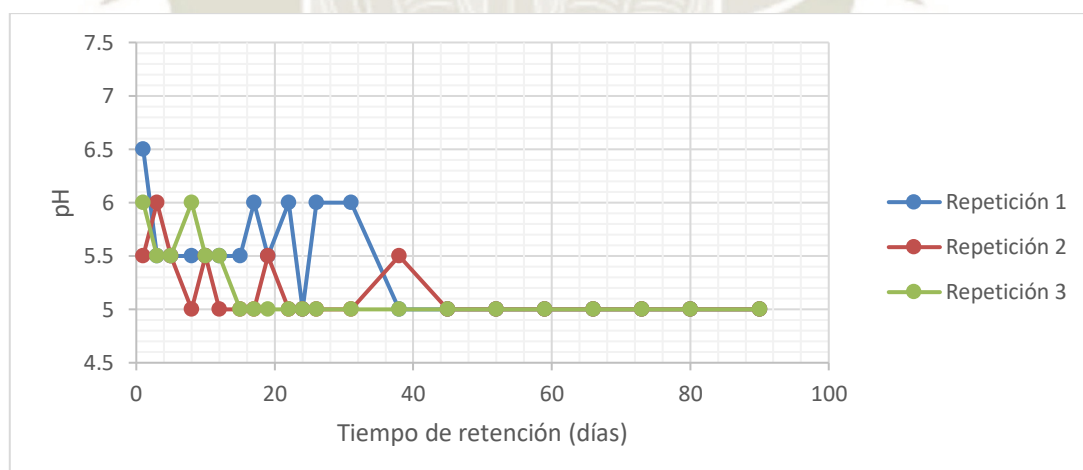


Variación de pH en los biodigestores Pasto 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto 7:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto 7:1 muestra una variación de pH considerable en los primeros 35 días, para luego mantener una tendencia lineal hasta el último día, tal como se muestra en la siguiente Figura.

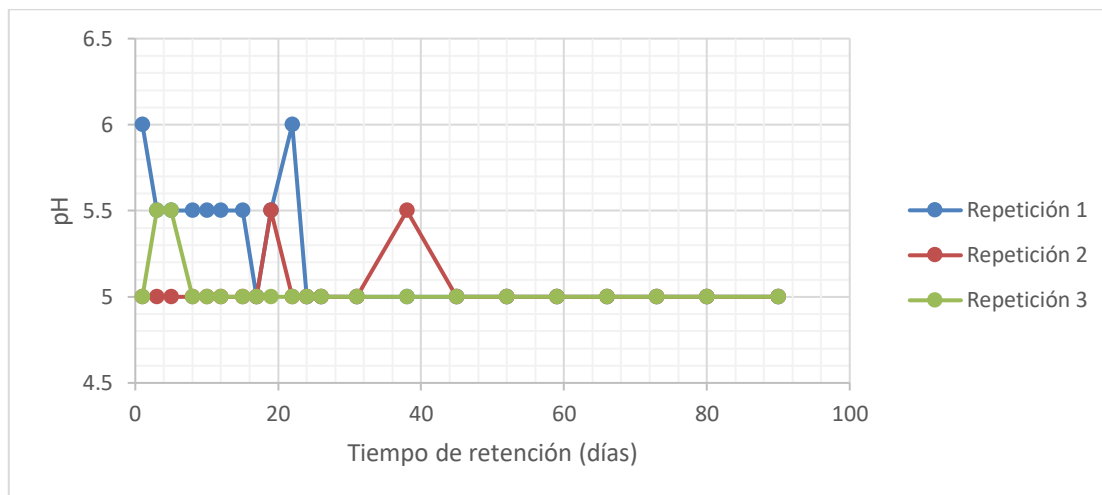


Variación de pH en los biodigestores Pasto 7:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto Blanco en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto Blanco muestra una variación de pH considerable en los primeros 30 días, destacando la repetición 1, para finalmente mantener una tendencia lineal en los siguientes días, exceptuando un punto en la repetición 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

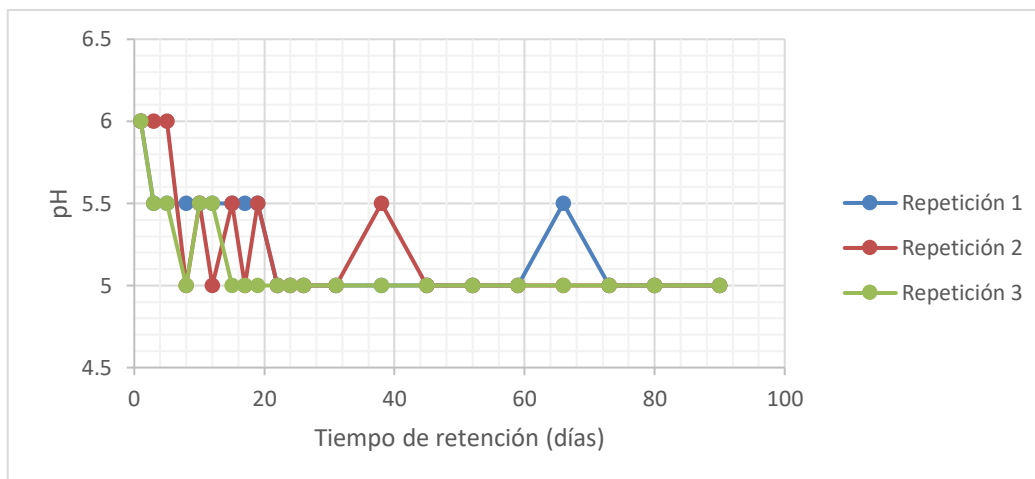


Variación de pH en los biodigestores Pasto Blanco en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH de la repetición 1 es significativamente diferente a la repetición 2 y 3 en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Hojas 3:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 3:1 muestra una variación múltiple de 6 a 5 en los primeros 30 días, para luego mantener una tendencia lineal en los siguientes días, exceptuando en dos puntos en la repetición 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

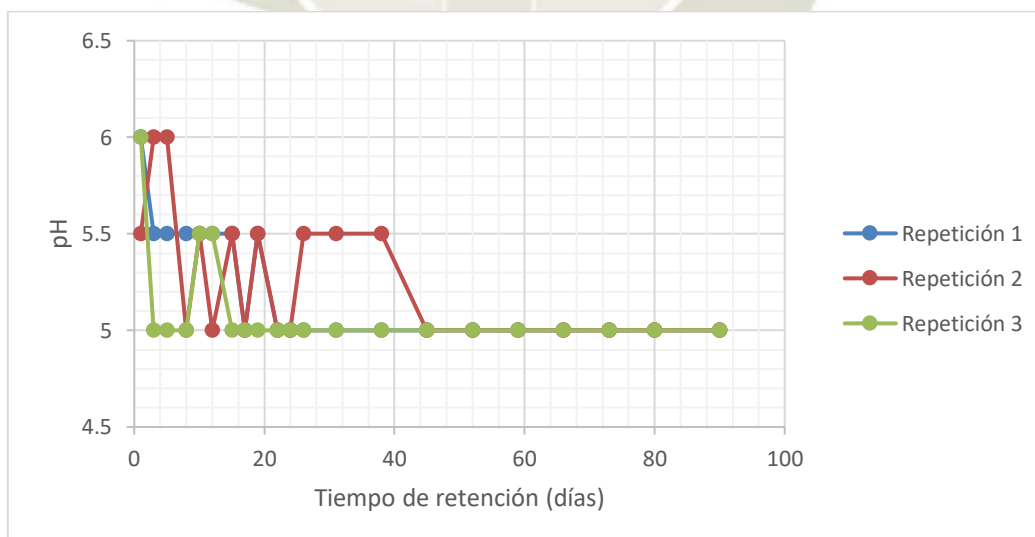


Variación de pH en los biodigestores Hojas 3:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Hojas 5:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 5:1 muestra una variación múltiple del pH en los primeros 20 días, y finalmente manteniendo una tendencia lineal en los días siguientes, exceptuando a la repetición 2 que se mantuvo en 5.5 hasta el día 42, tal como se muestra en la siguiente Figura.

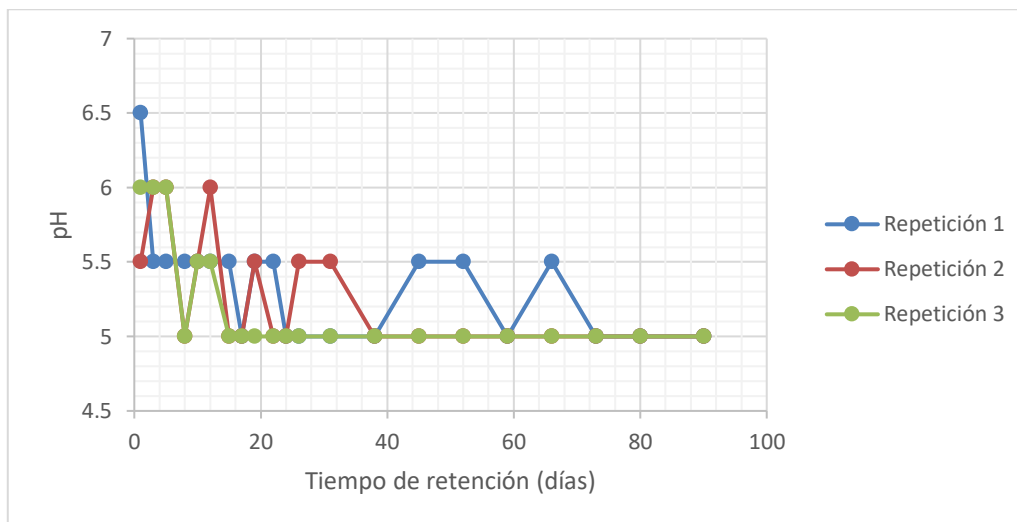


Variación de pH en los biodigestores Hojas 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Hojas 7:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 7:1 muestra un descenso del pH muy accidentado en los primeros días para luego estabilizarse después del día 30, manteniendo una tendencia línea, exceptuando en algunos puntos en la repetición 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

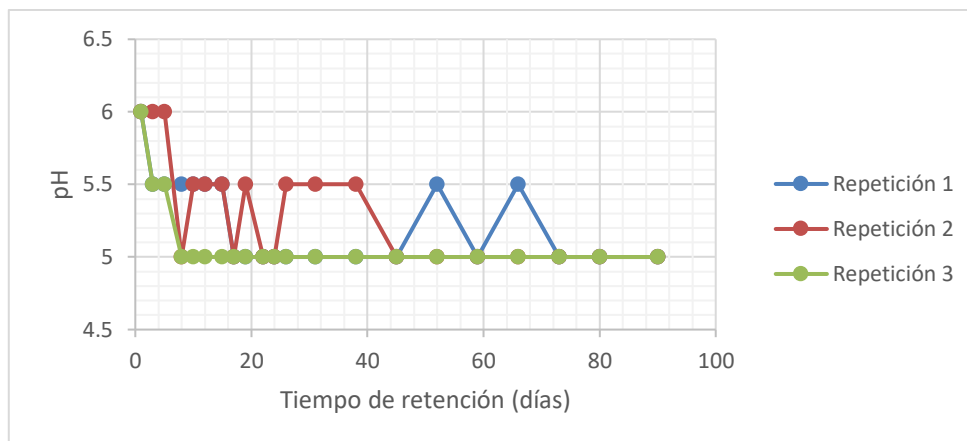


Variación de pH en los biodigestores Hojas 7:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Hojas Blanco en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas Blanco muestra un descenso del pH y posteriormente una variación múltiple de 5.5 a 5 durante los primeros 25 días, luego se mantiene esa variación para la repetición 1 y 2 y finalmente se estabiliza en 5 en los últimos días, tal como se muestra en la siguiente Figura.

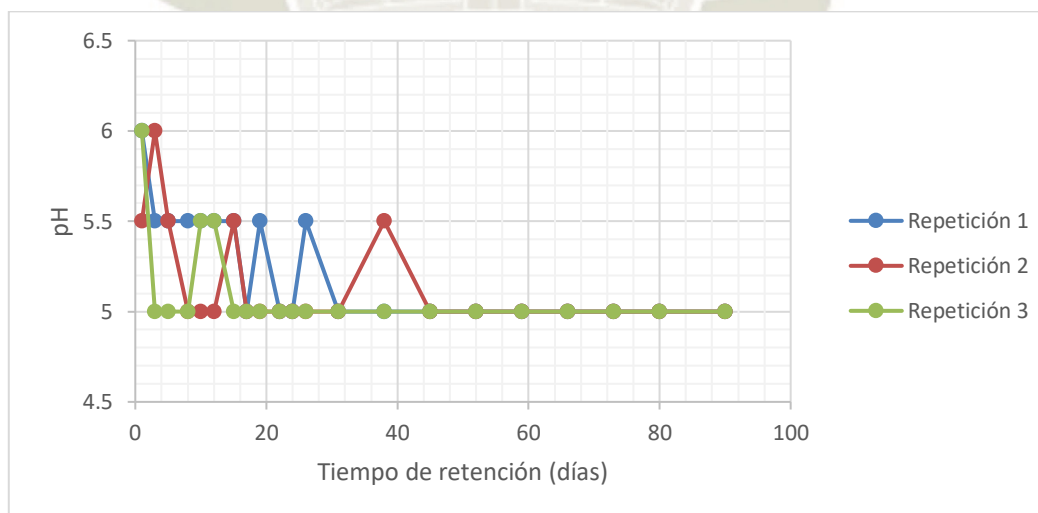


Variación de pH en los biodigestores Hojas Blanco en las tres repeticiones

Según el análisis de variancia), el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto+Hojas 3:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas 3:1 muestra una variación múltiple en los primeros 20 días, para luego mantener una tendencia lineal en los siguientes días, exceptuando unos puntos en las repeticiones 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

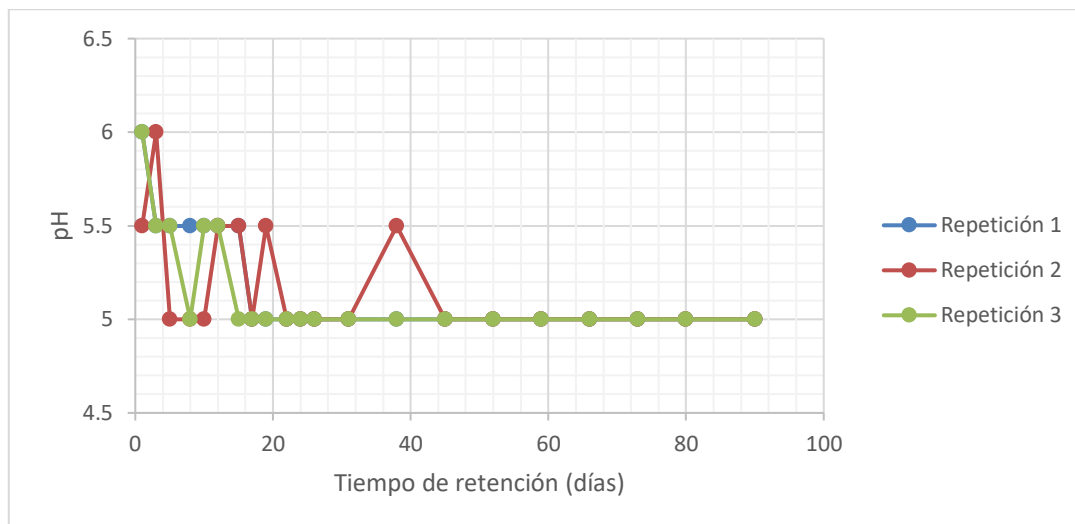


Variación de pH en los biodigestores Pasto+Hojas 3:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto+Hojas 5:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas 5:1 muestra un descenso y variación de pH en los primeros 20 días, y finalmente mantiene una tendencia lineal en los siguientes días, exceptuando un punto en la repetición 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

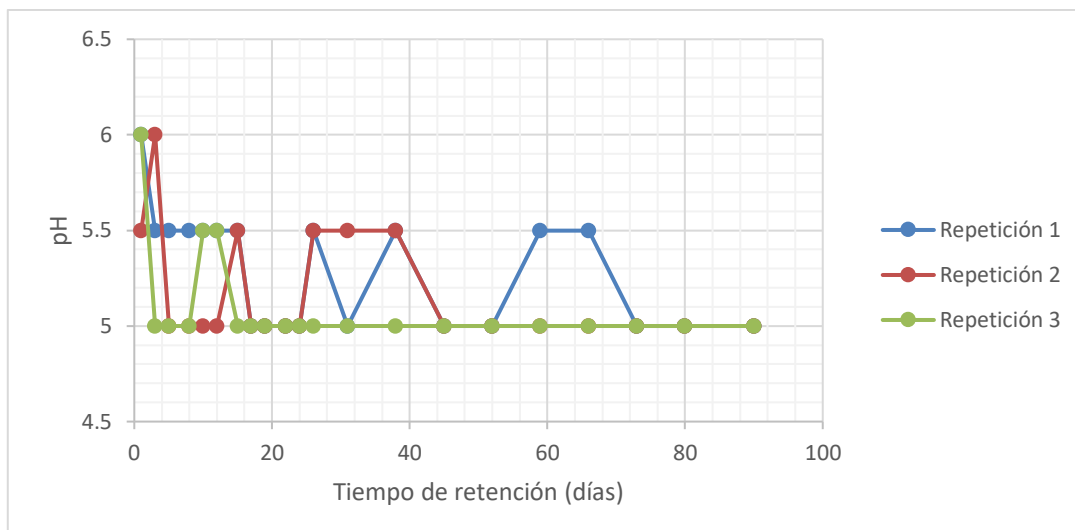


Variación de pH en los biodigestores Pasto+Hojas 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de variancia, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto+Hojas 7:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas 7:1 muestra un descenso y variación múltiple en los primeros 20 días, para luego mantenerse constante en los días siguientes, exceptuando unos puntos en las repeticiones 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.

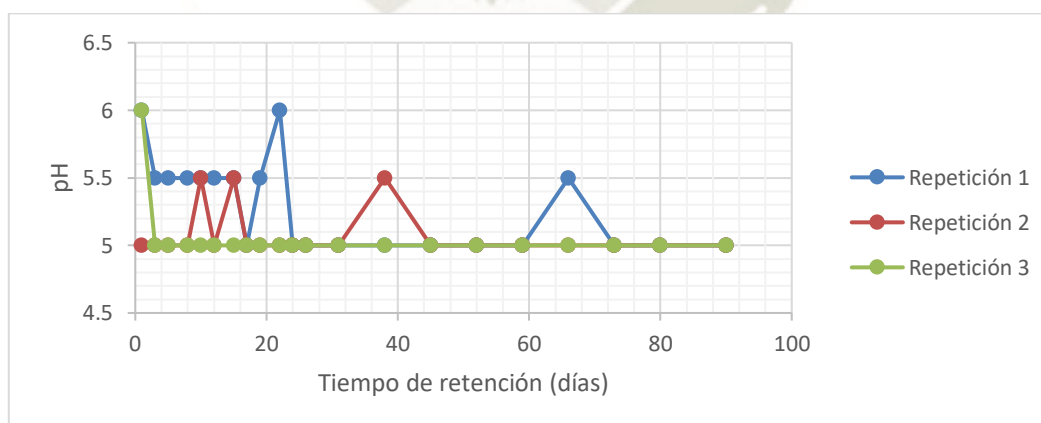


Variación de pH en los biodigestores Pasto+Hojas 7:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH entre las tres repeticiones no presentó diferencias significativas en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación del pH de los biodigestores Pasto+Hojas Blanco en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas Blanco muestra una variación múltiple en los primeros 22 días, y finalmente manteniendo una estabilidad lineal en los días siguientes, exceptuando en dos puntos en la repetición 1 y 2, tal como se muestra en la siguiente Figura.



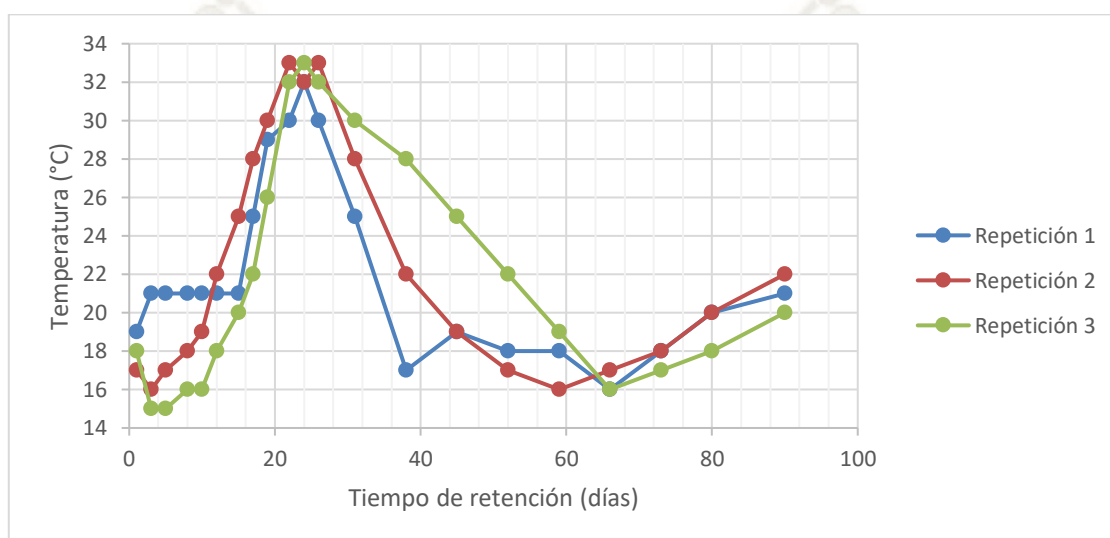
Variación de pH en los biodigestores Pasto+Hojas Blanco en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH de la repetición 1 es significativamente diferente a la repetición 2 y 3 en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Anexo 4. Variación de Temperatura de los biodigestores

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto 3:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto 3:1 muestra un comienzo casi similar, rondando los 18°C, luego en los primeros 30 días se eleva hacia los 32°C aproximadamente, exceptuando las repeticiones 2 y 3 que antes disminuyen a 16 y 14°C respectivamente; luego de los 30 días disminuye la temperatura para finalmente volver a subir en los últimos días rondando los 20°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

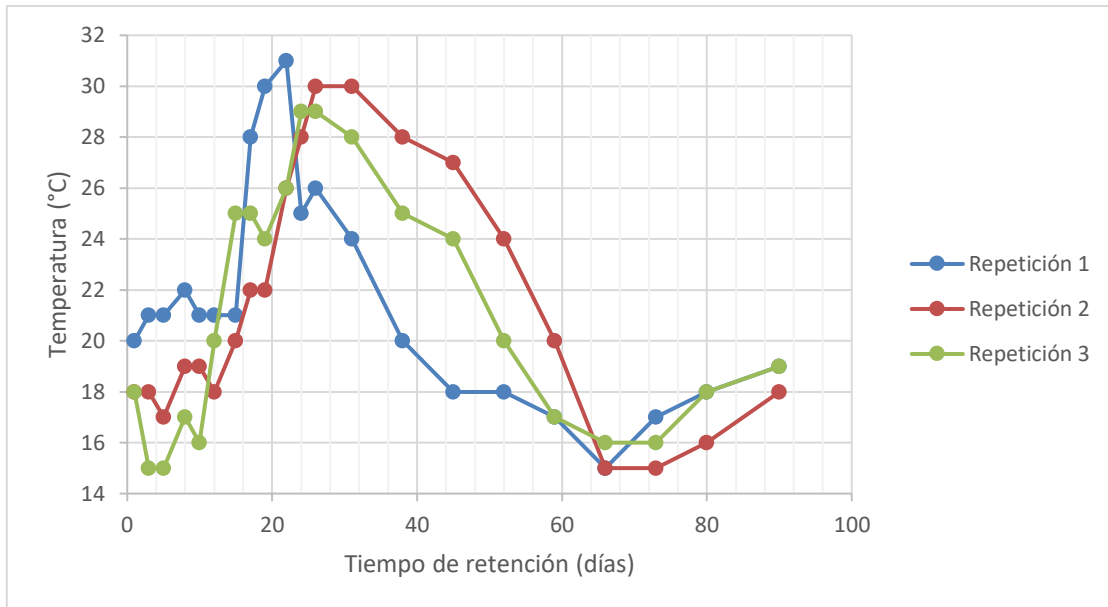


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto 3:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferentes entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto 5:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto 5:1 muestra un comienzo similar en las repeticiones 2 y 3, mientras que la repetición 1 comenzó en 20°C, luego ocurre un incremento en los primeros 30 días de distinta forma entre las repeticiones; después de llegar a sus respectivos picos máximos decrecen hasta el día 65 para finalmente establecerse en 19°C aproximadamente, tal como se muestra en la siguiente Figura.

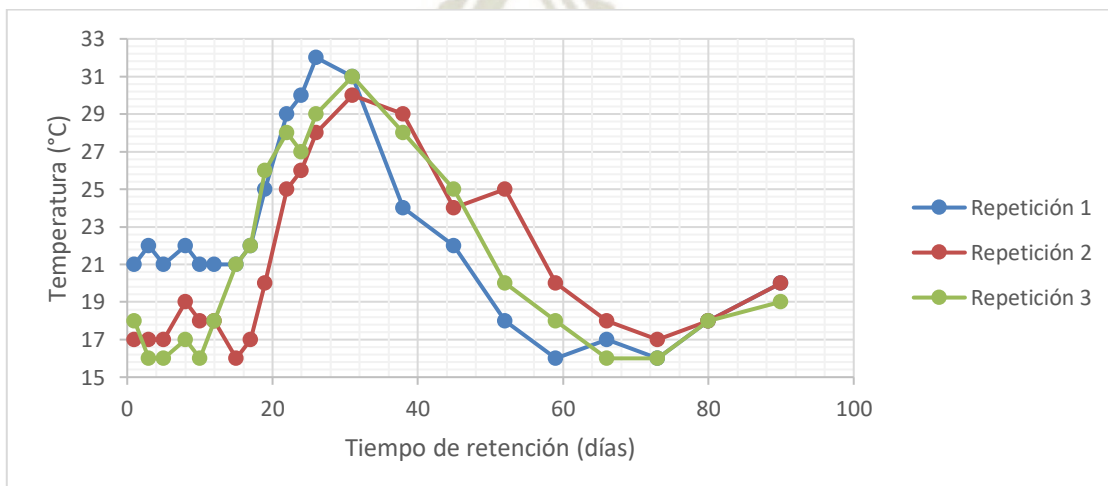


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferentes entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto 7:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto 7:1 muestra un comienzo distinto entre las tres repeticiones, seguido de un aumento a partir de día 20 aproximadamente, y luego de llegar a su pico máximo en el día 30 desciende de forma accidentada, para finalmente establecerse por los 20°C en los últimos días, tal como se muestra en la siguiente Figura.

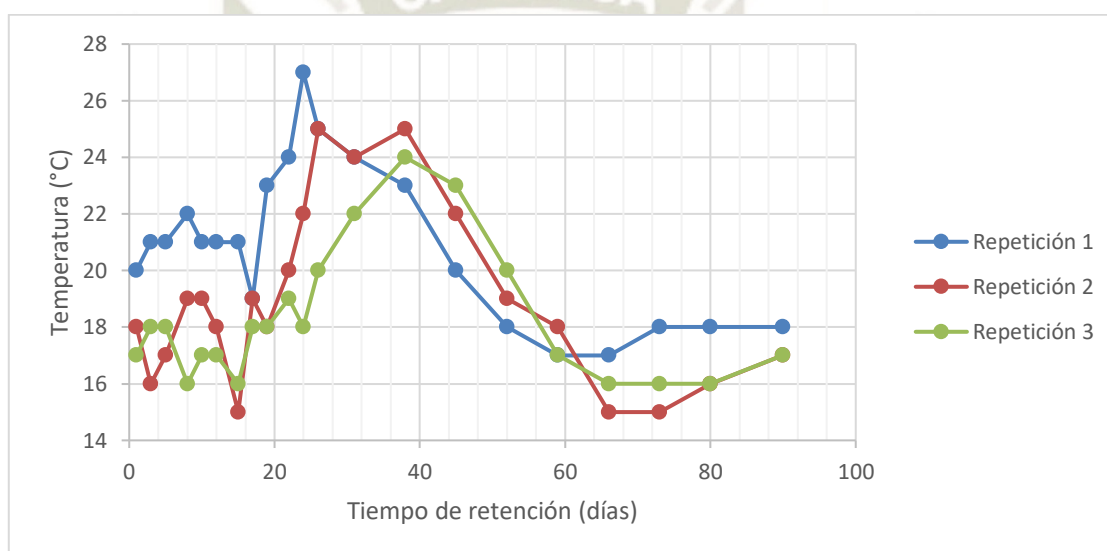


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto 7:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto Blanco en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto Blanco muestra un comienzo distinto entre las tres repeticiones, en los siguientes días suceden unas variaciones múltiples logrando un incremento entre los días 20 y 30, después sucede un descenso para finalmente establecerse entre los 17 y 18°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

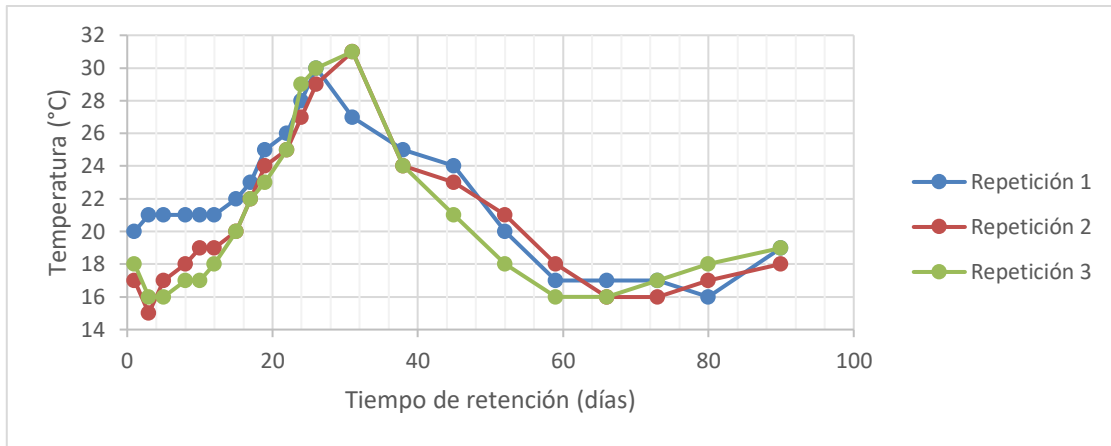


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto Blanco en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de la repetición 1 es significativamente diferente a la repetición 3 en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Hojas 3:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 3:1 muestra un comienzo desigual en el primer día, luego sucede un incremento en los siguientes días hasta el día 30, posteriormente sucede un descenso para finalmente establecerse en los 18 y 19°C en el último día, tal como se muestra en la siguiente Figura.

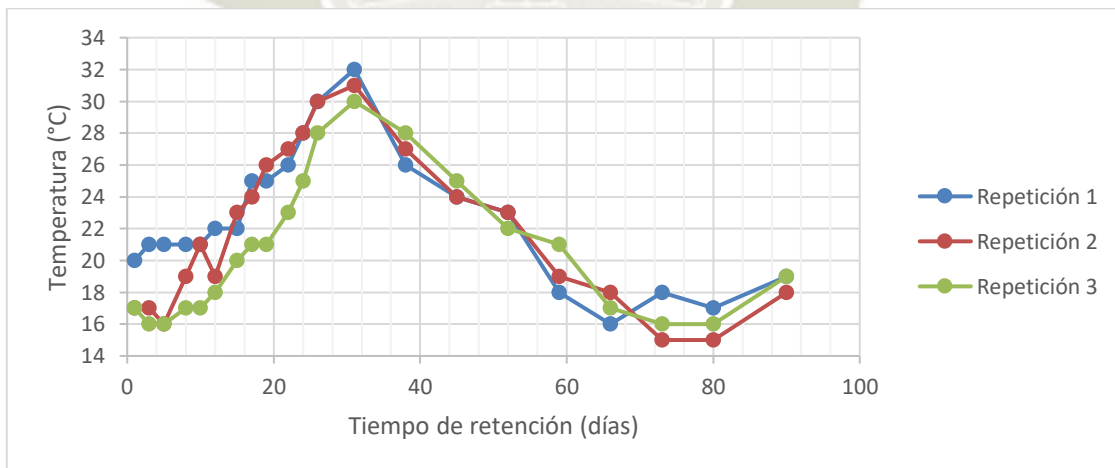


Variación de Temperatura en los biodigestores Hojas 3:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza (ver Anexo N°3), la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Hojas 5:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 5:1 muestra un comienzo desigual en el primer día, luego sucede un incremento con variaciones múltiples entre las tres repeticiones hasta un pico máximo por el día 30, posteriormente sucede un descenso para finalmente establecerse en los 18 o 20°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

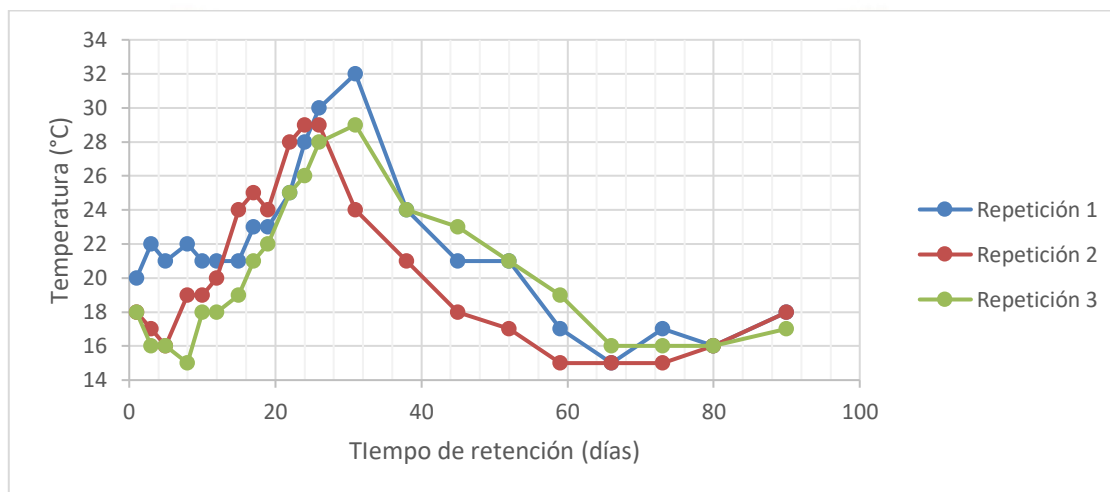


Variación de Temperatura en los biodigestores Hojas 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Hojas 7:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 7:1 muestra un comienzo desigual e irregular, con variaciones múltiples durante su incremento hacia el día 30; luego sucede un descenso accidentado en las tres repeticiones, destacando a la repetición 2, para finalmente establecerse en los 17 o 18°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

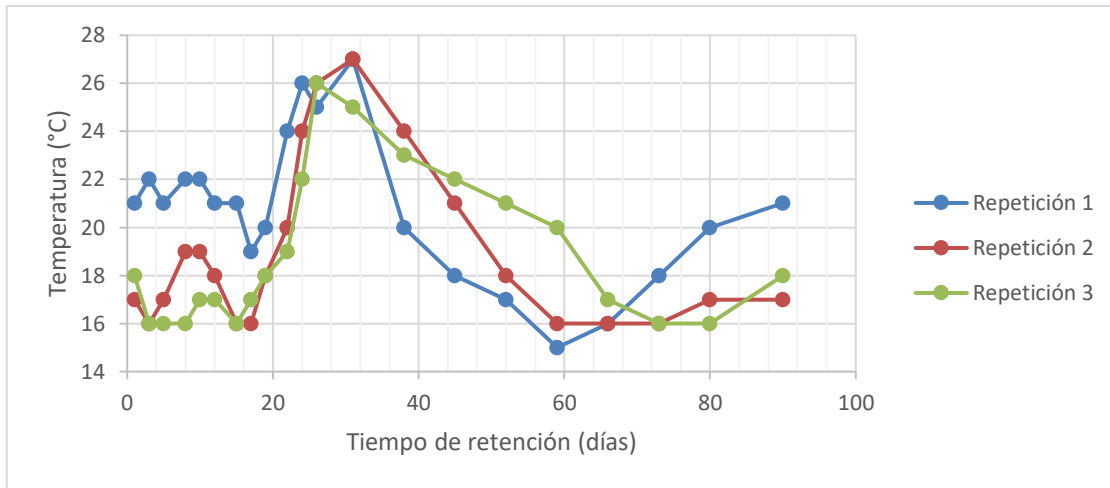


Variación de Temperatura en los biodigestores Hojas 7:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Hojas Blanco en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Hojas 7:1 muestra un inicio muy distinto entre ellos, destacando a la repetición 1, el cual comienza en 21°C; luego suceden unas variaciones múltiples para después incrementarse a partir del día 20; después de llegar su pico máximo comienza un descenso distinto entre las tres repeticiones, y finalmente se establecen en temperaturas distintas entre ellas, tal como se muestra en la siguiente Figura.

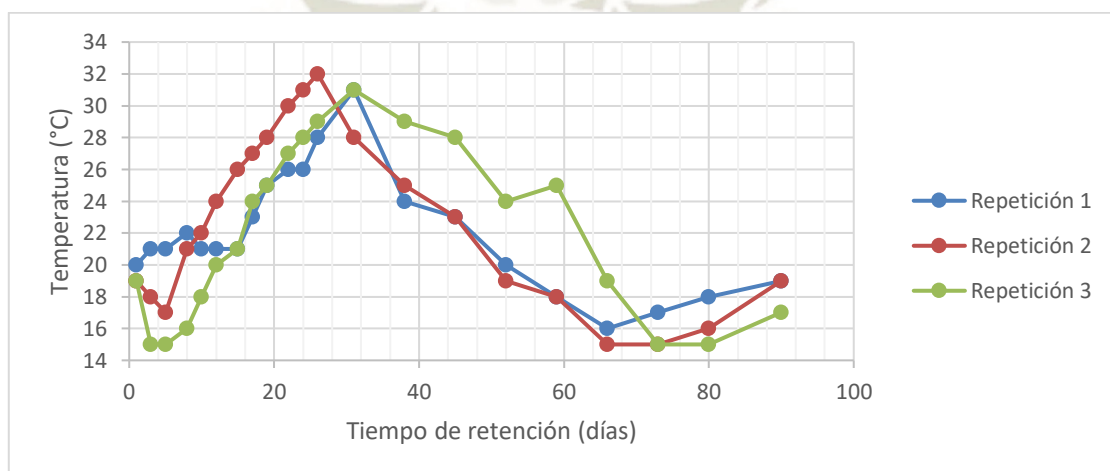


Variación de Temperatura en los biodigestores Hojas Blanco en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto+Hojas 3:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas 3:1 muestra un comienzo similar a 19°C, seguido de unas variaciones considerables antes de suceder un incremento hacia el día 30, después sucede un descenso para finalmente estabilizarse las temperaturas de 17 a 19°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

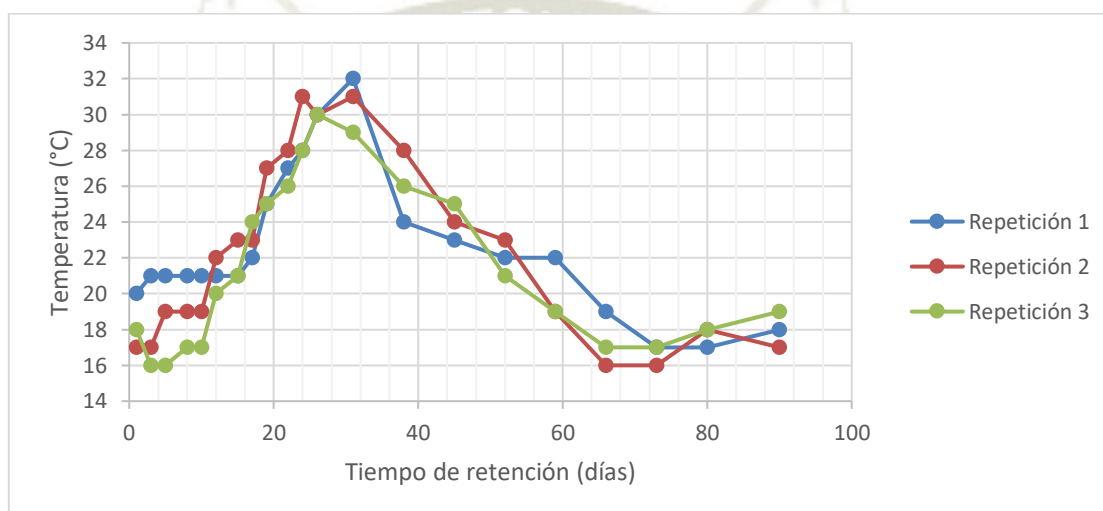


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto+Hojas 3:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto+Hojas 5:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas 5:1 muestra un inicio desigual entre ellos, teniendo variaciones múltiples seguido de un incremento hasta el día 30, luego decrece de forma accidentada para finalmente establecerse las temperaturas de 17 a 19°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

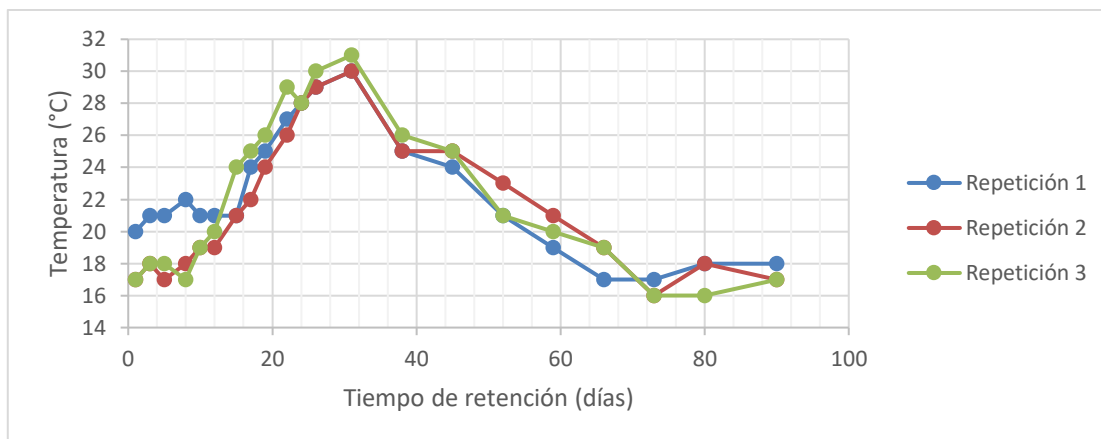


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto+Hojas 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto+Hojas 7:1 en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas 7:1 muestra un inicio desigual entre ellos, seguido de un incremento con variaciones múltiples hasta el día 30, luego sucede un descenso hasta establecerse finalmente en las temperaturas 17 a 18°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.

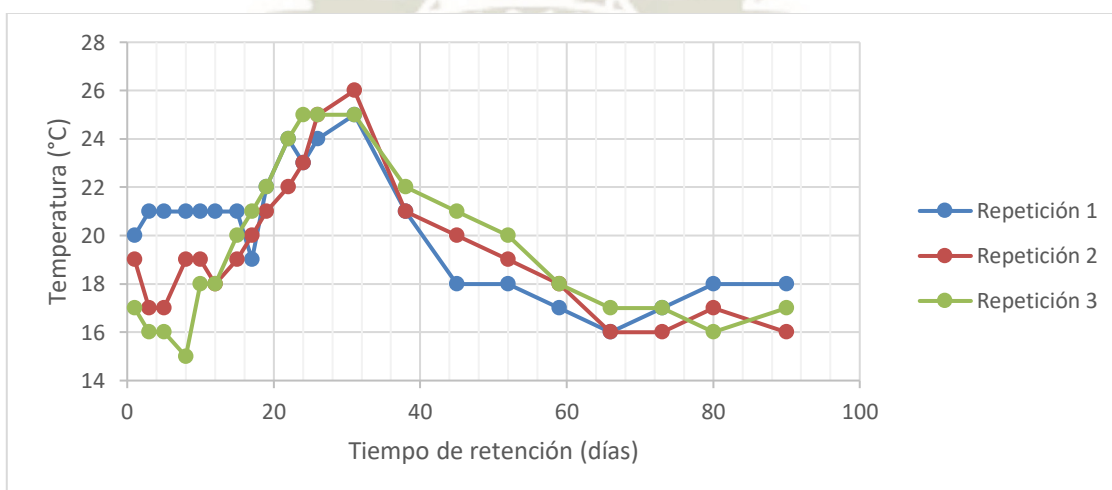


Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto+Hojas 5:1 en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, la temperatura de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.

Variación de Temperatura de los biodigestores Pasto+Hojas Blanco en las tres repeticiones

El análisis mediante gráficas para las tres repeticiones de Pasto+Hojas Blanco muestra un comienzo muy distinto entre ellos, seguido de variaciones múltiples considerables y un incremento desde el día 20 hasta el día 30, luego sucede un descenso accidentado para finalmente establecerse en las temperaturas 16 a 18°C, tal como se muestra en la siguiente Figura.



Variación de Temperatura en los biodigestores Pasto+Hojas Blanco en las tres repeticiones

Según el análisis de varianza, el pH de las tres repeticiones es significativamente diferente entre sí en sus promedios, con un 95% de confiabilidad.



Anexo 5. Cuadro de datos de cantidad de semillas germinadas en el bioensayo de germinación

Repetición 1		
Biodigestor	Dilución	Cantidad
Hojas 3:1	0.10%	4
	1%	5
	5%	5
	Blanco	4
Hojas 5:1	0.10%	4
	1%	5
	5%	5
	Blanco	3
Hojas 7:1	0.10%	5
	1%	4
	5%	5
	Blanco	4
Hojas Blanco	0.10%	4
	1%	5
	5%	5
	Blanco	4
Pasto 3:1	0.10%	4
	1%	5
	5%	4
	Blanco	5
Pasto 5:1	0.10%	3
	1%	5
	5%	5
	Blanco	4
Pasto 7:1	0.10%	5
	1%	5
	5%	5
	Blanco	5
Pasto Blanco	0.10%	3
	1%	4
	5%	4
	Blanco	4
Pasto Hojas 3:1	0.10%	5
	1%	5
	5%	2
	Blanco	4
Pasto Hojas 5:1	0.10%	4
	1%	2
	5%	3
	Blanco	5

	0.10%	5
Pasto Hojas 7:1	1%	2
	5%	5
	Blanco	4
Pasto Hojas Blanco	0.10%	4
	1%	4
	5%	5
	Blanco	4
Repetición 2		
Biodigestor	Dilución	Cantidad
Hojas 3:1	0.10%	5
	1%	3
	5%	5
	Blanco	4
Hojas 5:1	0.10%	4
	1%	4
	5%	3
	Blanco	3
Hojas 7:1	0.10%	5
	1%	5
	5%	5
	Blanco	5
Hojas Blanco	0.10%	5
	1%	4
	5%	3
	Blanco	4
Pasto 3:1	0.10%	5
	1%	2
	5%	5
	Blanco	1
Pasto 5:1	0.10%	4
	1%	4
	5%	5
	Blanco	4
Pasto 7:1	0.10%	5
	1%	2
	5%	5
	Blanco	4
Pasto Blanco	0.10%	5
	1%	5
	5%	4
	Blanco	5
Pasto Hojas 3:1	0.10%	4
	1%	4
	5%	4

	Blanco	5
	0.10%	4
Pasto Hojas 5:1	1%	4
	5%	4
	Blanco	4
	0.10%	4
Pasto Hojas 7:1	1%	4
	5%	4
	Blanco	5
	0.10%	4
Pasto Hojas Blanco	1%	5
	5%	4
	Blanco	2
Repetición 3		
Biodigestor	Dilución	Cantidad
	0.10%	4
Hojas 3:1	1%	5
	5%	5
	Blanco	4
	0.10%	5
Hojas 5:1	1%	3
	5%	5
	Blanco	4
	0.10%	2
Hojas 7:1	1%	5
	5%	4
	Blanco	5
	0.10%	5
Hojas Blanco	1%	5
	5%	5
	Blanco	4
	0.10%	5
Pasto 3:1	1%	5
	5%	4
	Blanco	5
	0.10%	4
Pasto 5:1	1%	5
	5%	3
	Blanco	4
	0.10%	4
Pasto 7:1	1%	3
	5%	5
	Blanco	5
	0.10%	3
Pasto Blanco	1%	5

	5%	3
	Blanco	5
	0.10%	2
Pasto Hojas 3:1	1%	4
	5%	2
	Blanco	4
	0.10%	3
Pasto Hojas 5:1	1%	4
	5%	4
	Blanco	4
	0.10%	5
Pasto Hojas 7:1	1%	4
	5%	4
	Blanco	5
	0.10%	4
Pasto Hojas Blanco	1%	3
	5%	2
	Blanco	4

Anexo 6. Cuadro de datos de longitudes de radícula de las semillas germinadas en el bioensayo de germinación

Biodigestor	Repetición 1					
	Dilución	Longitudes (mm)				
Hojas 3:1	0.10%	162	160	155	100	-
	1%	116	144	146	157	142
	5%	155	97	134	167	144
	Blanco	85	62	35	55	-
Hojas 5:1	0.10%	163	163	184	105	-
	1%	141	185	170	226	99
	5%	112	154	145	97	212
	Blanco	90	90	45	-	-
Hojas 7:1	0.10%	140	113	149	107	155
	1%	160	149	152	159	-
	5%	95	231	180	140	175
	Blanco	70	94	164	144	-
Hojas Blanco	0.10%	115	82	70	64	-
	1%	118	121	87	128	84
	5%	135	295	205	135	95
	Blanco	70	117	57	100	-
Pasto 3:1	0.10%	99	71	73	40	-
	1%	64	108	65	106	133
	5%	60	65	130	82	-
	Blanco	184	110	130	140	67
Pasto 5:1	0.10%	90	110	135	-	-
	1%	143	164	210	170	187
	5%	155	165	149	164	158
	Blanco	210	115	186	70	-
Pasto 7:1	0.10%	95	80	112	140	132
	1%	116	125	96	85	40
	5%	85	87	96	113	125
	Blanco	40	56	37	59	68
Pasto Blanco	0.10%	93	70	65	-	-
	1%	130	110	103	90	-
	5%	206	155	232	170	-
	Blanco	100	196	124	72	-
Pasto Hojas 3:1	0.10%	192	117	192	182	144
	1%	188	145	200	199	143
	5%	55	55	-	-	-
	Blanco	165	80	105	107	-
Pasto Hojas 5:1	0.10%	216	234	120	156	-
	1%	97	64	-	-	-
	5%	113	68	82	-	-
	Blanco	90	104	180	117	130

	0.10%	158	88	202	201	112
Pasto Hojas 7:1	1%	65	70	-	-	-
	5%	125	132	180	125	82
	Blanco	143	65	140	133	-
Pasto Hojas Blanco	0.10%	141	161	67	167	-
	1%	137	161	137	80	-
	5%	20	170	155	210	190
	Blanco	126	100	105	143	-
Repetición 2						
Biodigestor	Dilución	Longitudes (mm)				
	0.10%	192	157	164	197	136
Hojas 3:1	1%	107	112	125	-	-
	5%	120	120	80	25	120
	Blanco	155	110	85	80	-
Hojas 5:1	0.10%	150	120	152	82	-
	1%	90	102	127	95	-
	5%	105	72	82	-	-
	Blanco	90	90	45	-	-
Hojas 7:1	0.10%	176	190	185	190	182
	1%	135	128	143	126	152
	5%	134	173	106	193	159
	Blanco	88	134	127	164	136
Hojas Blanco	0.10%	96	112	128	124	176
	1%	154	77	95	86	-
	5%	60	115	55	-	-
	Blanco	133	115	130	133	-
Pasto 3:1	0.10%	122	105	139	135	17
	1%	107	112	125	-	-
	5%	185	163	126	149	184
	Blanco	35	-	-	-	-
Pasto 5:1	0.10%	47	56	111	134	-
	1%	31	124	154	94	-
	5%	125	119	134	97	140
	Blanco	17	70	90	118	-
Pasto 7:1	0.10%	111	172	142	119	104
	1%	90	72	-	-	-
	5%	177	210	184	139	119
	Blanco	120	135	84	71	-
Pasto Blanco	0.10%	142	156	132	110	145
	1%	100	118	120	131	105
	5%	30	50	50	40	-
	Blanco	124	39	98	108	154
Pasto Hojas 3:1	0.10%	142	158	110	80	-
	1%	152	106	181	135	-
	5%	110	120	125	135	-

	Blanco	90	94	160	100	123
	0.10%	144	136	134	210	-
Pasto Hojas 5:1	1%	170	130	140	160	-
	5%	110	115	160	135	-
	Blanco	136	123	20	72	-
	0.10%	112	85	115	115	-
Pasto Hojas 7:1	1%	63	112	90	96	-
	5%	170	130	140	150	-
	Blanco	50	45	73	50	75
	0.10%	50	15	95	63	-
Pasto Hojas Blanco	1%	136	97	72	125	111
	5%	87	86	91	74	-
	Blanco	56	82	-	-	-
	Repetición 3					
Biodigestor	Dilución	Longitudes (mm)				
	0.10%	100	105	155	-	-
Hojas 3:1	1%	140	152	142	130	126
	5%	171	98	172	93	182
	Blanco	147	182	133	117	-
Hojas 5:1	0.10%	160	179	171	85	150
	1%	121	95	154	-	-
	5%	92	180	187	97	108
	Blanco	142	160	185	154	-
Hojas 7:1	0.10%	120	90	-	-	-
	1%	140	180	115	170	110
	5%	65	153	148	170	-
	Blanco	85	112	90	110	180
Hojas Blanco	0.10%	170	216	165	194	85
	1%	204	156	179	195	204
	5%	105	124	137	138	135
	Blanco	64	86	13	50	-
Pasto 3:1	0.10%	135	160	145	115	165
	1%	65	115	130	145	25
	5%	225	185	135	164	-
	Blanco	115	124	114	94	108
Pasto 5:1	0.10%	86	100	107	184	-
	1%	80	160	215	170	212
	5%	102	145	57	-	-
	Blanco	113	90	97	110	-
Pasto 7:1	0.10%	155	170	120	40	-
	1%	15	60	132	-	-
	5%	144	127	40	187	178
	Blanco	162	120	205	119	195
Pasto Blanco	0.10%	133	155	97	-	-
	1%	212	108	282	195	185

	5%	120	55	95	-	-
	Blanco	80	102	140	115	172
Pasto Hojas 3:1	0.10%	85	149	-	-	-
	1%	158	155	160	157	-
	5%	30	80	-	-	-
	Blanco	25	109	57	135	-
	0.10%	106	154	75	-	-
Pasto Hojas 5:1	1%	100	125	170	130	-
	5%	90	127	115	155	-
	Blanco	153	92	100	105	-
	0.10%	160	170	150	115	106
Pasto Hojas 7:1	1%	227	217	157	147	-
	5%	66	133	112	121	-
	Blanco	164	177	137	156	106
	0.10%	52	140	150	140	-
Pasto Hojas Blanco	1%	100	152	105	-	-
	5%	107	92	-	-	-
	Blanco	156	97	94	108	-

Anexo 7. Análisis estadístico del monitoreo de pH y Temperatura

1. Temperatura

1.1. Pasto 3:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto 3:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto 3:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto 3:1	2	83.08	41.540	32.15	0.000
Error	60	77.52	1.292		
Total	62	160.60			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto 3:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	18.810	A
Repetición 2	21	17.286	B
Repetición 3	21	16.000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.2. Pasto 5:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto 5:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto 5:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto 5:1	2	3.08	1.540	0.07	0.933
Error	60	1333.24	22.221		
Total	62	1336.32			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto 5:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	21.571	A
Repetición 2	21	21.43	A
Repetición 3	21	21.05	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.3.Pasto 7:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto 7:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
--------	---------	---------

Pasto 7:1 3 Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto 7:1	2	24.00	12.00	0.52	0.594
Error	60	1371.71	22.86		
Total	62	1395.71			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto 7:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	22.33	A
Repetición 3	21	21.19	A
Repetición 2	21	20.905	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.4.Pasto Blanco

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto Blanco

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto Blanco	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto Blanco	2	77.81	38.905	5.12	0.009
Error	60	456.19	7.603		
Total	62	534.00			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto Blanco	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	20.857	A
Repetición 2	21	18.905	A B
Repetición 3	21	18.238	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.5.Hojas 3:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Hojas 3:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas 3:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas 3:1	2	24.60	12.30	0.63	0.534
Error	60	1164.00	19.40		
Total	62	1188.60			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas 3:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	21.952	A
Repetición 2	21	20.762	A
Repetición 3	21	20.52	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.6.Hojas 5:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Hojas 5:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas 5:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas 5:1	2	42.29	21.14	1.02	0.368
Error	60	1247.71	20.80		
Total	62	1290.00			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas 5:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	22.619	A
Repetición 2	21	21.76	A
Repetición 3	21	20.619	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.7.Hojas 7:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Hojas 7:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas 7:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas 7:1	2	34.95	17.48	0.89	0.415
Error	60	1176.48	19.61		
Total	62	1211.43			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas 7:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	21.810	A
Repetición 2	21	20.33	A
Repetición 3	21	20.143	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.8.Hojas Blanco

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Hojas Blanco

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas Blanco	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas Blanco	2	48.38	24.19	2.31	0.108
Error	60	627.33	10.46		
Total	62	675.71			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas Blanco	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	20.762	A
Repetición 2	21	18.952	A
Repetición 3	21	18.857	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.9.Pasto+Hojas 3:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto+Hojas 3:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas 3:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas 3:1	2	4.98	2.492	0.10	0.903
Error	60	1462.00	24.367		
Total	62	1466.98			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas 3:1	N	Media	Agrupación
Repetición 2	21	22.52	A
Repetición 1	21	21.952	A
Repetición 3	21	21.90	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.10. Pasto+Hojas 5:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto+Hojas 5:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas 5:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas 5:1	2	13.94	6.968	0.33	0.721
Error	60	1270.00	21.167		
Total	62	1283.94			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas 5:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	22.476	A
Repetición 2	21	22.24	A
Repetición 3	21	21.38	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.11. Pasto+Hojas 7:1

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto+Hojas 7:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas 7:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas 7:1	2	48.22	24.11	1.18	0.314
Error	60	1225.33	20.42		
Total	62	1273.56			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas 7:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	22.333	A
Repetición 3	21	22.00	A
Repetición 2	21	20.33	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

1.12. Pasto+Hojas Blanco

ANOVA de un solo factor: Temperatura vs. Pasto+Hojas Blanco

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas Blanco	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas Blanco	2	9.270	4.635	0.56	0.577
Error	60	500.667	8.344		
Total	62	509.937			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas Blanco	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	20.286	A
Repetición 3	21	19.524	A
Repetición 2	21	19.429	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2. pH

2.1.Pasto 3:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto 3:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto 3:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto 3:1	2	0.1032	0.05159	0.37	0.691
Error	60	8.3333	0.13889		
Total	62	8.4365			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto 3:1	N	Media	Agrupación
Repetición 3	21	5.286	A
Repetición 1	21	5.2619	A
Repetición 2	21	5.1905	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.2.Pasto 5:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto 5:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto 5:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto 5:1	2	0.1032	0.05159	0.37	0.691
Error	60	8.3333	0.13889		
Total	62	8.4365			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto 5:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.3095	A
Repetición 3	21	5.2381	A
Repetición 2	21	5.2143	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.3.Pasto 7:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto 7:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto 7:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto 7:1	2	0.8810	0.4405	3.28	0.044
Error	60	8.0476	0.1341		
Total	62	8.9286			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto 7:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.4286	A
Repetición 3	21	5.1905	A
Repetición 2	21	5.1667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.4. Pasto Blanco

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto Blanco

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto Blanco	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto Blanco	2	0.6429	0.32143	6.00	0.004
Error	60	3.2143	0.05357		
Total	62	3.8571			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto Blanco	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.2619	A
Repetición 3	21	5.0476	B
Repetición 2	21	5.0476	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.5. Hojas 3:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Hojas 3:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas 3:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas 3:1	2	0.1667	0.08333	0.81	0.451
Error	60	6.1905	0.10317		
Total	62	6.3571			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas 3:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.2619	A
Repetición 2	21	5.2381	A
Repetición 3	21	5.1429	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.6.Hojas 5:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Hojas 5:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas 5:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas 5:1	2	0.3095	0.15476	1.72	0.188
Error	60	5.4048	0.09008		
Total	62	5.7143			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas 5:1	N	Media	Agrupación
Repetición 2	21	5.2619	A
Repetición 1	21	5.2143	A
Repetición 3	21	5.0952	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.7.Hojas 7:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Hojas 7:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas 7:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas 7:1	2	0.2143	0.1071	0.78	0.462
Error	60	8.2143	0.1369		
Total	62	8.4286			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas 7:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.3333	A
Repetición 2	21	5.2619	A
Repetición 3	21	5.1905	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.8.Hojas Blanco

ANOVA de un solo factor: pH vs. Hojas Blanco

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Hojas Blanco	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Hojas Blanco	2	0.5000	0.25000	2.56	0.086
Error	60	5.8571	0.09762		
Total	62	6.3571			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Hojas Blanco	N	Media	Agrupación
Repetición 2	21	5.3095	A
Repetición 1	21	5.2381	A
Repetición 3	21	5.0952	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.9. Pasto+Hojas 3:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto+Hojas 3:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas 3:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas 3:1	2	0.2222	0.11111	1.42	0.249
Error	60	4.6905	0.07817		
Total	62	4.9127			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas 3:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.2381	A
Repetición 2	21	5.1429	A
Repetición 3	21	5.0952	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.10. Pasto+Hojas 5:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto+Hojas 5:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas 5:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas 5:1	2	0.02381	0.01190	0.14	0.867
Error	60	4.97619	0.08294		
Total	62	5.00000			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas 5:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.1905	A
Repetición 2	21	5.1667	A
Repetición 3	21	5.1429	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.11. Pasto+Hojas 7:1

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto+Hojas 7:1

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas 7:1	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas 7:1	2	0.3889	0.19444	2.45	0.095
Error	60	4.7619	0.07937		
Total	62	5.1508			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas 7:1	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.2857	A
Repetición 2	21	5.1667	A
Repetición 3	21	5.0952	A



Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

2.12. Pasto+Hojas Blanco

ANOVA de un solo factor: pH vs. Pasto+Hojas Blanco

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$



Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Pasto+Hojas Blanco	3	Repetición 1; Repetición 2; Repetición 3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pasto+Hojas Blanco	2	0.7222	0.36111	5.58	0.006
Error	60	3.8810	0.06468		
Total	62	4.6032			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Pasto+Hojas Blanco	N	Media	Agrupación
Repetición 1	21	5.2857	A
Repetición 2	21	5.0714	B
Repetición 3	21	5.0476	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 8. Resultados fisicoquímicos de los biodigestores por repetición



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

INFORME DE ENSAYO N° 042 – 11 – VAR. – 2018

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : RODRIGO GALLEGOS LLERENA
ROSA VIRGINIA BUSTOS URQUIZO

DIRECCION : Calle Moquegua 323 Miraflores

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES
PROPORCIONES DE COMPONENTES EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOL SOBRE BIOGÁS
UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES
RECOLECTADOS DE PARTES DE AREQUIPA."

TIPO DE MUESTRA : BIOL
M-1 = Hojas Blanco
M-2 = Pasto Blanco
M-3 = Pasto Hojas Blanco
M-4 = Hojas 3:1
M-5 = Pasto 3:1
M-6 = Pasto Hojas 3:1
M-7 = Hojas 5:1
M-8 = Pasto 5:1
M-9 = Pasto Hojas 5:1
M-10 = Hojas 7:1
M-11 = Pasto 7:1
M-12 = Pasto Hojas 7:1

SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO: Carbón Orgánico y Nitrógeno

FECHA DE MUESTREO : s/r

N° DE MUESTRA Y COD.LABORATORIO : M-1 = 636; M-2= 637; M-3=638; M-4 =639; M-5 =640
M-6 = 641; M-7= 642; M-8=643; M-9 =644; M-10 =645
M-11 =646; M-12 =647

CANTIDAD DE MUESTRA : 12 botellas de Plástico con 750 ml. de muestra aproximado

PERIODO DE CUSTODIA : 10 días

FECHA DE RECEPCION : 08 de Noviembre del 2018

FECHA ENTREGA RESULTADOS : 14 de Noviembre del 2018

II.- ANALISIS DE MATERIA ORGANICA, NITRÓGENO Y RELACIÓN C/N EN BIOL

ENSAYO	Unidad de los resultados	RESULTADO Hojas Blanco M-1 636	RESULTADO Pasto Blanco M-2 637	RESULTADO Pasto Hojas Blanco M-3 638	RESULTADO Hojas 3:1 M-4 639	RESULTADO Pasto 3:1 M-5 640	RESULTADO Pasto Hoja 3:1 M-6 641
Materia Orgánica	%	0.55	0.098	0.128	0.598	0.141	0.158
Nitrógeno Total	%	0.108	0.048	0.051	0.120	0.056	0.067
Carbono C	%	0.320	0.057	0.074	0.347	0.082	0.092
Relación C / N		2.97	1.19	1.45	2.89	1.46	1.37

ENSAYO	Unidad de los resultados	RESULTADO Hojas 5:1 M-7 642	RESULTADO Pasto 5:1 M-8 643	RESULTADO Pasto Hojas 5:1 M-9 644	RESULTADO Hojas 7:1 M-10 645	RESULTADO Pasto 7:1 M-11 646	RESULTADO Pasto Hojas 7:1 M-12 647
Materia Orgánica	%	0.403	0.121	0.171	0.662	0.094	0.172
Nitrógeno Total	%	0.097	0.054	0.077	0.118	0.036	0.068
Carbono C	%	0.234	0.070	0.099	0.384	0.055	0.103
Relación C / N		2.41	1.30	1.29	3.25	1.53	1.51

% = Porcentaje

El factor de conversión para convertir C.O. a M.O. es 1.724

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE LA REFERENCIA

Victoria Frisncho Motta
Lic. Quím. Victoria Frisncho Motta
C. Q. P. 270



Pág. 1 de 2

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 • 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERÚ

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

LABORIOLOGIA

Materia Orgánica: Método Walkley and Black
Nitrógeno Total: Método Kjeldahl

COMENTARIO

La composición del Biol depende de varios factores tales como: el tipo de estiércol (por ejemplo: animal o humano), el agua, la raza y la edad de los animales, los tipos de piensos y la frecuencia de la alimentación. El Biol puede utilizarse para fertilizar directamente los cultivos o añadiéndolos al compostaje de otros materiales orgánicos. El Biol es una fuente ya digerida de desechos de origen animal a la cual si se añade orina (animal y/o humana), se añade más nitrógeno al biol lo cual puede acelerar el proceso de creación del compostaje, mejorando el coeficiente carbono/nitrógeno (C/N). Pero esto también depende del digestor, con las proporciones correctas de los materiales utilizados, la composición del biol puede contener 93 % de agua y 7 % de materia seca de la cual un 4.5 % es materia orgánica y 2.5 % es materia inorgánica.

La relación Carbono/Nitrógeno indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en Nitrógeno mineral. El coeficiente C/N nunca debe exceder 35, siendo 30 lo óptimo. Si el coeficiente C/N es muy alto, el Nitrógeno se consume rápidamente y se reduce la velocidad de reacción. Por otro lado, si el coeficiente C/N es muy bajo, el Nitrógeno se libera y acumula en forma de amoníaco lo cual es tóxico bajo ciertas condiciones. (Centre for Energy Studies, Institute of Engineering 2001, pág 43).

Victoria Frisancho Mota
Lic. Quím. Victoria Frisancho Mota
C.Q.P. 270



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE LA REFERENCIA

Pág. 2 de 2

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERÚ



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

INFORME DE ENSAYO Nº 049 – 12 – VAR. – 2018

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : RODRIGO GALLEGOS LLERENA
ROSA VIRGINIA BUSTOS URQUIZO

DIRECCION : Calle Moquegua 323 Miraflores

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES
PROPORCIONES DE COMPONENTES EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOL SOBRE BIOGÁS
UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES
RECOLECTADOS DE PARTES DE AREQUIPA."

TIPO DE MUESTRA : BIOL
M-1 = Hojas Blanco
M-2 = Pasto Blanco
M-3 = Pasto Hojas Blanco
M-4 = Hojas 3:1
M-5 = Pasto 3:1
M-6 = Pasto Hojas 3:1
M-7 = Hojas 5:1
M-8 = Pasto 5:1
M-9 = Pasto Hojas 5:1
M-10 = Hojas 7:1
M-11 = Pasto 7:1
M-12 = Pasto Hojas 7:1

SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO: Carbón Orgánico y Nitrógeno

FECHA DE MUESTREO : s/r

Nº DE MUESTRA Y COD.LABORATORIO : M-1 = 671; M-2= 672; M-3=673; M-4 =674; M-5 =675
M-6 = 676; M-7= 677; M-8=678; M-9 =679; M-10 =680
M-11 =681; M-12 =682

CANTIDAD DE MUESTRA : 12 botellas de Plástico con 750 ml. de muestra aproximado

PERIODO DE CUSTODIA : 10 días

FECHA DE RECEPCION : 27 de Noviembre del 2018

FECHA ENTREGA RESULTADOS : 03 de Diciembre del 2018

II.- ANALISIS DE MATERIA ORGANICA, NITRÓGENO Y RELACIÓN C/N EN BIOL

ENSAYO	Unidad de los resultados	RESULTADO Hojas Blanco M-1 671	RESULTADO Pasto Blanco M-2 672	RESULTADO Pasto Hojas Blanco M-3 673	RESULTADO Hojas 3:1 M-4 674	RESULTADO Pasto 3:1 M-5 675	RESULTADO Pasto Hojas 3:1 M-6 676
Materia Orgánica	%	0.28	0.55	0.41	0.20	0.27	0.24
Nitrógeno Total	%	0.072	0.220	0.104	0.09	0.081	0.044
Carbono C	%	0.219	0.32	0.24	0.245	0.16	0.14
Relación C / N		3.04	1.45	2.31	2.72	1.98	3.18

ENSAYO	Unidad de los resultados	RESULTADO Hojas 5:1 M-7 677	RESULTADO Pasto 5:1 M-8 678	RESULTADO Pasto Hojas 5:1 M-9 679	RESULTADO Hojas 7:1 M-10 680	RESULTADO Pasto 7:1 M-11 681	RESULTADO Pasto Hojas 7:1 M-12 682
Materia Orgánica	%	0.24	0.29	0.27	0.39	0.30	0.24
Nitrógeno Total	%	0.079	0.088	0.046	0.11	0.095	0.032
Carbono C	%	0.313	0.17	0.15	0.233	0.18	0.14
Relación C / N		3.96	1.93	3.26	2.12	1.89	4.38

% = Porcentaje

El factor de conversión para convertir C.O. a M.O. es 1.724

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA REFERENCIA

Lic. Quím. Victoria Frisancho Motta
C.Q.P. 270



Pág. 1 de 2

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 959438351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

METODOLOGIA

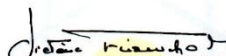
Materia Orgánica: Método Walkley and Black
Nitrógeno Total: Método Kjeldahl

COMENTARIO

Comparado con los fertilizantes químicos, el biol se descompone en un proceso largo que es mejor para la ingestión de nutrientes y la asimilación por parte de las plantas. La concentración total de Nitrógeno en el estiércol de granja puede ser hasta un 30 % inferior que en el biol. Además ésta materia orgánica puede acelerar el proceso de nitrificación del suelo, reduciendo la acumulación del nitrato en el suelo y reduciendo aún más la ingestión de Nitrato-N. Aunque las formas líquidas y sólida del biol tienen diferentes formas de composición de nutrientes, éstas pueden ayudar a cumplir con las metas relacionadas con la gestión de nutrientes por parte de los agricultores a nivel mundial.

No obstante el biol al ser bajo en la proporción entre el carbono y el Nitrógeno anaeróbico, causará la rápida mineralización de la materia orgánica del suelo y por tanto, la adición del biol al suelo puede causar la pérdida de materia orgánica. Se pueden recuperar los niveles de nitrógeno y potasio por medio del biol después de la digestión anaeróbica. El Nitrógeno amoniacal puede incrementarse en un 30 % con respecto al contenido de nutrientes del influente.

Una planta de Biogas, en conjunto con el uso del Biol, es altamente rentable e interesante para los agricultores pequeños y de medio tamaño. (El Biol: El fertilizante Supremo. Lavinia Warnars, Harrie Oppenoorth, Febrero 2014).


Lic. Quím. Victoria Prisancho Motta
C.Q.P. 270



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE LA REFERENCIA

Pág. 2 de 2

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

INFORME DE ENSAYO N° 051 - 12 - VAR. - 2018

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : RODRIGO GALLEGOS LLERENA
ROSA VIRGINIA BUSTOS URQUIZO

DIRECCION : Calle Moquegua 323 Miraflores

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES
PROPORCIONES DE COMPONENTES EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOL SOBRE BIOGÁS
UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES
RECOLECTADOS DE PARTES DE AREQUIPA."

TIPO DE MUESTRA : BIOL
M-1 = Hojas Blanco
M-2 = Pasto Blanco
M-3 = Pasto Hojas Blanco
M-4 = Hojas 3:1
M-5 = Pasto 3:1
M-6 = Pasto Hojas 3:1
M-7 = Hojas 5:1
M-8 = Pasto 5:1
M-9 = Pasto Hojas 5:1
M-10 = Hojas 7:1
M-11 = Pasto 7:1
M-12 = Pasto Hojas 7:1

SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO: Carbón Orgánico y Nitrógeno

FECHA DE MUESTREO : s/r

N° DE MUESTRA Y COD.LABORATORIO : M-1 = 688; M-2= 689; M-3=690; M-4 =691; M-5 =692
M-6 = 693; M-7= 694; M-8=695; M-9 =696; M-10 =697
M-11 =698; M-12 =699

CANTIDAD DE MUESTRA : 12 botellas de Plástico con 750 ml. de muestra aproximado

PERIODO DE CUSTODIA : 10 días

FECHA DE RECEPCION : 06 de Diciembre del 2018

FECHA ENTREGA RESULTADOS : 14 de Diciembre del 2018

II.- ANALISIS DE MATERIA ORGANICA, NITRÓGENO Y RELACIÓN C/N EN BIOL

ENSAYO	Unidad de los resultados	RESULTADO Hojas Blanco M-1 688	RESULTADO Pasto Blanco M-2 689	RESULTADO Pasto Hojas Blanco M-3 690	RESULTADO Hojas 3:1 M-4 691	RESULTADO Pasto 3:1 M-5 692	RESULTADO Pasto Hojas 3:1 M-6 693
Materia Orgánica	%	0.182	0.108	0.185	0.252	0.182	0.276
Nitrógeno Total	%	0.034	0.037	0.042	0.060	0.083	0.071
Carbono C	%	0.105	0.062	0.107	0.146	0.105	0.159
Relación C / N		3.09	1.68	2.55	2.43	1.27	2.24

ENSAYO	Unidad de los resultados	RESULTADO Hojas 5:1 M-7 694	RESULTADO Pasto 5:1 M-8 695	RESULTADO Pasto Hojas 5:1 M-9 696	RESULTADO Hojas 7:1 M-10 697	RESULTADO Pasto 7:1 M-11 698	RESULTADO Pasto Hojas 7:1 M-12 699
Materia Orgánica	%	0.222	0.182	0.215	0.215	0.128	0.134
Nitrógeno Total	%	0.057	0.062	0.076	0.051	0.083	0.054
Carbono C	%	0.128	0.105	0.124	0.124	0.074	0.078
Relación C / N		2.25	1.69	1.64	2.43	0.89	1.44

% = Porcentaje

El factor de conversión para convertir C.O. a M.O. es 1.724

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE REFERENCIA

Lic. Quím. Victoria Friserocho Motta
C.Q.P. 270



Pág. 1 de 2

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 • 95343335 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) • PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

MATERIA ORGÁNICA: Método Walkley and Black
Nitrógeno Total: Método Kjeldahl

COMENTARIO

La relación Carbono-Nitrógeno del biol es un indicador muy útil para evaluar el desarrollo y calidad de nuestro compostaje. El valor de esta relación C/N varía según los autores, y se encuentra estimada entre 25:1 y 40:1. Esto quiere decir que existen 25 o 40 partes de carbono por 1 de nitrógeno.

Si el compostaje almacena demasiada cantidad de elementos con contenido en carbono, se producirá una evacuación en forma de dióxido de carbono a la atmósfera. La fermentación en este caso será lenta y de temperatura baja y tardaremos más tiempo en obtener el compost final.

En el caso de exceso de contenido en nitrógeno, se producirá una evacuación de amoníaco a la atmósfera, emisión de olores desfavorables y temperaturas altas.

Existen unos parámetros definidos para identificar y controlar la relación carbono-nitrógeno del biol:

La temperatura del biol es muy alta. La relación C/N es baja (alto contenido en nitrógeno).

La pila del biol desprende un olor desagradable a amoníaco. La relación C/N es baja.

Gran presencia de fauna. Gusanos, moscas y otros insectos. La relación C/N es baja.

El proceso de compostaje es lento, casi detenido. La relación C/N es alta (alto contenido en carbono).

Victoria Frisancho Motta
Lic. Quím. Victoria Frisancho Motta
C.Q.P. 270



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LA MUESTRA DE LA REFERENCIA

Pág. 2 de 2

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
www.laboratoriolaquis.com
AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

INFORME DE ENSAYO N° 001 – 01 – VAR. – 2019

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : RODRIGO GALLEGOS LLERENA
DIRECCION : ROSA VIRGINIA BUSTOS URQUIZO
PROYECTO : Calle Moquegua 323 Miraflores
 : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES
 PROPORCIONES DE COMPONENTES EN LA
 PRODUCCIÓN DE BIOL SOBRE BIOGÁS
 UTILIZANDO RESIDUOS VEGETALES
 RECOLECTADOS DE PARTES DE AREQUIPA."
TIPO DE MUESTRA : BIOL
 M-1 = Hojas Blanco
 M-2 = Pasto Blanco
 M-3 = Pasto Hojas Blanco
 M-4 = Hojas 3:1
 M-5 = Pasto 3:1
 M-6 = Pasto Hojas 3:1
 M-7 = Hojas 5:1
 M-8 = Pasto 5:1
 M-9 = Pasto Hojas 5:1
 M-10 = Hojas 7:1
 M-11 = Pasto 7:1
 M-12 = Pasto Hojas 7:1
SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO: Fósforo Total y Potasio Total.
FECHA DE MUESTREO : 07 de Enero del 2019
N° DE MUESTRA Y COD.LABORATORIO : M-1 = 001; M-2 = 002; M-3 = 003; M-4 = 004; M-5 = 005
 M-6 = 006; M-7 = 007; M-8 = 008; M-9 = 009; M-10 = 010
 M-11 = 011; M-12 = 012
CANTIDAD DE MUESTRA : 12 botellas de Plástico con 100 ml. de muestra aproximado
PERIODO DE CUSTODIA : 10 días
FECHA DE RECEPCION : 07 de Enero del 2019
FECHA ENTREGA RESULTADOS : 10 de Enero del 2019

II.- RESULTADOS ANALISIS QUÍMICO DE FÓSFORO Y POTASIO EN BIOL

PARÁMETRO	Unidad de los Resultados	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
		Hojas Blanco M-1 001	Pasto Blanco M-2 002	Pasto Hojas Blanco M-3 003	Hojas 3:1 M-4 004	Pasto 3:1 M-5 005	Pasto Hojas 3:1 M-6 006
FÓSFORO	mg/L. o ppm	452	692	576	288	540	320
POTASIO	mg/L. o ppm	1,360	1,200	1,360	1,800	1,840	2,000

PARÁMETRO	Unidad de los Resultados	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
		Hojas 5:1 M-7 007	Pasto 5:1 M-8 008	Pasto Hojas 5:1 M-9 009	Hojas 7:1 M-10 010	Pasto 7:1 M-11 011	Pasto Hojas 7:1 M-12 012
FÓSFORO	mg/L. o ppm	236	376	236	252	256	244
POTASIO	mg/L. o ppm	1,480	1,800	1,760	1,680	1,320	1,400

Abreviaturas
mg/L= miligramos por litro = partes por millón

METODOLOGIA

Fósforo: Método Espectrofotométrico con Ácido Ascórbico y Molibdato de Amonio
 Potasio: Fotometría de Emisión de Llama



PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
 EL PRESENTE INFORME, SOLO ES VALIDO PARA LAS MUESTRAS DE LA REFERENCIA

Victoria Frisancho
 Lic. Quím. Victoria Frisancho Motta
 C.Q.P. 270

Pág. 1 de 1

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
 PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
 www.laboratoriolaquis.com
 AREQUIPA - PERU

Anexo 9. Resultados microbiológicos de los biodigestores por repetición



PROCESOS, CONTROLES E INSPECCIONES PERÚ S.A.C.

INFORME DE ENSAYO NO. I0073 - 2018

Cliente	: Rosa Virginia Bustos Urquiza / Rodrigo Gallegos Llerena
Dirección	: Calle Moquegua 323 - Miraflores
Producto Declarado	: Biol
Descripción del Producto	: Líquido oscuro turbio
Código /Marca del Producto	: M-1 : Hojas Blanco M-2 : Hojas 3:1 M-3 : Hojas 5:1 M-4 : Hojas 7: 1 M-5 : Pasto Hojas Blanco M-6 : Pasto Hojas 3:1 M-7 : Pasto Hojas 5:1 M-8 : Pasto Hojas 7: 1 M-9 : Pasto Blanco M-10 : Pasto 3:1 M-11 : Pasto 5:1 M-12 : Pasto 7: 1
Cantidad de Muestra recepcionada	: 20 ml aprox por muestra.
Presentación	: En botella de polietileno descartable.
Procedencia de Producto	: "Evaluación del efecto de diferentes proporciones de componentes en la producción de biol sobre biogás utilizando residuos vegetales recolectados de parques de Arequipa"
Fecha de Producción	: 16 / 11 / 2018
Fecha de Vencimiento	: No aplica
Instrucciones de Ensayo	: Enviadas por el cliente.
Muestreo por	: El Cliente
Acta de Muestreo N°	: N.A.
Lugar de Muestreo	: N.A.
Punto de Muestreo	: N.A.
Norma de Muestreo	: No específica.
Tamaño de Lote	: No Aplica
Fecha y Hora de Muestreo	: No Específica.
Tipo de Sistema	: Prototipo – 1.
Fecha de Ingreso de la Muestra	: 16 / Noviembre / 2018
Servicio solicitado	: SS0075/18
Condiciones de Recepción de la Muestra	: A temperatura ambiente
Fecha de inicio de Análisis	: 16 / Noviembre / 2018
Fecha de temino de Análisis	: 26 / Noviembre / 2018

INF-F-001 01-07-12 Ed.: 02

*Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada*

Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
Paucarpata - Arequipa

(054) 466176
email: proceinperu@yahoo.es



PROCESOS, CONTROLES E INSPECCIONES PERÚ S.A.C.

INFORME DE ENSAYO NO. I0073 - 2018

Análisis Microbiológico

Código de Laboratorio	Producto declarado	Recuento de Coliformes Totales NMP/g	Recuento de Coliformes Fecales NMP/g
P0075-18	M-1 : Hojas Blanco	4 x 10	<3
	M-2 : Hojas 3:1	10	21
	M-3 : Hojas 5:1	11 x 10	11 x 10
	M-4 : Hojas 7: 1	11 x 10	20
	M-5 : Pasto Hojas Blanco	11	11
	M-6 : Pasto Hojas 3:1	<3	<3
	M-7 : Pasto Hojas 5:1	40	<3
	M-8 : Pasto Hojas 7: 1	<3	<3
	M-9 : Pasto Blanco	11 x 10	11 x 10
	M-10 : Pasto 3:1	11 x 10	15
	M-11 : Pasto 5:1	7	7
	M-12 : Pasto 7: 1	70	40

Abreviaturas:

NMP= Numero Mas Probable por gramo de muestra.

Métodos:

- Numeración de Coliformes totales : ICMSF 1982 (Reimpresión 2005). Recuento de Coliformes: Técnica del Numero mas Probable (NMP). Método 1 Pág. 132-134
- Numeración de Coliformes Fecales : ICMSF Vol 1 2da Ed. Parte II Método 1 Pág. 138 (Reimpresión 2000). 1983 Recuento de Coliformes Fecales: Técnica del Numero mas Probable (NMP).

Arequipa, 27 de Noviembre del 2018


Lic. Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.



INF-F-001 01-07-12 Ed.: 02

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o emmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
Paucarpata - Arequipa

(054) 466176
email: proceinperu@yahoo.es



PROCESOS, CONTROLES E INSPECCIONES PERÚ S.A.C.

INFORME DE ENSAYO NO. I0090 - 2018

Cliente	: Rosa Virginia Bustos Urquiza / Rodrigo Gallegos Llerena
Dirección	: Calle Moquegua 323 - Miraflores
Producto Declarado	: Biol
Descripción del Producto	: Líquido oscuro turbio
Código /Marca del Producto	: M-1 : Hojas Blanco M-2 : Hojas 3:1 M-3 : Hojas 5:1 M-4 : Hojas 7: 1 M-5 : Pasto Hojas Blanco M-6 : Pasto Hojas 3:1 M-7 : Pasto Hojas 5:1 M-8 : Pasto Hojas 7: 1 M-9 : Pasto Blanco M-10 : Pasto 3:1 M-11 : Pasto 5:1 M-12 : Pasto 7: 1
Cantidad de Muestra recepcionada	: 20 ml aprox por muestra.
Presentación	: En botella de polietileno descartable.
Procedencia de Producto	: "Evaluación del efecto de diferentes proporciones de componentes en la producción de biol sobre biogás utilizando residuos vegetales recolectados de parques de Arequipa"
Fecha de Producción	: 04 / Diciembre / 2018
Fecha de Vencimiento	: No aplica
Instrucciones de Ensayo	: Enviadas por el cliente.
Muestreo por	: El Cliente
Acta de Muestreo N°	: N.A.
Lugar de Muestreo	: N.A.
Punto de Muestreo	: N.A.
Norma de Muestreo	: No específica.
Tamaño de Lote	: No Aplica
Fecha y Hora de Muestreo	: No Específica.
Tipo de Sistema	: Prototipo – 1.
Fecha de Ingreso de la Muestra	: 04 / Diciembre / 2018
Servicio solicitado	: SS0092/18
Condiciones de Recepción de la Muestra	: A temperatura ambiente
Fecha de inicio de Análisis	: 04 / Diciembre / 2018
Fecha de termino de Análisis	: 12 / Diciembre / 2018

INF-F-001 01-07-12 Ed.: 02

*Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada*

Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
Paucarpata - Arequipa

(054) 466176
email: proceinperu@yahoo.es



PROCESOS, CONTROLES E INSPECCIONES PERÚ S.A.C.

INFORME DE ENSAYO NO. I0090 - 2018

Análisis Microbiológico

Código de Laboratorio	Producto declarado	Recuento de Coliformes Totales NMP/g	Recuento de Coliformes Fecales NMP/g
P0103-18	M-1 : Hojas Blanco	21	10
	M-2 : Hojas 3:1	11	11
	M-3 : Hojas 5:1	11	5
	M-4 : Hojas 7: 1	11	11
	M-5 : Pasto Hojas Blanco	11 x 10	11 x 10
	M-6 : Pasto Hojas 3:1	21	15
	M-7 : Pasto Hojas 5:1	11	<3
	M-8 : Pasto Hojas 7: 1	21	15
	M-9 : Pasto Blanco	11 x 10	15
	M-10 : Pasto 3:1	11 x 10	21
	M-11 : Pasto 5:1	40	40
	M-12 : Pasto 7: 1	15	15

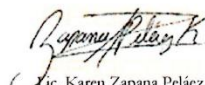
Abreviaturas:

NMP= Numero Mas Probable por gramo de muestra.

Métodos:

- Numeración de Coliformes totales : ICMSF 1982 (Reimpresión 2005). Recuento de Coliformes: Técnica del Numero mas Probable (NMP). Método 1 Pág. 132-134
- Numeración de Coliformes Fecales : ICMSF Vol 1 2da Ed. Parte II Método 1 Pág. 138 (Reimpresión 2000). 1983 Recuento de Coliformes Fecales: Técnica del Numero mas Probable (NMP).

Arequipa, 13 de Diciembre del 2018


Lic. Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

INF-F-001 01-07-12 Ed.: 02

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
Paucarpata - Arequipa

(054) 466176
email: proceinperu@yahoo.es



PROCESOS, CONTROLES E INSPECCIONES PERÚ S.A.C.

INFORME DE ENSAYO NO. I0098 - 2018

Cliente : Rosa Virginia Bustos Urquiza / Rodrigo Gallegos Llerena
 Dirección : Calle Moquegua 323 - Miraflores
 Producto Declarado : Biol
 Descripción del Producto : Líquido oscuro turbio
 Código /Marca del Producto : M-1 : Hojas Blanco
 M-2 : Hojas 3:1
 M-3 : Hojas 5:1
 M-4 : Hojas 7: 1
 M-5 : Pasto Hojas Blanco
 M-6 : Pasto Hojas 3:1
 M-7 : Pasto Hojas 5:1
 M-8 : Pasto Hojas 7: 1
 M-9 : Pasto Blanco
 M-10 : Pasto 3:1
 M-11 : Pasto 5:1
 M-12 : Pasto 7: 1
 Cantidad de Muestra recepcionada : 20 ml aprox por muestra.
 Presentación : En botella de polietileno descartable.
 Procedencia de Producto : "Evaluación del efecto de diferentes proporciones de componentes en la producción de biol sobre biogás utilizando residuos vegetales recolectados de parques de Arequipa"
 Fecha de Producción : 17 / Diciembre / 2018
 Fecha de Vencimiento : No aplica
 Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el cliente.
 Muestreo por : El Cliente
 Acta de Muestreo N° : N.A.
 Lugar de Muestreo : N.A.
 Punto de Muestreo : N.A.
 Norma de Muestreo : No especifica.
 Tamaño de Lote : No Aplica
 Fecha y Hora de Muestreo : No Especifica.
 Tipo de Sistema : Prototipo – I.
 Fecha de Ingreso de la Muestra : 17 / Diciembre / 2018
 Servicio solicitado : SS00106/18
 Condiciones de Recepción de la Muestra : A temperatura ambiente
 Fecha de inicio de Análisis : 17 / Diciembre / 2018
 Fecha de termino de Análisis : 27 / Diciembre / 2018

INF-F-001 01-07-12 Ed.: 02

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
 Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
 Paucarpata - Arequipa

(054) 466176
 email: proceinperu@yahoo.es



PROCESOS, CONTROLES E INSPECCIONES PERÚ S.A.C.

INFORME DE ENSAYO NO. I0098 - 2018

Análisis Microbiológico

Código de Laboratorio	Producto declarado	Recuento de Coliformes Totales NMP/g	Recuento de Coliformes Fecales NMP/g
P0111-18	M-1 : Hojas Blanco	7	7
	M-2 : Hojas 3:1	<3	40
	M-3 : Hojas 5:1	15	7
	M-4 : Hojas 7: 1	23	23
	M-5 : Pasto Hojas Blanco	11 x 10	50
	M-6 : Pasto Hojas 3:1	21 x 10	70
	M-7 : Pasto Hojas 5:1	9	15
	M-8 : Pasto Hojas 7: 1	9	<3
	M-9 : Pasto Blanco	40	15
	M-10 : Pasto 3:1	40	<3
	M-11 : Pasto 5:1	21	21
	M-12 : Pasto 7: 1	9	9

Abreviaturas:

NMP= Numero Mas Probable por gramo de muestra.

Métodos:

- Numeración de Coliformes totales : ICMSF 1982 (Reimpresión 2005). Recuento de Coliformes: Técnica del Numero mas Probable (NMP). Método 1 Pág. 132-134
- Numeración de Coliformes Fecales : ICMSF Vol 1 2da Ed. Parte II Método 1 Pág. 138 (Reimpresión 2000). 1983 Recuento de Coliformes Fecales: Técnica del Numero mas Probable (NMP).

Arequipa, 27 de Diciembre del 2018

Lic. Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

INF-F-001 01-07-12 Ed.: 02

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Kennedy 2001-A Ampliación Paucarpata
Paucarpata - Arequipa

(054) 466176
email: proceinperu@yahoo.es

Anexo 10. Revisión fotográfica



Recolección de materia verde (Pasto)



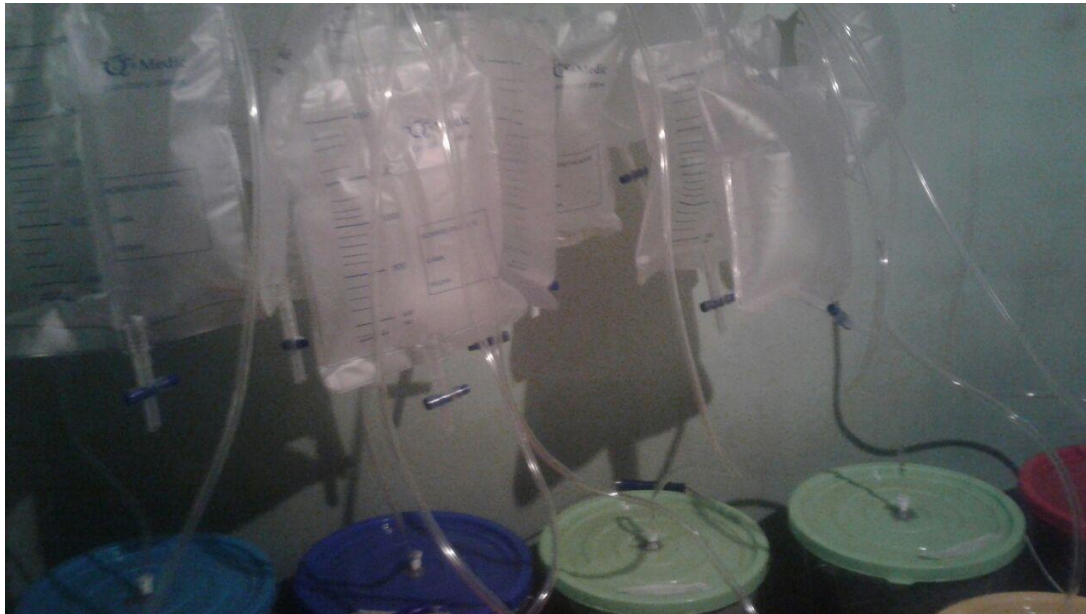
Construcción de los biodigestores



Biodigestores listos para el tiempo de retención



Toma de muestra de biol



Bolsas de diuresis con biogás



Análisis fisicoquímico del biogás



Placas con las semillas de maíz para el bioensayo de germinación



Semillas germinadas y medición de longitud de radícula