

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Generación de biogás a partir de residuos del beneficio húmedo del café

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Geiner Rivera Becerril

Asesor:

Ing. Orlando Alan Poma Porras

Lima, 11 de febrero del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ing. Orlando Alan Poma Porras, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Generación de biogás a partir de residuos del beneficio húmedo del café”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) (Geiner Rivera Becerril) para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 22 días del mes de febrero del año 2022.



Ing. Orlando Alan Poma Porras

DNI 06961919

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **11 días** día(s) del mes de **febrero** del año 2022 siendo **las 08:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, y los demás miembros: **Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas e Ing. Nancy Curasi Rafael**, y el asesor **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Generación de biogás a partir de residuos del beneficio húmedo del café"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **GEINER RIVERA BECERRIL**

.....b)

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **GEINER RIVERA BECERRIL**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE


Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga



Secretario
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio

Asesor
Ing. Orlando Alan
Poma Porras

Miembro
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas

Miembro
Ing. Nancy Curasi
Rafael

Candidato/a (a)
Geiner Rivera Becerril

Candidato/a (b)

ÍNDICE

RESUMEN	5
Palabras claves:.....	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
METODOLOGÍA.....	9
RESULTADOS.....	12
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	16
CONCLUSIONES.....	18
RECOMENDACIONES.....	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXOS	21

"Generation of biogas from waste of the wet benefit of coffee"

“Generación de biogás a partir de residuos del beneficio húmedo del café”

Rivera Becerril Geiner ¹, Poma Porras Orlando², Hugo Fernandez¹

¹Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana 4 Unión, Lima, Perú; geinerrivera@upeu.edu.pe; opoma@upeu.edu.pe; hugof@upeu.edu.pe ⁵

* Correspondence: opoma@upeu.edu.pe; Tel.: +51 969 332 640

Rivera Becerril Geiner ¹, Correo geinerrivera@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-5285-0515>

Poma Porras Orlando², Correo opoma@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-0033-7765>

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es generar biogás a partir de residuos del beneficio del café (aguas mieles y pulpa) en la finca La huerta de María, distrito de Omia – Amazonas. El diseño es experimental, en la investigación se cuantificará la producción de biogás generados a partir de residuos del café. Para la generación de biogás se utilizó biodigestores de sistema discontinuo (tipo batch) empleando envases de polipropileno (PET) de 10 L de capacidad. Se realizó tres tratamientos de acuerdo al porcentaje de agua, excretas de ganado y sustratos (agua miel y pulpa de café); realizando por cada tratamiento cuatro repeticiones, fabricándose en total doce biodigestores a nivel de laboratorio. Para la cuantificación de la producción de biogás se empleó el método de desplazamiento de líquido que según Parajuli consiste en conducir el biogás a través de una manguera hacia un recipiente con líquido y que debido a la presión del biogás generado sobre la superficie del líquido este se desplaza a otro recipiente permitiendo medir su volumen. El tratamiento 1 presenta mayor porcentaje acumulado. Se determina que el tratamiento tiene una mejor eficiencia al momento de generar una mayor cantidad de biogás.

Palabras claves:

Biogás, Biodigestores, Polipropileno, Pulpa de café

ABSTRACT

The objective of this study is to generate biogas from residues from coffee processing (honey water and pulp) at the La Huerta de María farm, Omia - Amazonas district. The design is experimental, the research will quantify the production of biogas generated from coffee waste. For the generation of biogas, biodigesters of a discontinuous system (batch type) were used using polypropylene (PET) containers of 10 L capacity. Three treatments were carried out according to the percentage of water, livestock excreta, and substrates (water, honey and coffee pulp); performing four repetitions for each treatment, manufacturing a total of twelve biodigesters at the laboratory level. For the quantification of biogas production, the liquid displacement method was used, which according to Parajuli consists of conducting the biogas through a hose towards a container with liquid and that, due to the pressure of the biogas generated on the surface of the liquid, this displaces another container allowing its volume to be measured. Treatment 1 presents a higher accumulated percentage. It is determined that the treatment has a better efficiency when generating a greater quantity of biogas.

Keywords: Biogas, Biodigesters, Polypropylene, Coffee pulp

INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2010), el café es el producto más comercializado después del petróleo, se estima que alrededor de 125 millones de personas viven de su cultivo y que el consumo anual es de 400 mil millones de tazas. La actividad del café durante el proceso de la obtención de la bebida genera grandes cantidades de residuos el cual constituye una fuente grave de contaminación y problemas ambientales (Ocampo y Alavarez, 2017). Los impactos al medio ambiente generados por los residuos del beneficio húmedo del café (aguas mieles y pulpa) comprende la contaminación del agua por los desechos sólidos (pulpa) y líquidos (aguas mieles), la contaminación del aire por los malos olores de la descomposición y la contaminación del suelo por la disposición inadecuada y la generación de lixiviados producto de la fermentación (Armas, 2008). Según García (2014) la pulpa de café, las aguas mieles y las excretas de ganado arrojados en fuentes hídricas y suelos de cultivos, se convierten en contaminantes.

Por otro lado, las bacterias anaerobias transforman mediante digestión anaerobia los residuos orgánicos a una mezcla de gases lo que se denomina biogás, el metano (CH_4) es uno los productos más significativos del biogás, y se considera un combustible renovable (Marín, 2020). La buena utilización del café o sus subproductos para la obtención de biogás sirve como una gran alternativa para minimizar la contaminación de la atmosfera, el agua y el suelo, por otro lado, se consigue una mejora en cuanto a la higiene del ambiente. (Romero y Mamani, 2013).

De acuerdo a la revisión bibliográfica Balseca, D. y Cabrera, J. (2011) realizaron un estudio de investigación sobre "Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café". Escuela agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. El objetivo de este estudio fue identificar la producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café, la metodología fue de carácter experimental para lo cual se emplearon biodigestores tipo batch (sistema discontinuo) para cuatro repeticiones a partir de tres mezclas de sustratos diferentes (tratamientos). Los resultados de la investigación indicaron que la producción de biogás producido por kilogramo de sustrato, la pulpa de café produjo mayor volumen en comparación a los otros sustratos.

Londoño, (2017) ejecuto un estudio de investigación sobre el Aprovechamiento de la pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón. 2017. Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia. El propósito de la investigación fue producir biogás en un reactor flujo pistón (PFR) empleando como sustrato la pulpa de café. La metodología consistió en la construcción de cinco biodigestores anaerobios discontinuos cada uno con su duplicado, de donde se obtuvo resultados para determinar el modelo de dosificación del reactor de flujo pistón de fabricación artesanal y cuantificar la producción de biogás. Según los resultados se obtuvieron 370,8 L de biogás en un periodo de 30 días, teniendo el reactor un rendimiento de 93,83 L de biogás por Kg de café.

Asimismo, Acarley, (2018) desarrollo un estudio de investigación donde realizo la evaluación de la producción de metano a partir de las aguas mieles del beneficio húmedo del café mediante digestión anaerobia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. El objetivo de la investigación fue determinar el potencial de producción de metano de las aguas mieles del beneficio húmedo del café. La metodología utilizada fue experimental a nivel de laboratorio en reactores de ensayos empleando la prueba del Potencial Bioquímico del Metano (PBM) obteniendo resultados de 377 ml de CH₄ del sustrato de agua miel y el inóculo del estiércol de ganado vacuno.

La investigación denominada “Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café (*Coffea arabica*) en el distrito de Copallín – Bagua.” Por Olano, (2018) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Amazonas tuvo como objetivo de producir biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café que son subproductos (residuos) del beneficio húmedo de este. La metodología empleada para la generación de biogás fueron los biodigestores de sistemas discontinuos (tipo batch) y para la cuantificación del volumen se emplearon gasómetros, se evaluaron cuatro mezclas de sustratos en tres repeticiones cada una. Los resultados indicaron que la combinación de sustratos de pulpa de café (40%), excrementos de ganado vacuno (40%)

en partes iguales más el 20% de aguas mieles tienen mejores resultados en la producción de biogás y permiten un manejo adecuado de los efluentes del beneficio húmedo del café.

En el Perú cerca de dos millones trabajan en el sector cafetero, la mayor concentración de esta actividad abarca los departamentos de Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco y Amazonas (MINAGRI, 2016). En la región Amazonas en la población rural las actividades agrícolas principales es el cultivo de café y la ganadería, estas actividades generan gran cantidad de subproductos que no son aprovechados (Olano, 2018). La contaminación ambiental por falta de alternativas de uso de los subproductos del café (pulpa de café, aguas mieles), el agotamiento de los recursos fósiles, la demanda de energía, justifican la investigación que permitirá la transformación de los residuos húmedos contaminantes en un producto aprovechable como el biogás, como energía renovable, así mismo la conservación del medio ambiente.

METODOLOGÍA

El diseño es experimental, probalístico completamente al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, para la analizar la diferencia de medias de producción de biogás producido entre los tres tratamientos se empleó KRUSKAL Wallis (análisis de varianza) usando el software SPSS con el cual se determinó las diferencias entre los tratamientos.

En la investigación se cuantificó la producción de biogás generados a partir de residuos del beneficio húmedo del café, siguiendo la siguiente metodología:

Para la generación de biogás se utilizó biodigestores de sistema discontinuo (tipo batch) empleando envases de polipropileno (PET) de 10 Lt de capacidad. Realizándose tres tratamientos de acuerdo al porcentaje de agua, excretas de ganado y sustratos (agua miel y pulpa de café); en total se fabricaron doce biodigestores a nivel de laboratorio.

Para la cuantificación de la producción de biogás se empleó el método de desplazamiento de líquido (gasómetro) que según Parajuli (2011), Londoño (2017) y Olano (2018) consiste en conducir el biogás a través de una manguera hacia un recipiente con líquido y que debido a la

presión del biogás generado sobre la superficie del líquido este se desplaza a otro recipiente permitiendo medir su volumen.

Los porcentajes de sustratos que se emplearon se muestran en la tabla 1 de acuerdo a los porcentajes aplicado por Balseca y Cabrera (2011) donde generó biogás a partir de pulpa de café y aguas mieles.

TRATAMIENTOS	PULPA DE CAFÉ		AGUAS MIELES		AGUA		EXCRETAS DE GANADO		CAPACIDAD UTIL DE BIODIGESTOR (70%)
	%	g	%	mL	%	mL	%	g	mL
T1	-	-	-	-	30	2100	70	4900	7000
T2	40	2800	-	-	20	1400	40	2800	7000
T3	40	2800	20	1400	-	-	40	2800	7000

Tabla 1 Número de tratamientos y porcentajes de sustratos.

Se alimentó los biodigestores al 70% de su capacidad, luego a cada tapa rosca del envase de polipropileno se le realizó un agujero de 3.2 mm, aproximadamente 1/8" de pulgada, desde el borde del agujero de cada tapa rosca se conectó una manguera de PVC de 1/8" de diámetro por cincuenta centímetros de largo para conducir el biogás al gasómetro que es otro envase de polipropileno de 10 Lt de capacidad.

El gasómetro debe de estar libre de aire, lleno de agua, marcado y calibrado cada 100 mL, en la tapa se le realizaron dos agujeros de 3.2 mm, uno para el ingreso del flujo de biogás de la manguera que sale del biodigestor y el segundo agujero para la salida de una manguera de PVC de 1/8" para el desplazamiento del agua por la presión del biogás generado, esta manguera se instaló desde el fondo del gasómetro y desembocó en una botella que contuvo agua para lograr cuantificar el biogás por el desplazamiento del líquido.

Todas las uniones de las tapas con las mangueras de PVC fueron hermetizadas con masilla epóxica (molde mix) para evitar la fuga del biogás.



Agua presionada para ser desalojada	Lodo activado + agua + pulpa de café
--	---

Figura 3 Modelo de reactor de flujo discontinuo y aplicación del método de desplazamiento de líquido para cuantificación de biogás generado (Londoño, 2017).

Se construyó un laboratorio de campo para la ubicación de los biodigestores de estudio, para la elección del lugar se consideró que se encuentre alejado para evitar las interferencias con animales, contando con un techo para evitar la exposición directa del biodigestor a las lluvias y sin presencia de fuentes de agua o cienegos para evitar la humedad. La altura del sistema de producción y cuantificación del biogás fue de 1.60 m para una mejor visión y ergonomía del muestreador.

Antes de ejecutar los tratamientos se debe de realizó la titulación del pH a un rango entre 6.5 - 7.5 ya que es el que requieren las bacterias metano génicas para trabajar (Balseca y Cabrera, 2011). Para la medición del potencial de hidrogeno de cada sustrato se empleó papel pH, para la medición del pH de los tratamientos se homogenizó los componentes de cada uno de acuerdo

al porcentaje mediante agitación y se dejó en reposo por un periodo de 24 horas para la medición.

Los biodigestores fueron cargados de acuerdo a las cantidades de la tabla 1, para la medición del peso del estiércol ruminal y la pulpa de café se empleó una balanza (gramera de 1000 g), en cuanto al volumen del agua y agua miel se utilizó una jarra calibrada. De acuerdo a Olano (2018) se toma como referencia la relación de 1 litro igual a 1 kilo (1 Lt = 1 Kg). Para la toma de temperatura se empleó un termohigrometro digital modelo SH-110 marca Eurotech que mide en un rango de 0 °C a 40 °C ya que según Balseca y Cabrera (2011) esta variable influye de manera proporcional en la producción de biogás.

Recolección de datos

Se recolectaron los datos por un periodo de 30 días que es lo que dura el período de fermentación, una vez por día en el horario de 07:00 h. Se registró en el formato de la tabla 2, los valores a recolectar, los cuales fueron el volumen (mL) del agua desplazado en el gasómetro que es el equivalente al biogás generado y la temperatura ambiente.

Tratamientos: T1, T2 y T3

Repeticiones: A, B, C y D

RESULTADOS

Se realizaron los análisis estadísticos descriptivos de los cuatro tratamientos a las 7:00 a.m. durante los 30 días de evaluación. Los datos fueron procesados a través del Software estadístico IBM SPSS Statistics 22.

Los resultados del análisis descriptivo se encuentran en la tabla 1 dónde indican que en el tratamiento 1 (Estiércol y agua) el valor máximo acumulado por día de producción de biogás fue de 5917 ml. En el tratamiento 3 (Pulpa de café, estiércol y agua miel) se produjo un valor máximo

acumulado equivalente a 4482,9 ml de biogás. El tratamiento 2 (Pulpa de café, estiércol y agua) obtuvo un valor máximo acumulado de producción de biogás por día de 1695 ml.

Tabla 1: Análisis descriptivos

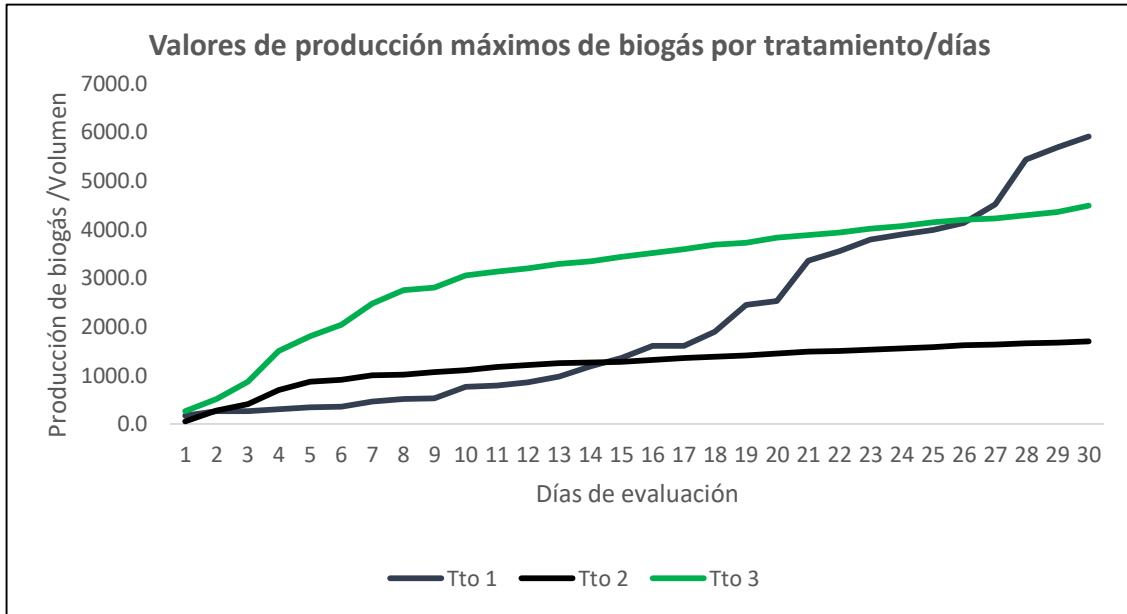
Estadísticos Descriptivos

Ítem	Tratamientos		Estadístico	Error estándar
Producción biogás	Estiércol y agua	Media	2114,5800	335,50052
		Varianza	3376817,891	
		Desviación estándar	1837,61201	
		Mínimo	170,80	
		Máximo	5917,50	
	Pulpa de café, estiércol y agua	Media	1214,0467	76,67205
		Varianza	176358,083	
		Desviación estándar	419,95010	
		Mínimo	55,60	
		Máximo	1695,70	
	Pulpa de café, estiércol y agua miel	Media	3146,1533	212,11581
		Varianza	1349793,509	
		Desviación estándar	1161,80614	
Mínimo		266,60		
Máximo		4482,90		

En la figura 1 se puede apreciar que el tratamiento 1 tuvo el máximo valor de producción de biogás acumulado, seguido por el tratamiento 3, siendo el último el tratamiento 2 con los valores

máximos equivalentes a 5917ml, 4482,9ml y 1695ml respectivamente, datos obtenidos del día 30 de evaluación.

Figura 1 Producción de biogás durante los 30 días de evaluación



Se realizó tres tratamientos con 4 repeticiones se presentan los resultados promedios de la generación de biogás en el horario 7:00 a.m. durante los 30 días de evaluación a través del análisis estadístico de comparación de medias Kruskal Wallis. Estableciéndose la hipótesis nula = La distribución de producción de biogás es la misma entre las categorías de tratamientos y la hipótesis alterna = La distribución de producción de biogás no es la misma entre las categorías de tratamientos. En la tabla 2 la prueba indicó que al menos una media es distinta en los tratamientos.

Tabla 2 Prueba de comparación de medias Kruskal - Wallis

Hipótesis nula	Prueba	Sig	Decisión
La distribución de producción de biogás es la misma entre las categorías de tratamientos	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	0.00	Rechace la hipótesis nula

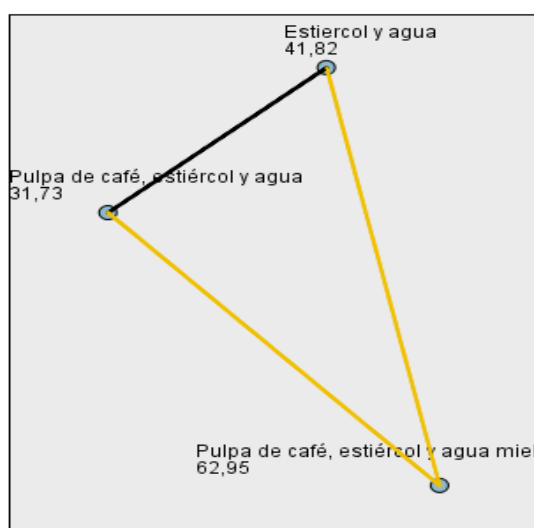
En la tabla 3 se detalla las comparaciones múltiples de medias por tratamientos, cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de los tratamientos confrontados son iguales. Los resultados indican que la media del tratamiento 3 (Pulpa de café, estiércol y agua miel) difiere de los otros tratamientos, mientras que en el tratamiento 1 y 2 las medias son iguales.

Tabla 3 Comparación de medias

Tratamientos	Estadístico de prueba	Estándar de error	Desv. Estadístico	Sig	Sig. ajuste
Pulpa de café, estiércol y agua - Estiércol y agua.	10,083	6,745	1,495	,135	0.405
Pulpa de café, estiércol y agua - Pulpa de café, estiércol y agua miel.	-31,217	6,745	-4,628	,000	,000
Estiércol y agua - Pulpa de café, estiércol y agua miel.	-21,133	6,745	-3,133	,002	,005

En la figura 2 cada nodo detalla los valores de la distribución de medias de los tres tratamientos donde se observa diferencia significativa entre el tratamiento 1 (estiércol de agua) - tratamiento 2 (pulpa de café, estiércol y agua) y el tratamiento 3 (pulpa de café, estiércol y agua miel) concluyendo que el tratamiento 3 brinda mayor producción de biogás.

Figura 2 Comparaciones por parejas de tratamientos



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los análisis descriptivos indicaron valores máximos acumulados de producción de biogás por día en cada tratamiento. El tratamiento 1 conformado por estiércol y agua obtuvo el valor máximo de producción de biogás acumulado de 5917 ml. Seguido del tratamiento 3 compuesto por pulpa de café, estiércol y agua miel que produjo 4482,9 ml de biogás acumulado, por último, el tratamiento 2 conformado por pulpa de café, estiércol y agua obtuvo un valor máximo acumulado de producción de biogás por día de 1695 ml. Todos los valores máximos de biogás acumulado por día se obtuvieron en el día 30 de evaluación. Los resultados en la investigación realizada por (Olano, 2017) denominada “Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café (*Coffea arábica*) en el distrito de Copallín, Bagua – Amazonas” que evalúa cuatro tratamientos, también obtienen la mayor producción de biogás en el tratamiento compuesto por estiércol 70% y agua 30% en el día 28 de evaluación. Asimismo, en la investigación titulada “Producción de metano mediante digestión anaerobia de aguamiel, subproducto del beneficio húmedo del café” realizada por (Fuilen & Lawrence, 2019) indica que más del 70% de metano es producido entre los días 12 al 42 debido al periodo de adaptación de los microorganismos que se estima abarcan los días 1 y 11 posteriormente a estos días se biodegrada la mayor parte de las aguas mieles.

El tratamiento 3 compuesto por pulpa de café, estiércol y agua miel fue el tratamiento que generó mayor cantidad de biogás 4482,9 ml.

La presente investigación demuestra que el tratamiento 3 es el que tuvo una mejor significancia en cuanto a la producción de biogás puesto que tiene como sustrato al estiércol (2800 g) y cofermentadores como la pulpa de café (2800 g) y agua miel (1400 g), ya que este género mayor cantidad de biogás con un total de 4482,9 ml con un tiempo de retención de 30 días. Según los resultados obtenidos en la investigación titulada “Beneficios de la producción de biogás y bioabonos usando estiércol de ganado vacuno, pulpa de café y aguas mieles en el centro poblado de Aguas Verdes, Pardo Miguel Naranjos, Rioja, San Martín” realizado por (Broncano, 2019) menciona que al usar cofermentadores como la pulpa de café y agua miel se obtiene un mayor volumen producido de biogás durante un tiempo de retención de 20 días, este depende de la temperatura ya que mientras mayor sea la temperatura menor será el TRH. Además, según (Olano, 2018) afirma en su investigación titulada “Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café (*Coffea arabica*) en el distrito de Copallín, Bagua – Amazonas, 2017” que su tiempo de fermentación para obtener resultados usando pulpa de café, estiércol de ganado vacuno y agua miel fue de 20 días siendo el día 14 el momento en el que comenzó a haber un

incremento en la producción de biogás teniendo como lectura que en este día la medición de la temperatura fue de 23 °C, en donde se evidencia que la temperatura es un factor importante para la producción de biogás, además de que el estiércol de ganado vacuno es el sustrato principal para generar biogás, ya que en esta investigación el autor realizó 4 tratamientos, los cuales fueron T1(pulpa de café 70% y agua miel 30%) que generó 250 ml, T2 (estiércol 40%, agua 20%, pulpa de café 40%) que generó 500 ml, T3 (estiércol 70%, agua 30%) que generó 1711,7 ml y T4 (agua miel 20%, pulpa de café 40% y estiércol de ganado vacuno 40%) que generó 1320 ml, en las cuales aplico estiércol en solo 3 tratamientos siendo los más efectivos al momento de generar biogás, asimismo da a entender que usar agua de miel en lugar de agua resulta ser más efectivo al momento de generar biogás, ya que se aprecia que en uno de sus tratamientos como es el caso de su tratamiento T2(estiércol 40%, agua 20%, pulpa de café 40%) generó 500 ml es decir menos biogás que su T4 (agua miel 20%, pulpa de café 40% y estiércol de ganado vacuno 40%) el cual generó 1320 ml. Además, según el autor menciona que para que este proceso sea óptimo la cantidad de pulpa de café debe de ser igual a la del estiércol de ganado de vacuno, debido a que este último se alimenta de los azúcares que contiene la pulpa de café, en este sentido (Zuluaga, 1989) citado por (Ponce, 2018) indica que la pulpa de café contiene entre 23 a 27 % sobre materia seca (m.s) de azúcares fermentables, entre ellos fructosa (10 – 15 %), sacarosa (2.8 – 3.2%) y galactosa (1.9 – 2.4 %).

Por otro lado, el agua de miel es de vital importancia al igual que los otros compuestos, ya que este según Acarley (2018) en su investigación titulada “Producción de metano mediante digestión anaerobia de aguamiel, subproducto del beneficio húmedo del café” indica que este cofermentador posee en sus características un alto valor de materia orgánica en su composición, debido a esto puede ser usado para la degradación anaerobia; además posee una propiedad muy importante el cual es tener un carácter ácido y junto con ello poseer microorganismos propios en el agua, lo cual hace que este cofermentador pueda realizar dos fases de degradación anaerobia.

Por lo tanto, la investigación demuestra que, para obtener una mayor cantidad de biogás durante el proceso anaerobio, es necesario usar el estiércol de ganado vacuno como sustrato, además de usar en la misma proporción pulpa de café con el fin de servir como alimento del sustrato, ya que este último posee una mayor cantidad de bacterias metanogénicas, asimismo usar agua de miel en la cantidad restante, logrando de esta forma una mejor eficiencia durante la producción de biogás.

CONCLUSIONES

Se determina así que, de los 12 biodigestores observados y evaluados durante el proceso de obtención de biogás, el tratamiento 3 compuesto por pulpa de café al 40 %, agua miel al 20% y excretas de ganado al 40% tienen una mejor eficiencia al momento de generar una mayor cantidad de biogás, esto se debe a que tienen una mejor interacción debido a las características que estos poseen.

En cuanto al tiempo de retención hidráulica, el TRH fue de 30 días, teniendo así una mayor cantidad de días de fermentación a diferencia de otras investigaciones, también influye la cantidad de sustratos para la degradación anaerobia dentro del biodigestor tipo batch y la temperatura para la adecuación en menos días de la bacteria.

Asimismo, se puede constatar que esta investigación tiene doble beneficio los cuales son el poder reaprovechar los desechos orgánicos que normalmente no se usan, sino que son tirados o desechados generando así contaminación en el medio ambiente. Y por otro lado con estos productos poder generar biogás el cual puede llegar a ser usado en el ámbito doméstico, sustituyendo así la leña u otros productos usados para la preparación de alimentos.

RECOMENDACIONES

Transformar el biogás en energía para que pueda servir a las comunidades alejadas, las cuales no cuentan con gas natural, y pueden dar un segundo uso a los desechos del beneficio del café. Junto con ello hacer la misma investigación, pero en volúmenes más grandes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armas, E; Cornejo, N; Murcia, K. (2008). Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva. Tesis Ing. Industrial. El Salvador. Universidad del Salvador.
- Acarley, F. (2018). Evaluación de la producción de metano a partir de las aguas mieles del beneficio húmedo del café mediante digestión anaerobia. Universidad Agraria La Molina. Facultad de ciencias. Lima. Perú.
- Balseca, D; Cabrera, J. (2011). Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café. Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano. Honduras.
- Broncano, E. (2019). Beneficios de la producción de biogás y bioabonos usando estiércol de ganado vacuno, pulpa de café y aguas mieles en el centro poblado de Aguas Verdes, Pardo Miguel Naranjos, Rioja, San Martín [Tesis de título profesional, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas
<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1923>
- FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura) (2010). Estadísticas FAO Organización de las Naciones Unidas: Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas.
- Guerrero, J. (2007). Estudio de diagnóstico y diseño de beneficios húmedos de café. IICA Nicaragua - PROMECAFE
- García, E. 2014. Evaluación fisicoquímica de sub productos del beneficiado húmedo del café, sometidos a tratamiento anaeróbico. Tesis de grado. San Juan la Laguna, Sololá. Universidad Rafael Landívar
- García, N. (2014). Influencia de la pulpa y agua de despulpado del café (coffea arábica) sobre la producción de biogás con estiércol de bovino. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas, Perú.
- Olano, E. (2018). Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café (Coffea arabica) en el distrito de Copallín, Bagua – Amazonas, 2017 [Tesis de título profesional, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas
<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1637>
- Orozco, C; Cantarero, V; Rodríguez, J. 1992. Seminario-Taller. El tratamiento anaeróbico de los residuos de Café: Una alternativa energética para la disminución del impacto ambiental en el sector. Tratamiento anaeróbico de las aguas mieles del café. Manual de referencia. PROMECAFE.

- Parajuli, P. (2011). Biogas measurement techniques and the associates errors. Finland: University of Jyvaskyla.
- Ponce, F. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (*coffea arabica*) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces [Tesis doctoral, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1407>
- Red de Técnicos en Beneficiado de PROMECAFE. 2010. Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. Programa cooperativo regional para el desarrollo tecnológico y modernización de la caficultura.
- Rodríguez, N. (2010). Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI: Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Cenicafé.
- Schutgens, G. (2010). Tratamiento anaeróbico de aguas mieles. Un estudio del monitoreo y posibilidades de aplicación de biogás en la finca El Socorro, Universidad Tecnológica de Delft, Facultad de Ingeniería Civil y Ciencias Geológicas. Matagalpa, Nicaragua.
- 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.
- Marín, L. (2020). Generación de biogás a partir de lixiviados de la pulpa del café provenientes del municipio de Jericó con potencial aplicación como combustible doméstico. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Tecnología en saneamiento ambiental. Medellín, Colombia
- Romero Loaiza, R., & Mamani Pari, R. (2013). Obtención de biogás como fuente de energía renovable a partir de los subproductos del café. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 251.
- Fuilen Acarley, G., Lawrence Quipuzco, U. (2019). Producción de metano mediante digestión anaerobia de aguamiel, subproducto del beneficio húmedo del café. *Revista Agroindustrial science*. Trujillo, Perú.

ANEXOS

Submission Completed - Additional Options

- Your manuscript (**Manuscript ID:** sustainability-1532881) has been successfully submitted. It can no longer be edited.
- See [Display Submitted Manuscripts](#) to view the current status of your submission.

Notes for Editor 

Institutional Open Access Program

Please determine if you are an affiliated author from one of the MDPI Institutional Open Access Program (IOAP) participants.

Select IOAP 

Submit

Evidencia de sumisión completada con el manuscrito ID sustainability-1532881 de la revista SUSTAINABILITY del MPDI



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

RESOLUCIÓN N° 0028/A-2021/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 17 de febrero de 2021

VISTO:

El expediente de **GEINER RIVERA BECERRIL**, identificados con Código Universitario N° 201110739, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **GEINER RIVERA BECERRIL**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Generación de biogas a partir de residuos del beneficio húmedo del café" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 16 de febrero de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Generación de biogas a partir de residuos del beneficio húmedo del café" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Ing. Orlando Alan Poma Porras** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas** y el **Ing. Nancy Curasi Rafael**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. María Vallejos Atalaya de Cornejo
DECANA



Mg. Sergio Omar Valladares Castillo
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

Resolución de inscripción y aprobación de perfil de proyecto.