

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**  
**Y AMBIENTAL**



**“EFICACIA DEL EMPLEO DE ESTIÉRCOL DE GANADO  
PORCINO Y CÁSCARA DE CAFÉ, EN LA PRODUCCIÓN  
DE BIOGÁS Y DIGESTATOS LÍQUIDOS, JAÉN,  
CAJAMARCA”**

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

**Autores:** Bach. Carlos Eduar Jimenez Aranda

Bach. Edin García Calle

**ASESOR:** Dr. Santos Clemente Herrera Díaz

**JAÉN –PERÚ, FEBRERO, 2020**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 25 de febrero de 2020, siendo las 12:00 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador**:

- Mg. Jorge Antonio Delgado Soto Presidente
- Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo Secretaria
- Mg. María Marleny Torres Cruz Vocal

**Para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado:** "EFICACIA DEL EMPLEO DE ESTIÉRCOL DE GANADO PORCINO Y CÁSCARA DE CAFÉ, EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y DIGESTATOS LÍQUIDOS, JAÉN, CAJAMARCA; **cuyos autores son los bachilleres** Carlos Eduar Jimenez Aranda y Edin García calle de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental; **ha sido dictaminado como:**

(  ) Aprobado      (    ) Desaprobado      (  ) Unanimidad      (    ) Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	(    )
Muy Bueno	16, 17	(    )
Bueno	14, 15	( <u>15</u> )
Regular	13	(    )
Desaprobado	12 o menos	(    )

En concordancia con el Reglamento General de Grado Académico y Título Profesional de la Universidad Nacional de Jaén aprobado con Resolución N° 220-2019-CO-UNJ el 18 de junio de 2019.

Siendo las 13:00 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 25 de febrero de 2020

Secretaria Jurado Evaluador  
Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo

Presidente Jurado Evaluador  
Mg. Jorge Antonio Delgado soto

Vocal Jurado Evaluador  
Mg. María Marleny Torres Cruz

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. OBJETIVOS.....	13
2.1.    Objetivo general .....	13
2.2.    Objetivos específicos .....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1.    Materiales y equipos .....	14
3.1.1.    Materiales.....	14
3.1.2.    Equipos .....	15
3.2.    Metodología .....	15
3.2.1.    Ubicación del proyecto .....	15
3.2.2.    Método de análisis de datos .....	16
3.2.3.    Procedimiento .....	16
3.2.4.    Proceso de producción de biogás y digestatos.....	16
3.3.    Diseño de la investigación .....	24
3.4.    Población, muestra y muestreo .....	25
IV. RESULTADOS .....	26
4.1.    Caracterización de la mejor producción de biogás y digestatos líquidos utilizando estiércol de ganado porcino y cáscara de café. ....	26
4.2.    Determinación de las proporciones de estiércol de ganado porcino y cáscara de café para producir biogás y digestatos. ....	30
4.3.    Determinación del rendimiento del proceso de producción de biogás y digestatos líquidos a partir de la utilización de estiércol de ganado porcino y cáscara de café. ....	30
4.3.1.    Volumen de biogás producido .....	32

4.3.2. Volumen de digestatos.....	36
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	41
6.1. Conclusiones.....	41
6.2. Recomendaciones .....	42
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
DEDICATORIA.....	46
AGRADECIMIENTOS.....	47
ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Mezclas para la obtención de biogás.....</i>	20
<i>Tabla 2: Porciones de mezclas para cada tratamiento .....</i>	25
<i>Tabla 3: Producción de biogás total .....</i>	26
<i>Tabla 4: Prueba de Kruskal – Wallis producción de biogás .....</i>	27
<i>Tabla 5: Prueba de Kruskall – Wallis .....</i>	28
<i>Tabla 6: Análisis de medias biol .....</i>	28
<i>Tabla 7: Análisis de medias biosol.....</i>	29
<i>Tabla 8: Producción de biodigestatos.....</i>	29
<i>Tabla 9: Proporciones de estiércol y cáscara de café para producir biogás y digestatos .</i>	30

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Temperatura promedio diaria .....</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<i>Gráfico 2: Producción de biogás total .....</i>	31
<i>Gráfico 3: Volumen de biogás durante los 25 días de evaluación.....</i>	31
<i>Gráfico 4: Temperatura promedio diaria durante los 25 días de evaluación .....</i>	32
<i>Gráfico 5: Volumen producido del biol.....</i>	37
<i>Gráfico 6: Volumen de biosol total .....</i>	38

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Mapa de ubicación del proyecto de investigación .....</i>	15
<i>Imagen 2: Instalación del biodigestor.....</i>	17
<i>Imagen 3: Sistema para producción de biogás .....</i>	17
<i>Imagen 4: Cáscara de café recolectado .....</i>	18
<i>Imagen 5: Recolección de estiércol de ganado porcino.....</i>	18
<i>Imagen 6: Proceso de cargados de biodigestores.....</i>	19
<i>Imagen 7: Instalación de gasómetro o cámara de almacenamiento .....</i>	20
<i>Imagen 8: Registro de temperatura ambiental.....</i>	21
<i>Imagen 9: Almacenamiento de biogás .....</i>	22
<i>Imagen 10: medición del gasómetro .....</i>	23
<i>Imagen 11: Diagrama para la obtención de biogás y digestatos.....</i>	24
<i>Imagen 12: Dinámica de la innovación experimental .....</i>	24
<i>Imagen 13: Muestra de estudio en el mismo contexto poblacional .....</i>	25
<i>Imagen 14: Traslado de biogás de cámaras de recolección a gasómetro tubular .....</i>	33
<i>Imagen 15: Medición de gasómetro .....</i>	34
<i>Imagen 16: Digestatos producidos: Izquierda biol, Derecha biosol .....</i>	36
<i>Imagen 17: Medición de biol.....</i>	36
<i>Imagen 18: Pesado de biosol.....</i>	37

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1: Panel fotográfico.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo 2: Gráficos y Tablas.....</b>	<b>51</b>



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la eficacia del estiércol de ganado porcino y cáscara de café en la producción de biogás y digestatos líquidos en diferentes proporciones, muchos de los desechos orgánicos no tienen una adecuada disposición final, ya que los productores desconocen el grado de contaminación que pueden causar, así como también este puede servir como una fuente de energía renovable. Se construyó biodigestores de tanque de PVC de 1.20 m de altura y 1 m de diámetro para ver la eficacia del estiércol de ganado porcino y cáscara de café, aplicando una metodología con el uso de tratamientos y repeticiones completamente al azar. El análisis estadístico para determinar la eficacia se realizó mediante la comparación de los tres tratamientos, usando el software Minitab8. Cuyos resultados obtenidos nos muestran que la mayor eficacia en la producción de biogás es el tratamiento 2 de proporción de mezcla (60 % estiércol de ganado porcino - 40 % cáscara de café) produciendo 0.142336 m<sup>3</sup> biogás; el tratamiento 3 (70 % estiércol de ganado porcino – 30 % cáscara de café) produjo 0.136347 m<sup>3</sup> y el tratamiento 1 produjo 0.06169 m<sup>3</sup>. Es así que se llega a la conclusión que el tratamiento 2 es el más eficaz en la producción de biogás y la proporción de mezcla más adecuada es (60 % estiércol de ganado porcino - 40 % cáscara de café).

**Palabras Clave:** *Desechos orgánicos; biodigestor; biogás; digestatos líquidos; energías renovables.*

## ABSTRACT

The objective of this research work is to evaluate the effectiveness of pig manure and coffee husk in the production of biogas and liquid digestates in different proportions, many of the organic wastes do not have an adequate final disposal, since the producers do not know the degree of pollution they can cause, as well as this can also serve as a renewable energy source. Biodigesters of a 1.20 m high and 1 m diameter PVC tank were constructed to see the efficacy of pig manure and coffee husk, applying a methodology with the use of completely random treatments and repetitions. Statistical analysis to determine efficacy was performed by comparing the three treatments, using the Minitab8 software. Whose results show us that the greatest efficiency in the production of biogas is the treatment 2 of mixing ratio (60 % pig manure – 40 % coffee husk) producing 0.142336 m<sup>3</sup> biogas; treatment 3 (70 % pig manure – 30 % coffee husk) produced 0.136347 m<sup>3</sup> and treatment 1 produced 0.06169 m<sup>3</sup>. Thus, it is concluded that treatment 2 is the most effective in the production of biogas and the most appropriate mixing ratio is (60 % pig manure – 40 % coffee husk).

**Keywords:** *Organic waste; biodigester; biogas; liquid digestates; renewable energy.*

## I. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario desempeña un importante papel en la actividad económica del país, su participación en el PBI es de 9 %, ocupa cerca del 35 % de la Población Económicamente Activa (PEA) nacional y produce el 70 % de alimentos que se consume en el país. (FAO, 2015).

El Café es el primer producto agrícola peruano de exportación y es el séptimo país exportador de café a nivel mundial. El Perú posee 425,416 hectáreas dedicadas al cultivo de café las cuales representan 6 % del área agrícola nacional. El potencial de crecimiento del café en el país es alrededor de 2 millones de hectáreas. En la actualidad, 223,482 familias de pequeños productores están involucradas con la producción de café a nivel nacional y el 95 % de ellos son agricultores con 5 hectáreas o menos del producto. (MINAGRI, 2018).

El proceso de beneficio húmedo del café genera contaminación orgánica por la cáscara, aguas miel, que afectan las fuentes de agua; esto genera cambios en el pH (acidificación), disminuye el oxígeno disuelto, oxidación de materia orgánica, cambios de color, generación de mal olor (muerte de fauna), incremento de la temperatura, muerte de la micro fauna y a veces la muerte de la fauna terrestre (Romero & Mamani, 2013).

Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra, se generan 162 900 toneladas de pulpa fresca, la cual si no se utiliza adecuadamente produciría una contaminación equivalente a la generada durante un año, en excretas y orina, por una población de 868 736 habitantes en términos de DBO (Rodríguez, 2009).

La mayoría de familias en las zonas rurales y en esta parte Nororiental del Perú se dedican a la agricultura y el principal producto que cultivan es el café y con ello también se dedican a la ganadería y crianza de animales menores ya sea para el autoconsumo y/o comercialización.

Las diferentes fases de la cadena productiva de estas actividades traen consigo un impacto negativo producto de la mala disposición de los desechos que estos generan durante su producción. La ganadería está relacionada con la agricultura. En estos casos el ganado aporta el estiércol, que es utilizado como abono, y los cultivos aportan el alimento para los animales.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la ganadería es responsable del 9 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, del 35 – 40 % de las de CH<sub>4</sub> y del 65 % de las de N<sub>2</sub>O (Steinfeld, et al, 2006).

El principal impacto ambiental directo de la producción porcina está relacionado con los purines producidos por el ganado porcino. Un almacenamiento adecuado puede reducir la cantidad de gases de efecto invernadero liberados y la producción de combustibles a través de biodigestión puede contribuir a optimizar el uso de los recursos naturales que intervienen en el ciclo de producción (FAO, 2014).

El incremento de estiércol, crea impactos ambientales negativos ya que no existe ningún control en su disposición, causando: contaminación de la atmósfera por la emisión de GEI, contaminación del suelo por acumulación de micro y macro nutrientes y contaminación en las aguas superficiales (Pinos, et al. 2012).

Según (Pinos, et al. 2012) los efluentes de la porcicultura pueden alterar la calidad del agua al punto de cambiar los usos destinados a estos cuerpos de agua al transportar diversos patógenos a los cuerpos de agua causando el desarrollo de enfermedades en los animales que entren en contacto. Se podrá dar también la proliferación de moscas que sirven como vectores para la transmisión de enfermedades.

Para disminuir los efectos de la contaminación ambiental causada por la porcicultura (Pérez, et al.2006) establece el almacenamiento y tratamiento de excretas a mediano o largo plazo, aeróbico o anaeróbico; así como la investigación en sistemas de tratamiento, aplicaciones en agricultura y producción de combustibles.

La producción de metano también depende del tipo de manejo de estiércol utilizado, en el caso del estiércol del cerdo se utiliza el sistema de manejo líquido incluye lagunas de oxidación, tanques de almacenamiento y pozos profundos. (Eggesston, et al, 2006)

La carencia de energía en zonas rurales de energía eléctrica a nivel regional es el principal factor para que se den nuevas alternativas para la producción de energía eléctrica que puedan suplir dicho aumento de la demanda. Los altos precios de combustible y las elevadas tarifas locales de la energía eléctrica son factores fundamentales para desarrollar plantas de biogás a nivel nacional y regional que produzcan energía a partir del uso de los desechos de la producción agropecuaria. (Pezo Valles, et al, 2011).

(Martínez, 2015), realizó una investigación sobre producción de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato; el objetivo fue calcular la cantidad de biogás potencialmente extraíble de las excretas de puerco. Concluyó que se pueden extraer alrededor de 100 mil m<sup>3</sup> por día de biogás y producir aproximadamente 60 GWh de energía eléctrica; sustituyendo cerca de 114 mil barriles de petróleo, lo que significa dejar de emitir casi 40 mil toneladas de CO<sub>2</sub> al año al medio ambiente.

Un biodigestor anaerobio en un sistema que aprovecha la fermentación de las bacterias presentes en la materia orgánica en ausencia de oxígeno para transformarla y producir biogás y fertilizante, que se lo conoce como biol, es el otro efluente del proceso. Resulta un líquido estabilizado rico en nutrientes (Toala, 2013).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficacia del estiércol de ganado porcino y cáscara de café en la producción de biogás y digestatos líquidos, en la zona periférica de ciudad de Jaén, Cajamarca.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la producción de biogás y digestatos líquidos usando estiércol de ganado porcino y cáscara de café.
- Determinar las proporciones de estiércol de ganado porcino y cáscara de café en la producción de biogás y digestatos líquidos producidos.
- Determinar el rendimiento del proceso de producción de biogás y digestatos líquidos a partir del uso del estiércol de ganado porcino y cáscara de café.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales y equipos**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

##### **3.1.1. Materiales**

- ✓ Tanque de PVC (capacidad 160 L)
- ✓ Gasómetro
- ✓ Manguera de PVC de ¼ pulg
- ✓ Llave de paso metálica de ¼ pulg
- ✓ Abrazadera metálica de ¼ pulg
- ✓ Pegamento Soldi Mix
- ✓ Cinta Teflón
- ✓ Palana
- ✓ Bolsa plástica con capacidad para 50 kg
- ✓ Conector metálico de ¼ pulg
- ✓ Balde plástico con capacidad para 20 litros
- ✓ Balde plástico con capacidad para 15 L graduado
- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Cámara de jebe
- ✓ Pegamento
- ✓ Agua (no clorada)
- ✓ Cáscara de café
- ✓ Estiércol de ganado porcino

### 3.1.2. Equipos

- ✓ Cámara fotográfica digital
- ✓ Calculadora
- ✓ Laptop
- ✓ Termohigrómetro
- ✓ Balanza electrónica

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Ubicación del proyecto

La presente investigación se realizó en la zona periférica de la ciudad de Jaén, en la granja San Isidro Labrador, ubicada en el sector San Isidro a 1 km de la ciudad, por tener la materia prima disponible en una granja de porcinos.



Imagen 1: Mapa de ubicación del proyecto de investigación



### **3.2.2. Método de análisis de datos**

El método a emplear es el método estadístico, para lo cual se empleó software Minitab8 para observar que tan eficiente es el estiércol de ganado porcino y cáscara de café.

### **3.2.3. Procedimiento**

El desarrollo del proyecto se realizó siguiendo el objetivo propuesto para un mejor manejo de las aguas grises de granjas y por ende tener un mejor cuidado de las aguas superficiales, también con la obtención de biodigestatos se tendrá la disminución de uso de fertilizantes químicos.

En el trabajo de campo, la recolección de la materia prima y del estiércol de ganado porcino se obtuvieron de la granja llamada “San Isidro Labrador” en la cual posteriormente se realizó la ejecución del proyecto. Así mismo la cáscara de café se recolectó de una finca del distrito de Santa Rosa de la Yunga todo ello para los respectivos procesamientos anaeróbico.

### **3.2.4. Proceso de producción de biogás y digestatos**

#### **A. Revisión bibliográfica**

Para este proceso se procedió a la revisión bibliográfica y linkográfica en diferentes plataformas virtuales y bibliografía escrita, tanto para diseño y construcción de biodigestores y para preparación de mezclas de cáscara de café y estiércol de ganado porcino con las que fueron cargados los biodigestores. Así mismo se optó por visitar la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, donde existe un proyecto piloto para la obtención de biogás a partir de ganado vacuno.

#### **B. Construcción de biodigestor y recolección de materia orgánica**

Para la construcción del biodigestor se utilizó un tanque de PVC de 160 litros (medidas 105 cm alto y 45 cm de diámetro) con tapa totalmente hermética donde se almacenó la materia orgánica (cáscara de café y estiércol de ganado porcino) y agua (no clorada). A dicho tanque se le conectó una manguera de ¼” para gas la cual es controlada por una llave de paso de ¼”. (imágenes 2 y 3).



*Imagen 2: Instalación del biodigestor*



*Imagen 3: Sistema para producción de biogás*

La cáscara de café se consiguió de una finca de café del distrito de Santa Rosa de la Yunga – Jaén, la cual fue recolectada en bolsas plásticas para capacidad de 50 kg y posteriormente transportada al área de ubicación del proyecto de investigación.



*Imagen 4: Cáscara de café recolectada*

El estiércol de ganado porcino se recolectó de los galpones de la granja “San Isidro Labrador” distrito y provincia de Jaén, lugar donde se ejecutó el proyecto de investigación.



*Imagen 5: Recolección de estiércol de ganado porcino*

### C. Carga o llenado de los biodigestores

Los biodigestores se procedieron a cargar utilizando la mezcla de cáscara de café y estiércol de ganado porcino en diferentes proporciones de mezcla y diluidas con agua en proporción (1:3 y 1:1) es decir 1 litro de agua (no clorada) por cada kilogramo de cáscara de café y 3 litros de agua (no clorada) por cada kilogramo de estiércol de ganado porcino para todos los tratamientos; se procedió a pesar los desechos orgánicos recolectados y luego se mezclaron con agua (no clorada) para posteriormente ser colocados en los biodigestores.



*Imagen 6: Proceso de cargados de biodigestores*

Los biodigestores fueron cargados con un total de 84 litros cada uno de insumos orgánicos (cáscara de café y estiércol de ganado porcino) y para la proporción de carga, para cada tratamiento se utilizó una proporción de 1: 3 quiere decir para un kilogramo de estiércol, tres litros de agua (no clorada). Las proporciones utilizadas fueron T1: 50 % cáscara de café

diluida y 50 % estiércol de ganado porcino diluido; T2: 40 % cáscara de café diluida y 60 % estiércol de ganado porcino diluido y T3: 30 % cáscara de café y 70 % estiércol de ganado porcino.

*Tabla 1: Mezclas para la obtención de biogás*

<u>Insumo</u>	<u>Estiércol de Porcino</u>		<u>Cáscara de café</u>		<u>Total</u>		
	%	Total (kg)	%	Total (kg)	%	Total (kg)	
Tratamiento 1	50	42	50	42	100	84	
Tratamiento 2	60	50.6	40	33.6	100	84	
Tratamiento 3	70	58.8	30	25.2	100	84	
		Total (kg)					252

Luego de haber colocado las mezclas en los biodigestores se procedió a colocar el gasómetro casero o cámara de almacenamiento para recolectar el biogás, en este caso se utilizó una cámara de neumáticos y posteriormente se colocó en un lugar adecuado para llevarse a cabo el proceso de biodigestión.



*Imagen 7: Instalación de gasómetro o cámara de almacenamiento*

#### **D. Biodigestión de materia orgánica y medición de parámetros físicos**

Una vez que se cargaron los biodigestores, estos fueron colocados en un espacio adecuado y aislado para evitar cualquier tipo de manipulación externa y con ella pueda variar los datos, esperamos a que empiece a descomponerse la materia orgánica por la acción microbiana, es allí donde las bacterias metanogénicas empiezan a actuar.

(Barrena, 2019) Señala que este proceso de descomposición es totalmente anaeróbico, es decir sin presencia de oxígeno; este proceso tarda un promedio de 20 a 40 días, dependiendo de algunas condiciones ambientales (temperatura, pH, y otros factores biológicos) para que se culmine todo el proceso de descomposición y generación de biogás y digestatos líquidos (biol y biosol).

Durante este proceso se tomó datos de temperatura ambiental con la ayuda de un termo higrómetro del lugar donde se llevaba a cabo la biodigestión o donde estaban instalados los biodigestores.



*Imagen 8: Registro de temperatura ambiental*

### **E. Obtención de biogás y digestatos líquidos**

Transcurrido los días se logró visualizar los resultados de producción de biogás y digestatos líquidos (biol y biosol). En este caso el proceso de descomposición se dio en 25 días, tiempo en el logramos obtener biogás y digestatos líquidos en diferentes cantidades por cada tratamiento; en este periodo de tiempo se pudo observar que la biodigestión de la materia orgánica había finalizado, lográndose obtener biogás que fue almacenado en las cámaras y los biodigestatos que permanecían en el biodigestor.



*Imagen 9: Almacenamiento de biogás*



*Imagen 10: medición del gasómetro*

## **F. Procesamiento y análisis de datos**

Con los datos obtenidos y/o recolectados en campo se procedió a llevar a gabinete y a procesar dicha información para así poder analizar cuál es la eficacia de los distintos tratamientos de mezcla de estiércol de ganado porcino y cáscara de café en diferentes proporciones.

El software utilizado fue Minitab 8 (versión prueba), el análisis de datos se hizo con un diseño completamente al azar (DCA), Aplicando la prueba paramétrica de Tukey para aquellos datos donde los errores o residuos tuvieron una distribución normal; y aplicando la prueba no paramétrica o complementaria Kruskal – Wallis para los datos que no tuvieron una distribución normal.



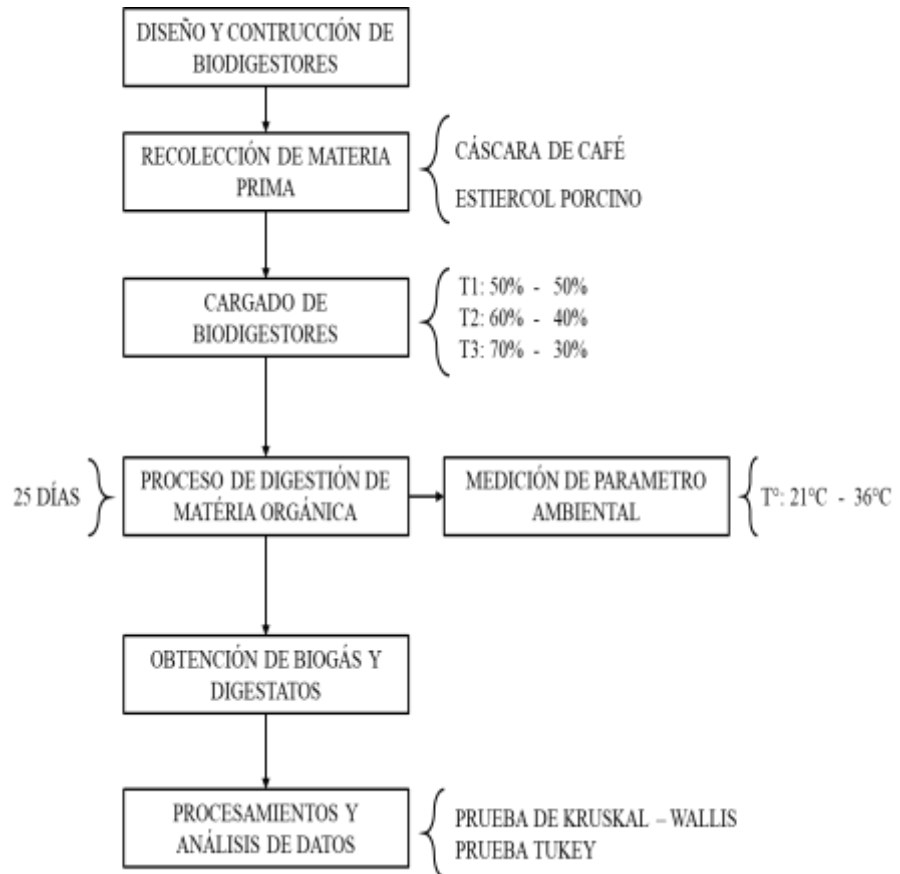


Imagen 11: Diagrama para la obtención de biogás y digestatos

### 3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es alternativo, implica precisar un contexto muestral que es el estiércol de ganado porcino y cáscara de café, para luego innovar y obtener resultados que beneficien a una comunidad, que experimente un cambio cualitativo.

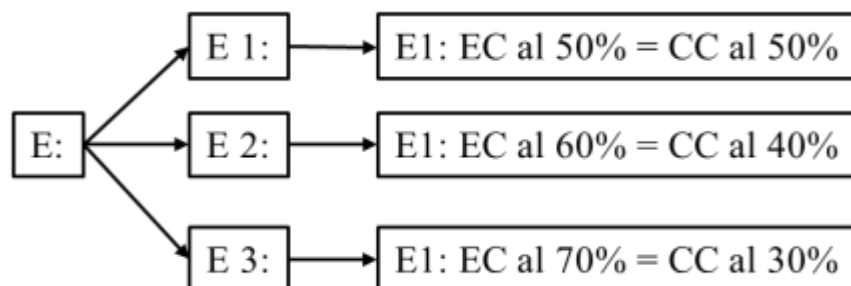


Imagen 12: Dinámica de la innovación experimental

### 3.4. Población, muestra y muestreo

Por el tipo y diseño de investigación carece de población y muestra como sujetos, pero la unidad de análisis es de 252 kg de materia prima y agua (no clorada), distribuida de la siguiente manera:

Tabla 2: Porciones de mezclas para cada tratamiento

<u>Insumo</u>	<u>Estiércol de ganado porcino y agua (no clorada) 1:3</u>			<u>Cáscara de café y agua (no clorada) 1:1</u>			<u>Total</u>	
	Capacidad	%	Estiércol (kg)	Relación	%	Cáscara	Relación	%
T1	50	10.5	42	50	21	42	100	84
T2	60	14.7	50.4	40	16.8	33.6	100	84
T3	70	12.6	58.8	30	12.6	25.2	100	84
Total								252

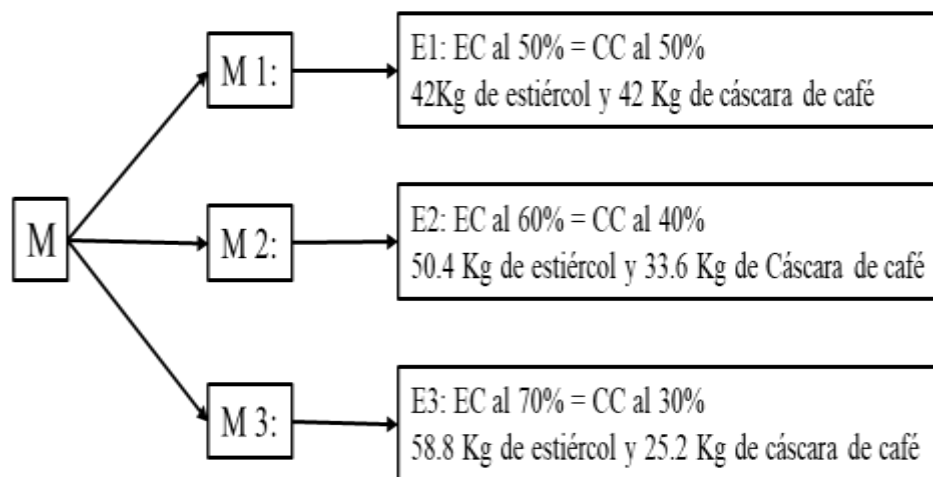


Imagen 13: Muestra de estudio en el mismo contexto poblacional

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caracterización de la mejor producción de biogás y digestatos líquidos utilizando estiércol de ganado porcino y cáscara de café.

Una vez transcurrido todo el proceso de digestión para la producción de biogás y digestatos líquidos mediante los diferentes tratamientos y habiendo recolectado todos los datos necesarios se procedió a la cuantificación de biogás y digestatos producidos, para luego ser procesados en el software Minitab 8. Se midió la cantidad de biogás almacenado durante los 25 días en un gasómetro tipo cilindro; dicho volumen se midió mediante una fórmula, tal como lo hace (Barrena, et al, 2019). El volumen recolectado se expresa en m<sup>3</sup>.

*Tabla 3: Producción de biogás total*

<u>Tratamientos</u>	<u>Repetición</u>	<u>Porcentaje</u> %	<u>Semana</u> <u>1</u>	<u>Gas Producido</u>		<u>Total</u> <u>(m<sup>3</sup>)</u>
				<u>Semana 2</u>	<u>Semana 3</u>	
T1	R1	50 y 50	NP	0.06327	NP	0.06327
	R2		NP	0.06327	NP	0.06327
	R3		NP	0.06269	NP	0.06269
	R4		NP	0.063274	NP	0.063274
	R5		NP	0.06265	NP	0.06265
T2	R1	60 y 40	NP	0.07118	0.07273	0.14391
	R2		NP	0.069606	0.07118	0.140786
	R3		NP	0.069606	0.07273	0.142336
	R4		NP	0.07269	0.07322	0.14591
	R5		NP	0.07118	0.069612	0.140792

	R1		NP	0.068024	0.068024	0.136048
	R2		NP	0.06327	0.06327	0.12654
T3	R3	70 y 30	NP	0.06802	0.06802	0.13604
	R4		NP	0.06802	0.06802	0.13604
	R5		NP	0.06804	0.06269	0.13073

(\*) No hubo producción

DONDE:

T1, T2, T3. SON LOS TRATAMIENTOS.

R1, R2, R3, R4, R5: SON LAS REPETICIONES.

Para el análisis final de los resultados se tomaron una vez por semana, ya que la cámara de almacenaje se llenaba a los 8 días, estos eran tomados por las mañanas ya que en ese horario se mantiene la temperatura más constante. Según Gay-Lussac (1778), nos dice que, por cada aumento de temperatura de 1°C, el volumen de un gas aumenta en cantidades iguales a 1/273 de su volumen.

En la tabla N° 3, el tratamiento que se obtuvo mayor producción de biogás es el T2 a diferencia del otro tratamiento T1, esto nos indica que si hay mayor cantidad de cáscara de café la producción es menor, por lo tanto, la cáscara de café no debe exceder mucho al estiércol de ganado porcino.

*Tabla 4: Prueba de Kruskal – Wallis producción de biogás*

<u>Tratamientos</u>	<u>N° Repeticiones</u>	<u>Mediana</u>	<u>Valor</u>
T1 50 % pulpa – 50 % estiércol	5	0.06327	c
T2 40 % pulpa- 60 % estiércol	5	0.142336	a
T3 30 % pulpa – 70 % estiércol	5	0.13128	b

Hipótesis nula: todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna: al menos una mediana es diferente

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

Tabla 5: Prueba de Kruskal – Wallis

<u>Método</u>	<u>GL</u>	<u>Valor H</u>	<u>Valor P</u>
No ajustado para empates	2	12.5	0.002
Ajustado para empates	2	12.5	0.002

Conclusión: como el valor de  $P < 0.05$  se acepta la hipótesis alterna, se concluye que no todas las medianas son iguales, a un nivel de significancia de 5 %

Tabla 6: Análisis de medias biol

Tratamiento	Nº Repeticiones	Media	Desv. Est.	Grupo	IC de 95 %
T1	5	54.4	0.548	A	(53.866; 54.934)
T2	5	53.4	0.548	B	(52.866; 53.934)
T3	5	51.6	0.548	C	(51.066; 52.134)

Desv. Est. agrupada = 0.5477

Se agrupó la información utilizando el método Tukey y una confianza de 95 %

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Tabla 7: Análisis de medias biosol

<u>Tratamiento</u>	<u>N° Repeticiones</u>	<u>Media</u>	<u>Desv. Est.</u>	<u>Grupo</u>	<u>IC de 95 %</u>
T3	5	28.74	0.245	A	(28.319; 29.161)
T1	5	28.1	0.564	AB	(27.679; 28;521)
T2	5	27.86	0.428	B	(27.439; 28.281 )

Desv. Est. Agrupada = 0.432435

Se agrupó la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 8: Producción de biodigestatos

<u>Tratamiento</u>	<u>Biosol</u>	<u>Biol</u>
T1	28.1	54.4
T2	27.8	53.4
T3	28.7	51.6

En la tabla n° 8, el T1 es el que mayor biol a producido este se debe a que tiene un contenido mayor de agua, mientras que para el biosol el T3 es el que más ha producido esto se debe a que la materia orgánica en cuanto a peso seco es mayor que los otros tratamientos.

#### 4.2. Determinación de las proporciones de estiércol de ganado porcino y cáscara de café para producir biogás y digestatos.

Para la determinación de las proporciones se obtuvo por realizarlo con una relación para el estiércol de ganado porcino 1:3, y para la cáscara de café 1:1, con porcentajes de (50 % - 50 %, 60 % - 40 %, 70 % - 30 %).

Tabla 9: Proporciones de estiércol y cáscara de café para producir biogás y digestatos

<u>Estiércol de ganado porcino (kg)</u>	<u>Relación 1:3</u>	<u>%</u>	<u>Sub total</u>	<u>Cáscara de café (kg)</u>	<u>Relación 1:1</u>	<u>%</u>	<u>Sub total</u>	<u>Total (kg)</u>
10.5	4	50	42	21	2	50	42	84
12.6	4	60	50.4	16.8	2	40	33.6	84
14.7	4	70	58.8	12.6	2	30	25.2	84

Tabla n° 9, se determinó las proporciones para la obtención de biogás y digestatos líquidos, en la cual en el estiércol de ganado porcino se tomó como relación de 1:3, esto quiere decir que para 1 kilogramo de estiércol de ganado porcino se mezclara con tres litros de agua (no clorada) y para la cáscara de café se optó por una proporción de 1:1; es decir por cada kilogramo de cáscara de café, emplear un litro de agua (no clorada).

#### 4.3. Determinación del rendimiento del proceso de producción de biogás y digestatos líquidos a partir de la utilización de estiércol de ganado porcino y cáscara de café.

Para el procedimiento de los resultados experimentales se analizó los datos obtenidos y mediante tablas y gráficos se demuestra cual es la mejor proporción para producir biogás.

De la tabla 3, el T2 (estiércol de ganado porcino 60 %, cáscara de café 40 %) es el que produjo más biogás, mientras que el T1 y sus repeticiones no producen mucha cantidad de biogás, esto se debe a que la cantidad de estiércol de ganado porcino es menor que

la del T2, por lo tanto, queda evidenciado que para producir biogás no se tiene que exceder en la aplicación de cáscara de café.

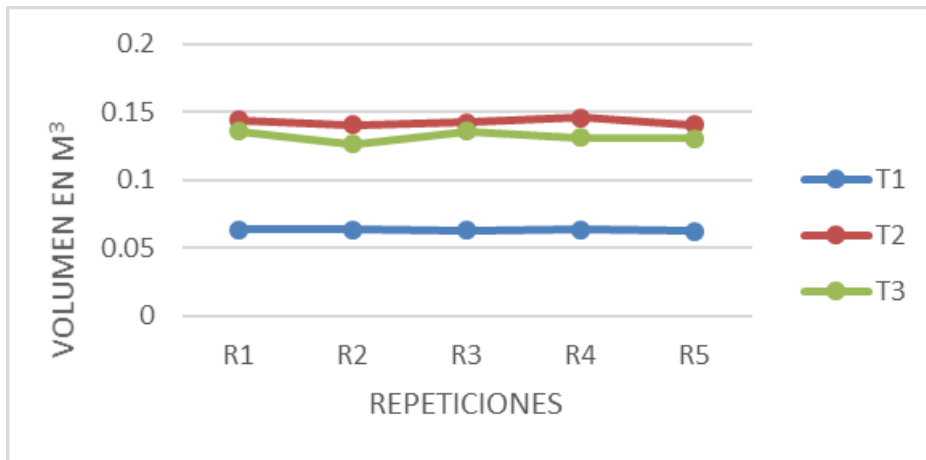


Gráfico 1: Producción de biogás total

Del grafico 1, el tratamiento 2 (T2) tuvo la mayor producción de biogás de 0.14391 m<sup>3</sup> en 25 días, el cual tuvo una mezcla del 60 % estiércol de ganado porcino diluido y 40 % cáscara de café diluido. Así mismo el tratamiento 3 (T3) tuvo una producción de 0.136347 m<sup>3</sup> de biogás, este con una mezcla del 70 % estiércol de ganado porcino diluido, 30 % cáscara de café diluida. Esto nos indica que el tratamiento 2(T2) es el mejor para la producción de biogás.

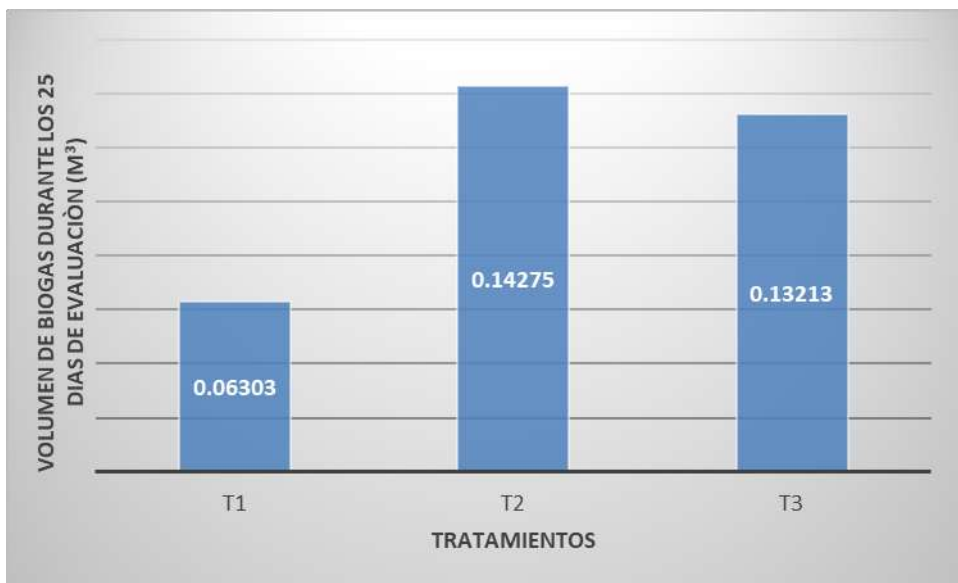


Gráfico 2: Volumen de biogás durante los 25 días de evaluación



Del gráfico n° 2, el T2 (60 % estiércol de ganado porcino diluido, 40 % cáscara de café diluida) se produjo el mayor volumen de biogás de 0.14391 m<sup>3</sup> en 25 días. El T3 (70 % estiércol de ganado porcino diluido, 30 % cáscara de café diluida) produjo 0.136347 m<sup>3</sup> de biogás, esto nos indica que en día 15 la temperatura fue la más elevada y por ende el T2 produjo más cantidad de biogás y el día 19 la temperatura disminuyó es por eso que el T3 bajó su producción.

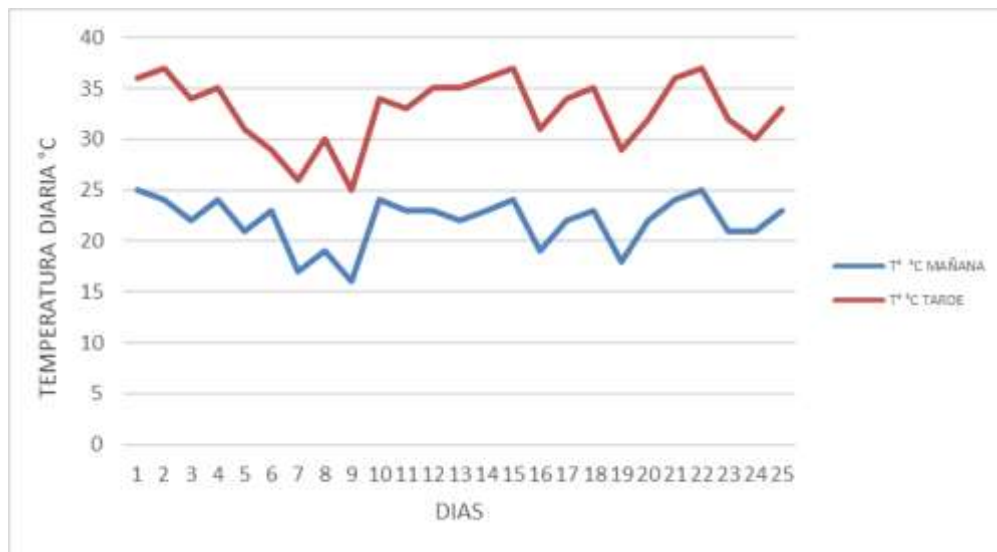


Gráfico 3: Temperatura diaria durante los 25 días de evaluación

Del gráfico n° 3, se observa que la temperatura promedio máxima fue en el día 21 con 33 °C en horas de la tarde. En el tratamiento T2 se observa la mayor producción de biogás y la temperatura promedio mínima se registró el día 9 con 17 °C.

Las temperaturas se registraron para los tres tratamientos durante los 25 días.

#### 4.3.1. Volumen de biogás producido

Para la medición de biogás producido en cada uno de los tratamientos y habiéndose realizado cinco repeticiones por cada tratamiento se procedió a retirar los gasómetros de los diferentes biodigestores, para luego colocarlo el biogás dentro de un gasómetro tubular modelo cilíndrico construido de manga de plástico polietileno.



*Imagen 14: Traslado de biogás de cámaras de recolección a gasómetro tubular*

Luego se procedió a realizar las medidas correspondientes con la ayuda de una wincha y una cuerda para medir las dimensiones del gasómetro casero de polietileno (Imagen n° 12) y así poder calcular la cantidad de biogás producido mediante la siguiente fórmula:  $V = \pi D^2 \cdot L / 4$ , fórmula que fue utilizada por (Barrena, et al, 2019) para calcular la cantidad de biogás producido por estiércol de ganado vacuno.

Donde:

V= volumen del gas

D= diámetro del gasómetro

L = largo del gasómetro

$\pi$  = valor estándar 3.1416



*Imagen 15: Medición de gasómetro*

**Calculando y reemplazando la fórmula tenemos:**

**Para el Tratamiento 1 (T1)**

Datos:

D = diámetro del gasómetro = 0.4488 m

L = largo del gasómetro = 0.40 m

$\pi$  = valor estándar 3.1416

Por lo tanto:

T1:  $V = 3.1416 (0.4488 \text{ m})^2(0.40 \text{ m}) / 4$

VT1 = 0.06327 m<sup>3</sup>

Solo se obtuvo un gasómetro de producción de biogás en este tratamiento, por lo que asumimos que la producción total fue de 0.06327 m<sup>3</sup> T1.

### **Para el Tratamiento 3 (T3)**

Datos:

D= diámetro del gasómetro = 0.4488 m

L = largo del gasómetro = 0.43 m

$\pi$  = valor estándar 3.1416

$$T3: V = 3.1416 (0.4488 \text{ m})^2(0.43 \text{ m}) /4$$

$$VT3 = 0.068024 \text{ m}^3$$

Se obtuvo 2 gasómetros con las mismas dimensiones, por lo que la producción del gasómetro sería  $0.068024 \text{ m}^3 \times 2$ , obteniendo una producción total de  $0.136048 \text{ m}^3$  del T3.

### **Para el Tratamiento 2 (T2)**

Datos:

D= diámetro del gasómetro = 0.4488 m

L1 = largo del gasómetro = 0.45 m

L2 = largo del gasómetro = 0.46 m

$\pi$  = valor estándar 3.1416

$$T2: V = 3.1416 (0.4488 \text{ m})^2(0.45 \text{ m}) /4$$

$$VT2 = 0.07118 \text{ m}^3$$

$$VT2 = 0.07277 \text{ m}^3$$

Se obtuvo 2 gasómetros con diferentes dimensiones, el gasómetro 1 con  $0.07118 \text{ m}^3$  y el gasómetro 2 con  $0.07277 \text{ m}^3$  obteniendo así una producción total de  $0.14236 \text{ m}^3$  del T2.

Concluimos que los datos procesados en el software, el mejor tratamiento sería el T2, analizado con la Prueba de Kruskal – Wallis (Tabla n° 4)

#### 4.3.2. Volumen de digestatos

Para calcular la producción de digestatos producidos (Imagen n°16) se realizó mediante la separación de material sólido (biosol) y líquido (biol) de acuerdo a la técnica de separación (Barrena, et al, 2019).

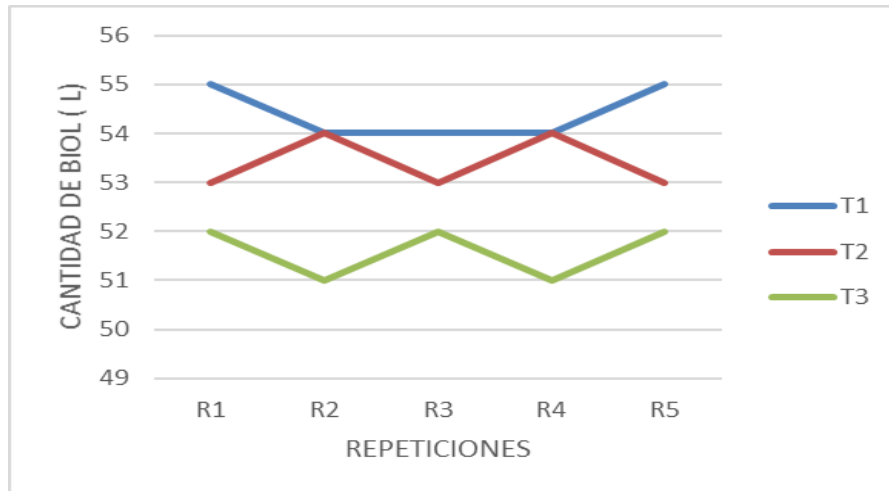


*Imagen 16: Digestatos producidos: Izquierda biol, Derecha biosol*

Para calcular el biol se utilizó un balde graduado de 12 L y se procedió a sacarlo de cada uno de los biodigestores y llenarlo en el balde graduado para cuantificar la producción de biol total por cada tratamiento.



*Imagen 17: Medición de biol*



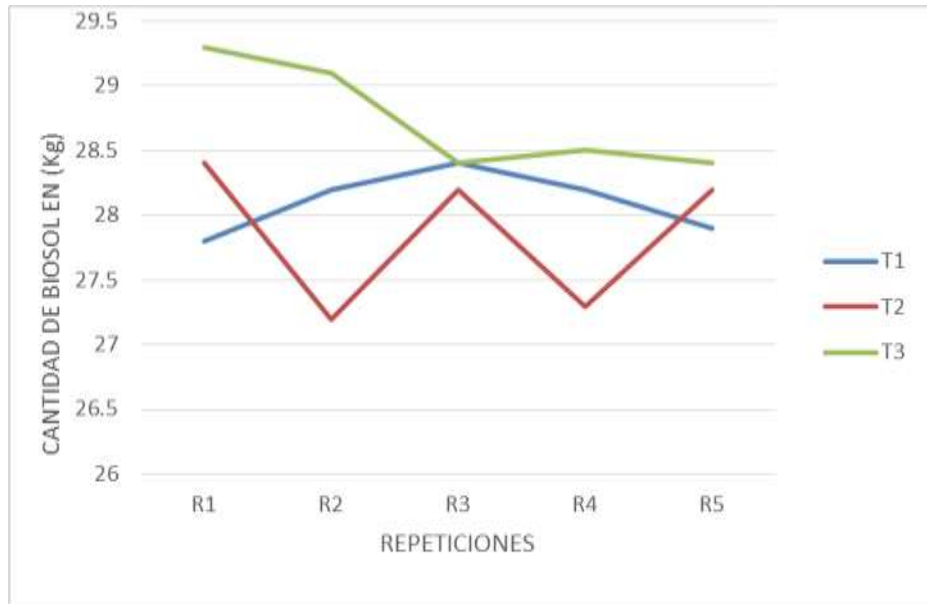
*Gráfico 4: Cantidad producida del biol*

Del gráfico n° 4, se observa que el tratamiento T1 se produce la mayor cantidad de biol todo ello es debido a la relación que existe de la cantidad de agua (no clorada) empleada para la mezcla de estiércol de ganado porcino y cáscara de café. El dato analizado en el software nos dice que el T1 es el que produce más biol (55 litros) durante 25 días (tabla n° 5).

Para calcular la medición del biosol se procedió a pesar el sólido (biosol) de cada tratamiento. Los resultados de biosol total producido por cada tratamiento fueron: véase (Gráfico 5).



*Imagen 18: Pesado de biosol*



*Gráfico 5: Cantidad de biosol en kilogramos*

Del gráfico n° 5, el T3 tiene la mayor producción de biosol (29.3 kg) durante los 25 días de evaluación, esto se debe a que tuvo una mayor proporción de materia sólida en la mezcla del tratamiento. Según el software nos dice que el T3 es el mejor.

## V. DISCUSIÓN

(García, 2014), Obtuvo una producción máxima de biogás de 375 ml, en un digestor de 1750 ml que contenía 875 ml de estiércol en un tiempo de retención hidráulica de 35 días lo que equivale a un 21.43 % de biogás con respecto al volumen del digestor y 42.84 % de biogás con respecto al volumen de estiércol. Según (Balseca & Cabrera, 2011) obtuvieron resultados de producción de biogás por kilogramo de sustrato: 126.88 L de biogás por kilogramos de estiércol, 128 L de biogás por kilogramos de cáscara de café y 126.98 L de biogás por litro de aguas miel en 47 días, donde concluyeron que la cáscara de café produce mayor cantidad de biogás. En la presente investigación el tratamiento 2 (50.4 litros de estiércol de ganado porcino y 33.6 litros de cáscara de café) produjo la mayor cantidad de biogás de 0.14391 m<sup>3</sup>. Esto nos indica que es la mejor proporción para la generación de biogás. Por lo tanto, si colocamos más cáscara de café en la mezcla la producción de biogás es menor; esto es un indicador que para producir biogás empleando mezclas de estiércol de ganado porcino y cáscara de café debería de ser como se desarrolló el T2.

En la presente investigación, el T2 conformado por 60 % de estiércol de ganado porcino y 40 % de cáscara de café, la producción de biogás ocurre en 25 días y es la proporción más adecuada que nos permitió emplear los efluentes para producir biogás.

Queda evidenciado que, para producir biogás, la principal proporción sería de (60 % estiércol de ganado porcino - 40 % cáscara de café), si se desea emplear una tecnología para procesar los efluentes de las granjas y así reducir los impactos ambientales.

Para (Olano, 2018), el incremento de cáscara de café disminuye la producción de biogás porque el estiércol de ganado vacuno contiene más bacterias metanogénicas que aceleran el proceso de digestión, sin embargo, la cáscara de café es más rico en azúcar que permite que estas bacterias



desarrollen su metabolismo con más eficiencia. Por ello, será necesario emplear como máxima cantidades iguales de cáscara de café y estiércol de ganado vacuno para compensar y/o mantener la producción de biogás. Sin embargo, en nuestra investigación la cantidad de cáscara de café fue un 2 % más que la del estiércol de ganado porcino.

La temperatura máxima se registró a los 19 días ascendiendo a 32 °C, en la cual el T2 registra una buena producción, entonces, se deduce que la temperatura influyó en la aceleración de biodigestión anaeróbica, por lo tanto, sería necesario operar los biodigestores a una temperatura mayor, tan como lo menciona (Barrena, et al, 2019).

Del estudio realizado en el contexto empírico se ha encontrado que las energías alternativas son altamente importantes. Del mismo modo, se reconoce que sí hay un impacto ambiental positivo, puesto que la producción de energías empleando desechos orgánicos, no generan contaminación ambiental, contrariamente como sí lo hacen las energías de fuentes fósiles; Finalmente, se puede valorar como otro hallazgo importante, los beneficios que tiene la producción de biogás, por lo que se hace imperativo recomendar a saber del empresariado y las autoridades para promover la industria de energías limpias, saludables.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo del proyecto de investigación de los tres tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento, se determinó que la mezcla compuesta por 60 % de estiércol de ganado porcino, 40 % de cáscara de café, produjo 0.14391 m<sup>3</sup> de biogás, fue el más eficaz en la producción de biogás en comparación a los tratamientos T1 y T3, que produjeron (0.06327 m<sup>3</sup>; 0.13128 m<sup>3</sup>) respectivamente. Así mismo se aprecia que el estiércol de ganado porcino es esencial para el rendimiento de biogás, por lo que es necesario operar biodigestores que contengan esta proporción.
- La temperatura ambiental máxima y mínima promedio registrada en campo fue de 33 °C y 21.50 °C respectivamente, en la cual se determinó que, a mayor temperatura, menor será el tiempo de producción de biogás en los tratamientos. (Londoño, 2017) aprovechó la cáscara de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón (PFR) en la cual la temperatura ambiente osciló entre 18 °C y 27 °C.
- Se concluye que la producción de biogás a partir de estiércol de ganado porcino y cáscara de café, es una propuesta viable para sustituir la leña que emplea una familia caficultora y en la porcicultura para preparar los alimentos de los mismos, reducir la contaminación ambiental generado por los efluente de las granjas y restos de la caficultura, con una tecnología renovable y limpia que permitirá mejorar la calidad de vida de las personas; dando una alternativa nueva de uso y pueda emplearse una proporción (60 % de estiércol de ganado porcino – 40 % cáscara de café), ya que esta garantizará la mayor producción de biogás.

- De acuerdo a los datos registrados y procesados realizados en la investigación se concluye que los mejores tratamientos para producción de digestatos líquidos son los tratamientos 1 y 3, para la producción de biol es el T1 con una cantidad total de 55 litros y para la producción de biosol es el T3 con una cantidad total de 29.3 kilogramos.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda para investigaciones futuras, almacenar el biogás en recipientes de material más resistente para que no haya fugas y se pueda obtener datos con mayor precisión. La materia prima (estiércol de ganado porcino y cáscara de café) deberían estar en el mismo lugar a desarrollar la investigación para así no generar inconvenientes en el desarrollo del mismo. Se debe tomar en cuenta parámetros como pH, presión, relación carbono-nitrógeno, bacterias, tipo de materia orgánica, cantidad de sólidos, TRH, ya que estos parámetros son determinantes para garantizar una investigación más asertiva.

Se recomienda hacer un análisis de calidad de biogás evaluando la intensidad calorífica y digestatos un análisis químico (N, P, K), determinación de sólidos fecales. Y con esto determinar un uso eficiente la capacidad calorífica y darle un uso eficiente.

Es necesario recomendar para las futuras investigaciones el uso masivo de residuos sólidos con otros productos primarios para la fabricación de biogás y de digestatos líquidos que beneficien a la comunidad. Para una buena estimación de volumen de gas producido y almacenado en el gasómetro se recomienda hacerlo mediante la ley de gases ideales. Se recomienda a las autoridades universitarias promover el desarrollo de este tipo de investigación, que permita masificar la fabricación y uso masivo del biogás.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balseca, D., & Cabrera, J. (2011). Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café. Zamorano, Honduras: Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente.
- Barrena, A., Maicelo, J., Gamarra, O., Santos, M., Taramona, L., Huanes, M., & Ordinola, C. (2019). Biogás : Producción y Aplicaciones. Chachapoyas: UNTRM Fondo Editorial.
- Eggleston, H., Buendía, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Japón: IPPCC.
- FAO. (2014). Departamento de agricultura y protección del consumidor. Recuperado el enero de 2020, de <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/Environment.html>
- FAO. (2015). Contribución de la Agricultura Familiar al sector Agropecuario en el Perú. PERÚ: CEPES .
- García, N. (2014). Influencia de la pulpa de café y agua de despulpado de café (Coffea arabica) sobre la producción de biogás con estiércol de bovino. Amazonas, Perú.
- Londoño, H. (2017). Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón. Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería. Medellín. Colombia.
- Martínez, M. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. Nova Scientia.
- MINAGRI. (24 de mayo de 2018). Boletín de Estadístico de producción Agrícola y ganadera. Recuperado el 03 de enero de 2020, de <https://www.minagri.gob.pe/portal/images/cafe/PlanCafe2018.pdf>
- Olano, E. (2018). Producción de biogás a partir de aguas miel y pulpa de café (Coffea arabica) en el distrito de Copallin, bagua-Amazonas, 2017. Chachapoyas, Perú: tesis para obtener título profesional de ingeniero ambiental.

- Pérez, N., Castillo, R., Carballo, L., & Veliz, J. (2006). Impacto ambiental en el cultivo y procesamiento del café y su repercusión social. Pinar del Río, Cuba: Universidad de Pinar del Río, Departamento de Química.
- Pezo Valles, A., Acosta Bedoya, F., & Velásquez Piñas, J. (2011). Producción de Energía Renovable (biogás) a partir del estiércol del ganado bovino en la Estación Experimental Agraria El Porvenir – INIA. Análisis de situación actual y mejoras. Navarra: Centro de Información en Energías Renovables.
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., González, C., & Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Recuperado el enero de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/cielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000400004](http://www.scielo.org.mx/cielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004)
- Rodríguez, N. (2009). Estudio de Un biosistema Integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas. Valencia, Colombia: Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- Romero, R., & Mamani, R. (2013). Obtención de biogás como fuente de energía. Obtenido de <http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/article/view/7/7>
- Sánchez, H., & Reyes. (2015). Metodología y diseño en la investigación científica. (Quinta edición ed.). Lima, Perú: Business Suport Aneth SRL.
- Silva, O. (2016). Tipos de investigación. Obtenido de <https://es.slideshare.net/oscarsitossilva/importancia-de-los-mtodos-de-investigacin>.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, D. (2006). La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Organización. Roma.
- Toala, E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- TORRES, A. (2008). Efecto de la fertilización con bioles durante la fase de vivero de *Swietenia macrophylla* (caoba). tesis ing. Agropecuaria. Guayaquil, ECUADOR: Escuela superior politecnica del litoral. 86 p.
- Truksa, J. (1990). Deep Loosening and Liquid monure application during grain maize growing. Trnava Czechoslovakia: Rostlinnavyroba.

UNESP. (2014). Análise da viabilidade do uso de biogás gerado a partir de dejetos bovinos em microturbinas para fins de geração, cogeração e trieração de energia. Forùm Ambiental da Alta Paulista v.1, 28-41.

Valdés, J. (2009). Rev Cubana Aliment Nutr-las cáscara de huevo " deseño o valor agregado para la salud y produccion avicola". cuba: Bionat.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi hijo Leonel Jhair García Villoslada, por ser una de mis motivaciones para salir adelante y ser la razón que me impulsa a alcanzar el éxito.

**Edin García Calle**

A mi madre Carmen P. Aranda abarca e abuelitos Agustín y Victoria por apoyarme en cada una de mis metas, por su ejemplo por hacerme cada día una mejor persona y profesional. A mis tíos Magna y Alejandro que fueron importante en el proceso de realización de mi carrera así mismo a Darlixa Labán por ayudarme y acompañarme durante este proceso.

**Carlos Eduar Jimenez Aranda**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional De Jaén, por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional

A mis familiares y amigos por haberme siempre apoyado tanto en mis estudios como en mi vida personal, brindándome consejos como momentos de alegría inolvidables.

A mi familia, en especial a mis padres Alberto García y Darmanila Calle, por haberme brindado ese apoyo incondicional e inculcarme esos valores que día a día pongo en práctica para ser una persona de bien. Así mismo agradecer a mi esposa Deisy Villoslada por estar acompañándome durante todo este proceso de formación.

Al ingeniero Santos y a todos los que nos apoyaron en este proceso de formación



## **ANEXOS**

*Anexo 1: Panel fotográfico*



*Imagen 19: Llenado de biodigestores*



*Imagen 20: Galpón de la Granja “San Isidro Labrador”*



*Imagen 21: Medición de temperatura*

Anexo 2: Gráficos y Tablas

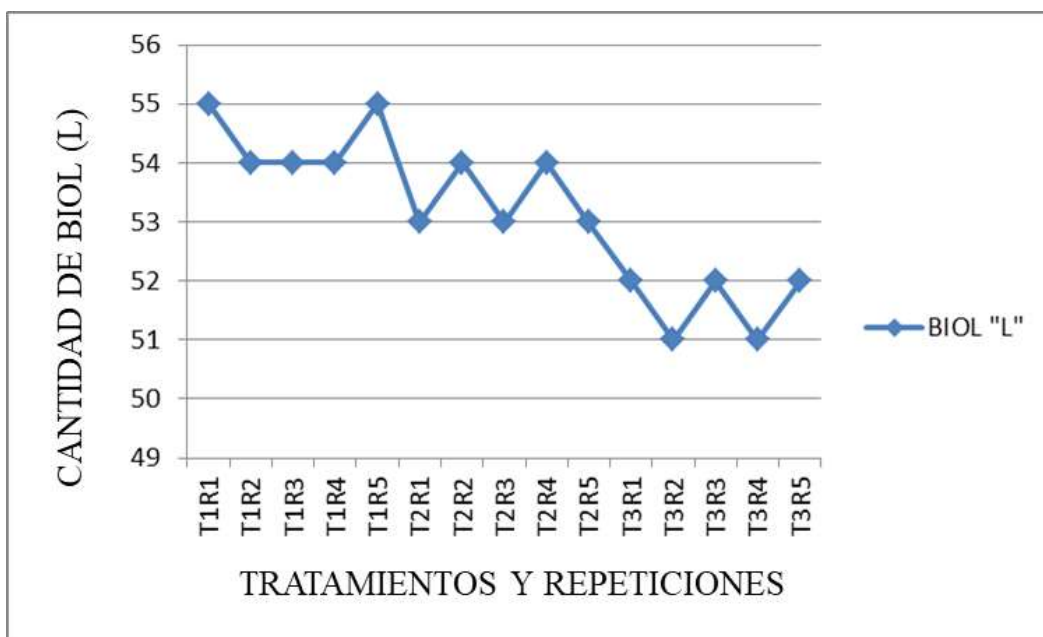


Gráfico 6: Producción de biol por tratamiento y repeticiones

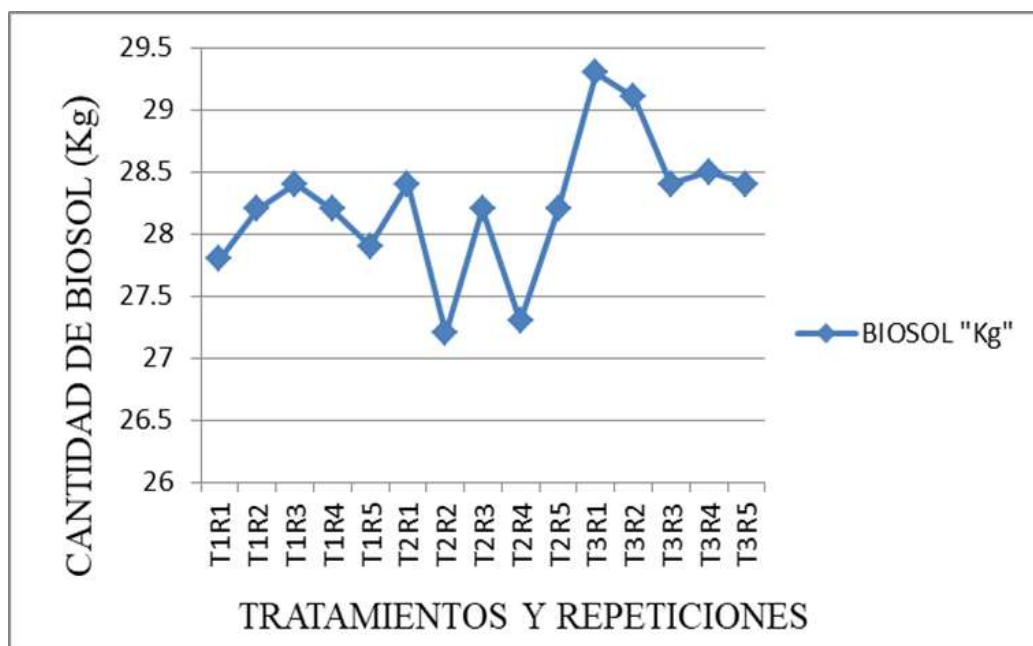


Gráfico 7: Producción de biosol por tratamiento y repeticiones

*Tabla 10: Producción de biol y biosol total*

<u>Tratamientos</u>	<u>Biol "L"</u>	<u>Biosol "Kg"</u>	<u>Promedio biol (L)</u>	<u>Promedio biosol (kg)</u>
T1R1	55	27.8		
T1R2	54	28.2		
T1R3	54	28.4	54.4	28.1
T1R4	54	28.2		
T1R5	55	27.9		
T2R1	53	28.4		
T2R2	54	27.2		
T2R3	53	28.2	53.4	27.8
T2R4	54	27.3		
T2R5	53	28.2		
T3R1	52	29.3		
T3R2	51	29.1		
T3R3	52	28.4	51.6	28.7
T3R4	51	28.5		
T3R5	52	28.4		

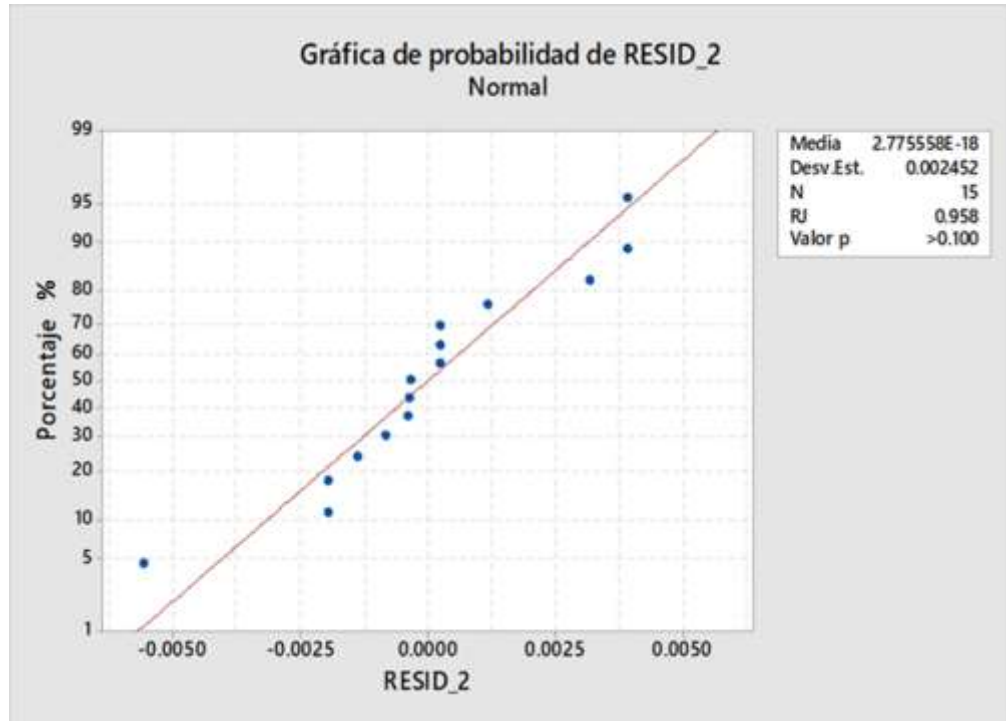
*Tabla 11: Temperatura general durante los 25 días de los tres tratamientos*

<u>Días</u>	<u>T° Mañana</u>	<u>T° Tarde</u>	<u>T° Promedio (mañana - tarde)</u>
	(°C)	(°C)	(°C)
1	25	36	30.5
2	24	37	30.5
3	22	34	28
4	24	35	29.5
5	21	31	26
6	23	29	26
7	17	26	21.5
8	19	30	24.5
9	16	25	20.5
10	24	34	29
11	23	33	28
12	23	35	29
13	22	35	28.5
14	23	36	29.5
15	24	37	30.5
16	19	31	25
17	22	34	28
18	23	35	29
19	18	29	23.5
20	22	32	27
21	24	36	30
22	25	37	31
23	21	32	26.5
24	21	30	25.5
25	23	33	28

*Tabla 12: Producción de biogás total- promedio*

<u>Tratamientos</u>	<u>Repeticiones</u>	<u>Total (m<sup>3</sup>)</u>	<u>Promedio (m<sup>3</sup>)</u>
T1	R1	0.06327	0.0630308
	R2	0.06327	
	R3	0.06269	
	R4	0.063274	
	R5	0.06265	
T2	R1	0.14391	0.1427468
	R2	0.140786	
	R3	0.142336	
	R4	0.14591	
	R5	0.140792	
T3	R1	0.136048	0.1321276
	R2	0.12654	
	R3	0.13604	
	R4	0.13128	
	R5	0.13073	

## ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS



*Gráfico 8: Probabilidad de producción de biogás*

*Fuente: software Minitab 8*

Hipótesis

H0: la producción de biogás sigue una distribución normal

H1: la producción de biogás no sigue una distribución normal

Conclusión: según la prueba Shapiro Wilk el valor  $P > 0.05$  por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que la producción de biogás sigue una distribución normal, a un nivel de significancia del 5 %.



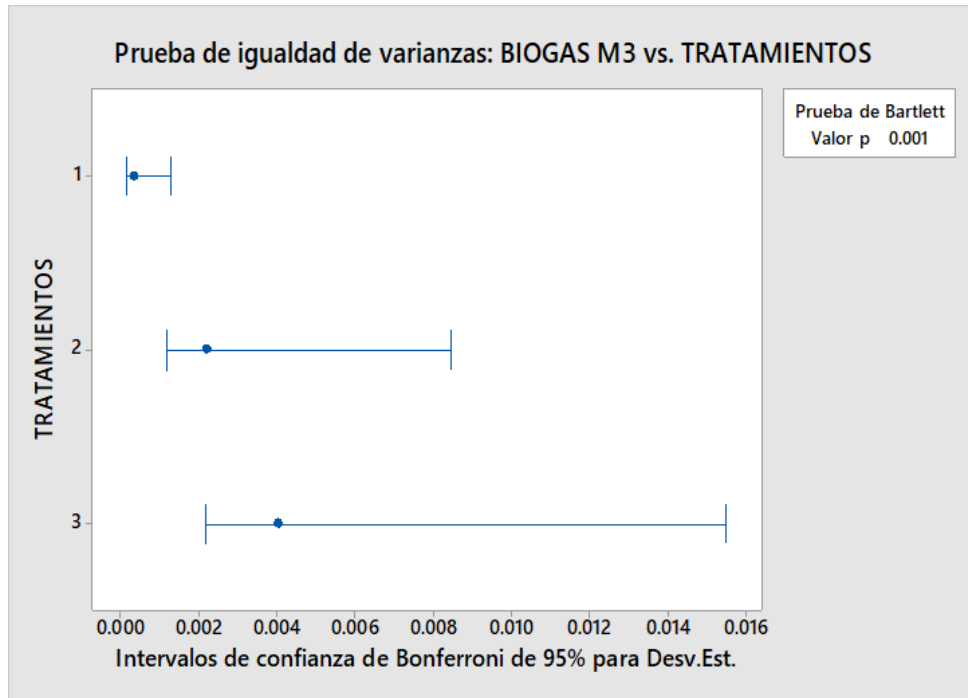


Gráfico 9: Prueba de igualdad de varianza

Fuente: software Minitab 8

### Hipótesis

Ho: las varianzas de la producción por tratamiento son iguales

Hi: las varianzas de la producción por tratamiento son diferentes o por lo menos una es diferente

Conclusión: según la prueba Bartlett el valor  $P < 0.05$  por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, concluyendo que las varianzas de producción de biogás son diferentes o al menos una es diferente, a un nivel de significancia de 5 %

## ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE BIOL

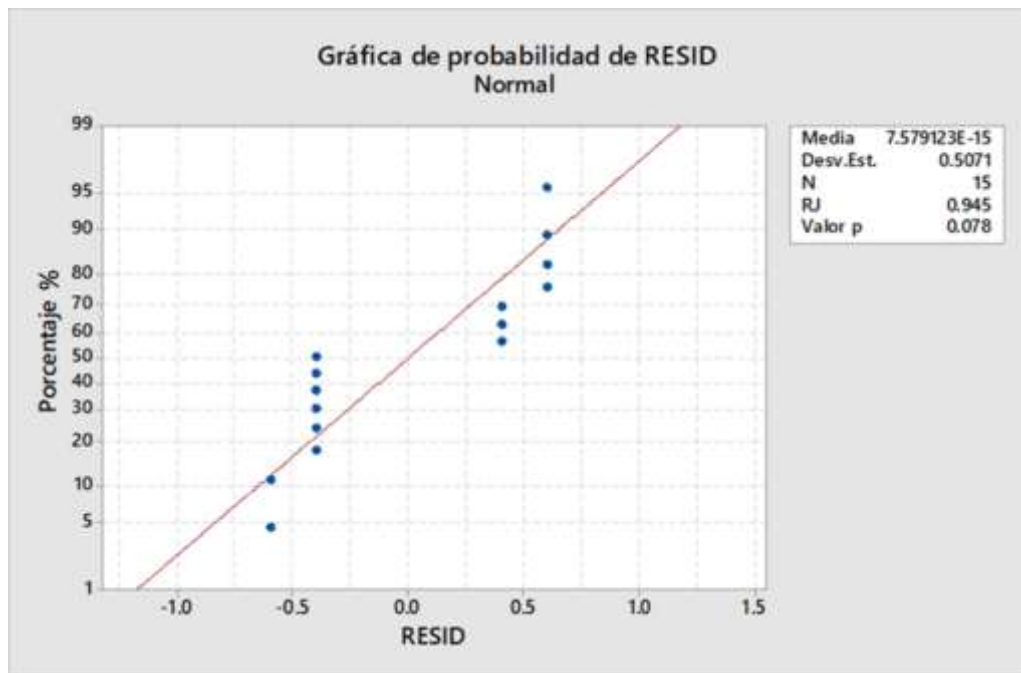


Gráfico 10: Probabilidad de producción de biol

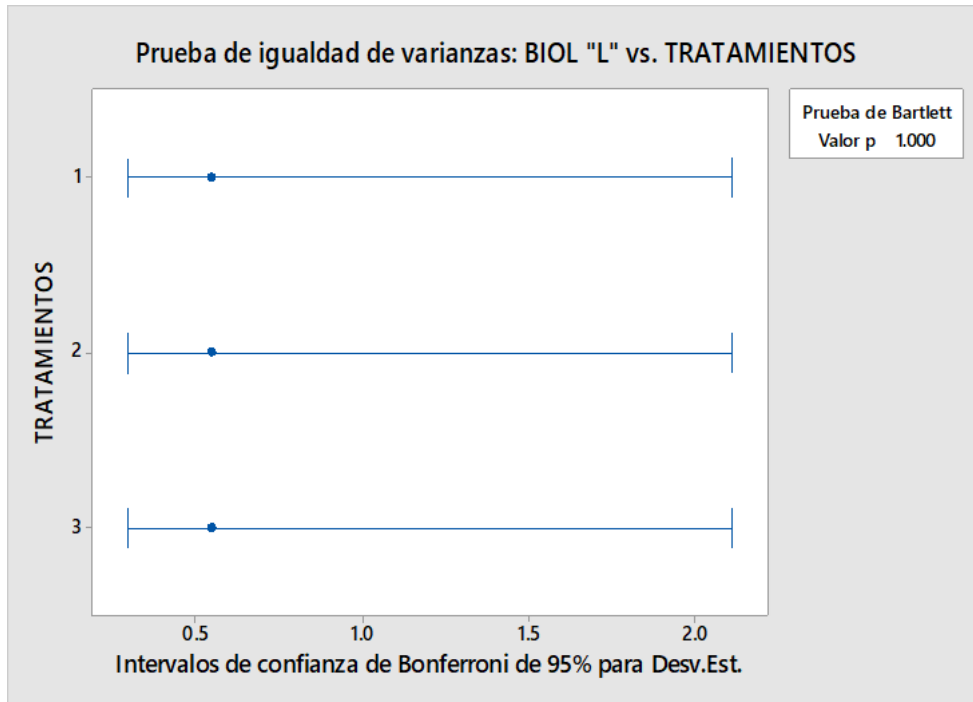
Fuente: software minitab 8

Hipótesis:

H0: las producciones de biol siguen una distribución normal

H1: las producciones de biol no siguen una distribución normal

Conclusión: según la prueba shapiro Wilk el valor  $P > 0.05$  por lo que se acepta la hipótesis nula, concluyéndose que las producciones siguen una distribución normal, a un nivel de significancia del 5 %



*Gráfico 11: Prueba de igualdad de varianzas*

*Fuente: software minitab 8*

Hipótesis:

H0: las varianzas de las producciones por tratamiento son iguales

H1: las varianzas de las producciones por tratamiento son diferentes o por lo menos una es diferente

Conclusión: según la prueba shapiro WILK el valor  $P > 0.05$  por lo que se acepta la hipótesis nula, concluyendo que las producciones siguen su distribución normal, a un nivel de significancia del 5 %

Tabla 13: Análisis de varianza (biol)

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamientos	2	20.133	10.0667	33.56	0
Error	12	3.6	0.3		
total	14	23.733			

ANOVA de un solo factor: PRODUCCION DE BIOL

Hipótesis nula: Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna: No todas las medias son iguales

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Conclusión: como el valor  $P < 0.05$ , se acepta la hipótesis alterna se concluye que no todas las medias son iguales, a un nivel de significancia del 5 %

Tabla 14: Comparación de parejas de Tukey (biol)

<u>Tratamientos</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
T1	5	54.4	A
T2	5	53.4	B
T3	5	51.6	C

Nivel de confianza individual = 95 %

Conclusión: según la prueba de Tukey el mejor tratamiento es T1, a un nivel de significancia del 5 %

## ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE BIOSOL

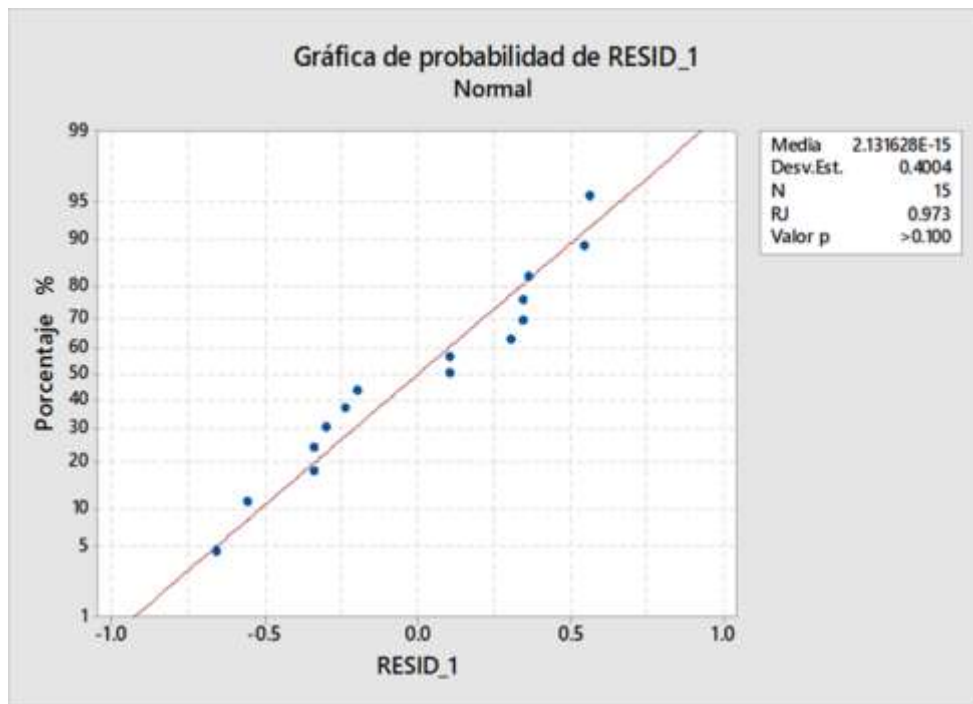


Gráfico 12: Probabilidad de producción de biosol

Fuente: software minitab 8

### Hipótesis

H0: la producción de biosol sigue una distribución normal

H1: la producción de biosol no sigue una distribución normal

Conclusión: según la prueba de Shapiro Wilk el valor de  $P > 0.05$  por lo que se acepta la hipótesis nula, concluyendo que la producción de biosol sigue su distribución normal, a un nivel de significancia del 5 %

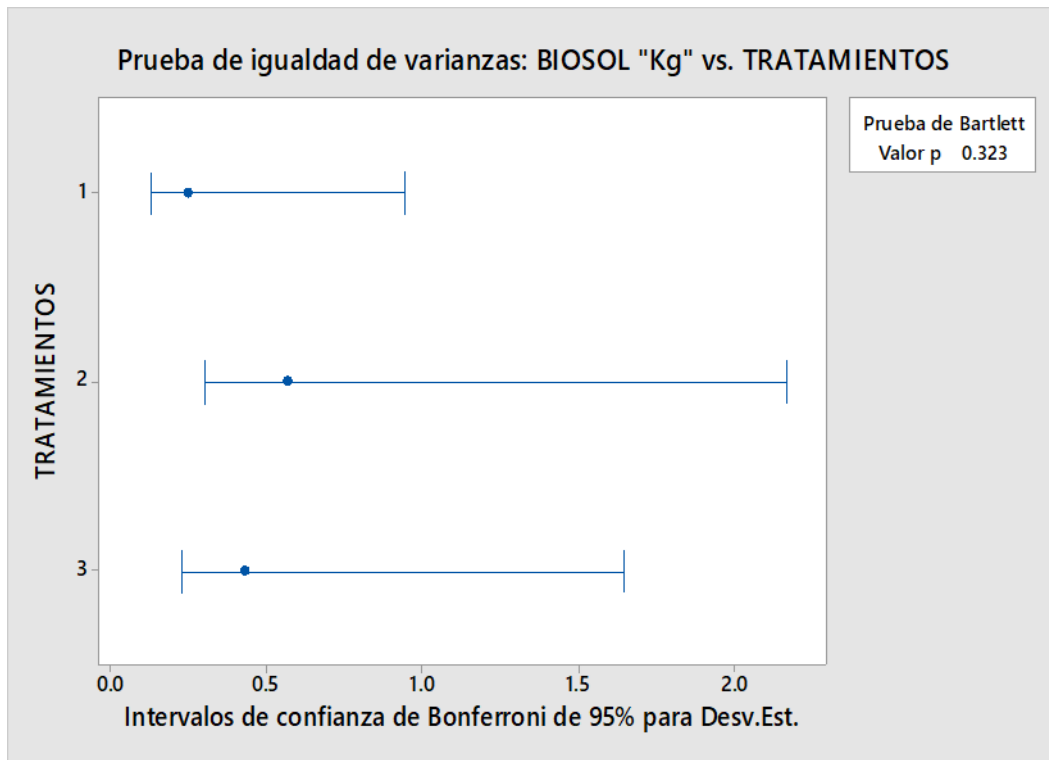


Gráfico 13: Prueba de igualdad de varianza

Fuente: software minitab 8

### Hipótesis

H0: las varianzas de producción de biosol por tratamiento son iguales

H1: las varianzas de producción de biosol por tratamiento son diferentes o por lo menos una es diferente

Conclusión: según la prueba de Bartlett El valor  $P > 0.05$  por lo que se acepta la hipótesis nula, concluyéndose que las varianzas de producción de biosol por tratamiento son iguales o no existe diferencia significativa entre las variables de dicho grupo, a un nivel de significancia del 5 %.

Tabla 15: Análisis de varianza (biosol)

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamientos	2	2.069	1.0347	5.53	0.02
Error	12	2.244	0.187		
total	14	4.313			

ANOVA de un solo factor: producción máxima kg

Hipótesis nula: todas las medias son iguales

Hipótesis alterna: no todas las medias son iguales

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Conclusión: como el valor  $P < 0.05$ , se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, se concluye que no todas las medias son iguales, a un nivel de significancia del 5 %

Tabla 16: Comparación en pareja de Tukey (biosol)

<u>Tratamientos</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
T3	5	28.74	A
T1	5	28.1	AB
T2	5	27.86	B

Nivel de confianza = 95 %

Conclusión: según la prueba de Tukey el mejor tratamiento es T3, a un nivel de significancia del 5 %.