



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con  
inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio,  
2022.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Castillo Ore, Jhoselyn Maybeelvira (orcid.org/0000-0002-3427-5550)  
Santos Miguel, Jherson Daniel (orcid.org/0000-0001-8282-4625)

**ASESORA:**

Mg. Cabello Torres Rita Jaqueline (orcid.org/0000-0002-9965-9678)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A Dios y a mi familia, a todos ellos por fomentar en mí el deseo de superación, de triunfo en la vida y sobre todo a cumplir mismetas y logros.

**Jhoselyn Castillo O.**

A Dios por impulsarme en los momentos más difíciles. A mis padres por su apoyo incondicional cada momento. A mi hijo Bastián Santos Paredes que es parte de mi motivación para seguir adelante. A mi pareja, por su amor y comprensión.

**Jherson Santos M.**

### **Agradecimiento**

A mis docentes en especial a la Ing Rita Cabello Torres por sus enseñanzas, exigencia por su disposición incondicional de apoyarnos hasta el final y no permitir que nos rindamos.

## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras .....	iv
Índice de anexos.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. MÉTODO.....	18
III. RESULTADOS .....	36
IV. DISCUSIÓN .....	49
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES .....	52
Referencias .....	53
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Etapas de la digestión anaeróbica.....	8
Tabla 2. Componentes lignocelulósicos del café .....	10
Tabla 3. Tratamientos lignocelulósicos con NaOH .....	10
Tabla 4. Modelos Cinético.....	13
Tabla 5. Composición de biogás .....	17
Tabla 6. Plantas de biogás en el mundo .....	17
Tabla 7. Matriz de Operacionalización .....	20
Tabla 8. Tecnicas de recoleccion de datos.....	23
Tabla 9. Validez de los equipos utilizados .....	24
Tabla 10. Muestras para PBM.....	32
Tabla 11. Diseño de tratamiento a temperatura mesofílica.....	32
Tabla 12. Tratamiento para sustratos.....	36
Tabla 13. Resultados experimentales en la determinación de AME promedio de los dos grupos de trabajo .....	39
Tabla 14. Caracterización fisicoquímica de los sustratos e inóculo.....	46
Tabla 15. Composición de biogás .....	47

## Índice de figuras

Figura 1. Composición del café (A) Grano de café (B) .....	9
Figura 2. Diagrama Actividad Metanogénica específica (AME) .....	12
Figura 3. Nanopartículas de hierro tamaño 50 nm .....	15
Figura 4. Flujograma de investigación.....	28
Figura 5. Procedimiento para la obtención de nanopartículas de hierro .....	30
Figura 6. Sistema para el AME.....	31
Figura 7. Colado de estiércol de vaca (Inóculo).....	33
Figura 8. Preparación de las combinaciones de las cáscaras de café y plátano (sustratos).....	33
Figura 9. Sistema de codigestión anaerobia.....	34
Figura 10. Espectro UV picos de absorción de las NPs.....	37
Figura 11. Espectro UV picos de absorción de la muña .....	37
Figura 12. Curva de producción de metano (CH <sub>4</sub> ) y determinación de la pendiente máxima: Estiércol de pollo (Grupo 1) .....	38
Figura 13. Curva de producción de metano (CH <sub>4</sub> ) y determinación de la pendiente máxima: Estiércol de cerdo (Grupo 2).....	38
Figura 14. Curva de producción de metano (CH <sub>4</sub> ) y determinación de la pendiente máxima: Estiércol de vaca (Grupo 3) .....	39
Figura 15. Producción de metano con cáscaras de café tratado .....	41
Figura 16. Producción de metano con cáscaras de plátano tratado.....	41
Figura 17. Producción de metano con cáscaras de café + plátano tratado.....	42
Figura 18. Producción de metano con cáscaras de café tratado + Nanopartículas de hierro .....	42
Figura 19. Producción de metano con cáscaras de plátanos tratado + Nanopartículas de hierro .....	43
Figura 20. Producción de metano con cáscaras de café + plátano + Nanopartículas de Hierro.....	43
Figura 21. Producción de metano con cáscaras de café sin tratar .....	44
Figura 22. Producción de metano con cáscaras de café sin tratar .....	44
Figura 23. Producción de metano con cáscaras de café + Plátano sin tratar.....	45
Figura 24. Potencial bioquímico de metano (PBM) promedio para cada sustrato / inóculo .....	45
Figura 25. Equipo Crowcon Tetra 4.....	46

## Resumen

Las cáscaras de café y cáscaras de plátano son mayormente desechadas ya que se desconocen los usos que se le puedan dar, por ello se eligieron para ser usadas como sustrato para la obtención de biogás. Se evaluó la codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio. Para ello se realizó el ensayo del potencial bioquímico de metano (PBM) donde se evaluaron las proporciones de sustrato / inóculo generando mejores resultados en las muestras M9 (cáscara de café y cáscara de plátano sin tratar), M2 (cáscaras de plátanos tratadas) y M6 (cáscara de café y plátanos tratadas con Np de Fe) obteniendo como resultado 400 ml, 377 ml y 399 ml CH<sub>4</sub>/g SV sustrato respectivamente. Las pruebas fueron analizadas a temperatura ambiente (promedio de 22° C). Asimismo, con este estudio a escala laboratorio se demuestra que las cáscaras de café y las cáscaras plátano generan biogás debido a su degradación, siendo en este estudio el café el sustrato que menor biogás generó.

**Palabras clave:** Digestión anaerobia, biogás, residuos agrícolas, energía renovable.

## Abstract

Coffee husks and banana peels are mostly discarded since the uses that can be given to them are unknown, for this reason they were chosen to be used as a substrate to obtain biogas. Anaerobic codigestion was evaluated using banana and coffee residues with bovine inoculum to obtain biogas on a laboratory scale. For this, the biochemical potential of methane (PBM) assay was carried out, where the proportions of substrate / inoculum were evaluated, generating better results in the samples M9 (coffee peel and untreated banana peel), M2 (treated banana peels) and M6 (coffee and banana peels treated with Np of Fe) obtaining as a result 400 ml, 377 ml and 399 ml CH<sub>4</sub>/g SV substrate respectively. The tests were analyzed at room temperature (mean 22°C). Likewise, with this laboratory-scale study, it is shown that coffee husks and banana peels generate biogas due to their degradation, with coffee being the substrate that generated the least biogas in this study.

**Keywords:** Anaerobic digestion, biogas, agricultural residues, renewable energy.

## I. INTRODUCCIÓN

El principal problema es el incremento enorme de desechos agrícolas y desechos orgánicos de animales que son producidos anualmente generando un impacto ambiental por lo que necesitan un tratamiento adecuado (Almomani y Bhosale, 2020); una solución factible para esta problemática es reutilizar los residuos mediante la codigestión anaerobia la generación de energía renovable (Barua et al., 2018). Siendo esta una solución innovadora para obtener energía renovable es mediante el proceso de digestión anaerobia, ya que mediante este proceso se puede conseguir biogás que a su vez se puede convertir en diversos biocombustibles (Caposciutti et al, 2020).

La alta productividad de las especies agrícolas es la razón principal de la producción de grandes cantidades de residuos agrícolas (Ponciano et al, 2020). El café es la principal bebida más consumida superando los 11 millones de toneladas por año en todo el mundo, las cáscaras de café son duras y no se disuelven en agua, por lo que se acumulan y se recopilan en la naturaleza (Cruz, 2020). Por otra parte, el cultivo de plátano es el más influyente del mundo, después de cada cosecha se genera una gran cantidad de residuos agrícolas que se pueden aprovechar para producir etanol de segunda generación (Guerrero et al., 2018). Asimismo, el incremento de estiércol de vacuno ha crecido con el desarrollo de la ganadería, causando muchos problemas ambientales, incluida la contaminación por nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua, las emisiones de metano y la contaminación por olores (Xin et al., 2018).

Por otro lado la agricultura intensiva, consume una mayor cantidad de nutrientes del suelo y una opción para el aprovechamiento de la cáscara de café es la producción de biocarbón, mediante la pirólisis donde se expone a una temperatura promedio entre 100 y 700°C, esta es una opción económica para reducir la inversión en fertilizantes químicos para los productores, así como también permitirá reutilizar los residuos agroindustriales que serán utilizados en el cultivo (Gouveia da Silva et al., 2021). Del mismo modo una alternativa para reducir los desechos de plátanos es utilizándolos como biosorbente para remover el mercurio en espacios contaminados, esta opción muestra que las cáscaras de plátano tienen una buena condición para eliminar los iones mercurio

y puede usarse como absorbente para eliminar el mercurio de las aguas residuales (Yulis y Sari, 2021).

Los desechos agrícolas son residuos que suelen ser empleados como fuentes de energía renovable, el manejo inadecuado de los residuos agrícolas genera pérdidas económicas, problemas en la salud humana y contaminación ambiental (Babu et al., 2022); por ello se realizó una revisión documentaria desde 2018 hasta el 2022 para analizar las soluciones a este problema.

Mediante la investigación a diversos autores que optaron por el proceso de la digestión anaerobia usando subproductos agrícolas para la producción de una energía renovable; por medio de este proceso se produce biogás, un biocombustible que se puede adaptar para el uso como electricidad (Antoniou et al., 2019). Los microorganismos son los responsables del metabolismo de residuos orgánicos en energía renovable, sin embargo, la digestión anaerobia requiere ciertas condiciones específicas para la proliferación de los microorganismos (Barua et al., 2018). Presentan diversas ventajas en la aplicación de la digestión anaerobia es que contribuyen a la disminución en la emisión de GEI, recupera el CO<sub>2</sub> en forma de metano (Madondo y Chetty, 2022). Otra de las ventajas es la producción de energía renovable (Caposciutti et al, 2020).

Los residuos agrícolas por naturaleza son lignocelulósicos porque contienen un alto volumen de carbono (Ginni et al., 2021). Por lo expuesto una desventaja de los residuos agrícolas (cáscaras de café) es que contienen componentes lignocelulósicos por consiguiente ocasiona rigidez estructural a las paredes celulares (Forero et al 2019). El uso de residuos agrícolas conlleva un pretratamiento para la eliminación de los componentes lignocelulósicos (Dos Santos et al, 2018).

Por lo tanto, este estudio tuvo una justificación ambiental, porque los desechos agrícolas (cáscara de café y plátanos) serán reutilizados como sustrato mediante la codigestión anaerobia para la generación de biogás, esto permitirá minimizar la contaminación ambiental. Asimismo, en lo económico la metodología que se utilizó es una alternativa accesible porque tiene un bajo costo, por lo que permitirá gozar de una energía renovable como es el biogás y así de esta forma

se podrá reemplazar el gas comercial. En lo social, la calidad de vida de la población será mejor y permitirá que las personas puedan aprovechar sus residuos generados y de esta forma podrán generar su propia energía renovable.

Se plantea como problema general:

**PG:** ¿Es la codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno adecuada para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022?

Y como problemas específicos:

**PE1:** ¿Qué condiciones de pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano se requieren para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano?

**PE2:** ¿Qué condiciones de operación de la codigestión anaerobia se requieren para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano?

El objetivo general de esta investigación es:

**OG:** Evaluar la codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022.

Y como objetivos específicos:

**OE1:** Analizar las condiciones de pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano que se requieren para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano.

**OE2:** Analizar las condiciones de operación de la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano.

Como hipótesis general tenemos:

**HG:** La codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno es adecuada bajo ciertas condiciones para obtener biogás a escala laboratorio, 2022.

**HE1:** Existen ciertas condiciones de pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano significativas para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano.

**HE2:** Existen ciertas condiciones de operación de la codigestión anaerobia óptimas para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano.

## II. MARCO TEÓRICO

Se investigó sobre la codigestión anaerobia, con los mismos sustratos, pero en diferentes condiciones y tratamientos previos (eliminación de componentes lignocelulósicos) que actúan en el proceso y que conllevan a la obtención de biogás.

Los antecedentes presentados a continuación fueron los más relevantes y con ellos se hará la comparación de resultados obtenidos en la investigación.

Serna *et al.* (2021), señalaron sobre la valorización en los residuos de cáscaras de plátano como diversas fuentes de energía renovable, usando 2 reactores continuos de 1 litro a temperatura mesófila (35°C), el tiempo máximo para la biometanización fue de 50 horas por cada carga; los sustratos se recircularon dentro del digestor después de centrifugados a 2000 rpm, la carga se activó a los 21 días de iniciado el experimento teniendo 60 días como tiempo total del experimento. El AME del inóculo fue de 68 ml de CH<sub>4</sub> / g DQO (STP: 1 atm y 0° C). No hubo tratamientos previos para las cáscaras de plátano.

Kampioti y Komilis, (2022), analizaron la codigestión anaerobia de desechos de café, estiércol de vaca y residuos alimentarios domiciliarios, para ello usaron 20 recipientes de 500 ml a temperatura mesófila (37°C). El tiempo del experimento fue de 30 días. Se mantuvo una relación de Inóculo / Sustrato de 2:1 (SV) La mezcla de café y lodos obtuvo 201 ml de biogás a diferencia de la mezcla de café con estiércol de vaca que tuvo un efecto negativo en la generación de biogás. Cabe recalcar que no hubo ningún tratamiento para la cáscara de café.

Kim *et al.*, (2017), estudiaron la codigestión anaerobia en los posos de café, de residuos alimentarios del campus UNIST en Corea, algas marinas y suero de leche. Se usaron 69 botellas de 120 ml y 23 de ellas a condiciones diferentes, las botellas se mantuvieron a 35°C con agitación manual intermitente por 28 días. La mezcla entre residuos de comida y lodos obtuvo 0.355 L de metano siendo la más alta a diferencia con la codigestión de lodos y café que consiguieron 0,805 – 0,907 sucesivamente.

Barua *et al*, (2019), determinaron que codigestión anaerobia de cáscaras de plátano junto al jacinto de agua usando pretratamientos térmicos. Se realizaron 2 pruebas para PBM, la muestra 1 tenía jacinto de agua y cáscaras de plátano sin tratar y la muestra 2 tenía ambos sustratos pretratados en un horno a 90°C por 1 hora. Se usaron 2 reactores de 1 litro, se mezcló en un agitador a 150 rpm durante 2 horas. El tiempo del experimento fue de 50 días. Se concluye que las mezclas de cáscaras de plátano con jacinto de agua pretratadas obtuvieron un mejor resultado en la obtención de biogás.

Achinas *et al*, (2019), evaluaron la obtención de biogás por medio de la digestión anaerobia con cáscara de plátano. Se usaron botellas de 300 ml manteniéndose a una temperatura mesófila de 36° C, se agitó 2 veces por día durante todo el experimento. Los resultados mostraron que agregar estiércol de vaca refuerza la degradación, además las muestras con cáscaras de plátano pretratado junto con estiércol de vaca evidencian una mejor producción de biogás.

Widjaja *et al*, (2021), analizaron el rendimiento en la producción de biogás de pulpa de café con estiércol de vaca usando un reactor discontinuo. Se realizó un pretratamiento a los residuos de café con peróxido de hidrógeno alcalino para luego pasar a un pretratamiento con líquido ruminal. Se empleó un envase con 3.6 litros de volumen de trabajo a una temperatura mesófila de 37°C. El experimento duró 40 días. Los resultados indicaron que la mezcla de pulpa de café pretratado, estiércol de vaca y líquido ruminal tuvo una mejor generación de biogás.

Gebrelibanos (2018), investigó sobre la digestión anaerobia partiendo de estiércol de vaca, cáscaras de plátano y mango. Se usaron 3 digestores teniendo una relación desustrato / agua de 1:10, el tiempo de retención fue de 15 días a una temperatura mesófila de 26 – 35°C. Se concluyó que el digestor con las mezclas secas de cáscaras de mango y plátano con estiércol de vaca, obtuvieron una mayor producción de metano de 43,5 litros a diferencia de las muestras frescas que obtuvieron 8 litros de biogás.

Batool et al, (2020), estudiaron el PBM de residuos orgánicos mediante codigestión. Se emplearon digestores de 1 L para un volumen de producción de 500 ml, a una T° mesófila de 35°C con un tiempo de retención de 30 días; se agitó manualmente durante 30 segundos. Resultando que la codigestión de los restos de alimentos y estiércol de vaca producen 58,63% de metano siendo la mayor cantidad de biogás a diferencia de la mono digestión.

Noonari *et al*, (2019), evaluaron la codigestión anaerobia de desechos agrícolas y estiércol de búfalo aplicando nanopartículas de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Se caracterizaron y sintetizaron las nanopartículas, incluyendo 5 dosis diferentes (0.4, 0.5, 0.81, 1.22 y 1.63 mg) aplicando 5 g usando una relación de (40:60) en paja y estiércol de búfalo y una relación de (60:40) en cáscaras de plátano y estiércol de búfalo. Se obtuvo un rendimiento máximo de metano de 256 ml en una dosis de 0.81 mg de nanopartículas en la codigestión de en paja y estiércol de búfalo.

Dong et al, (2022), examinaron la mejora de la producción del biometano en la digestión anaerobia añadiendo nanopartículas de hierro y cobre. El experimento se realizó en un matraz de 250 ml a una temperatura constante de 35° C. Se usaron 3 muestras, 1 de nanopartículas de hierro (1.5 g/L), 1 nanopartículas de hierro / cobre (1 g/L) y nanopartículas de cobre (1.5 g/L) donde se concluyó que la producción de metano fue mayor con las nanopartículas de hierro obteniendo 701.22% y con nanopartículas de cobre 12.20%.

Ali et al, (2019), investigaron un modelado cinético para aumentar la digestión anaerobia por medio del uso de nanopartículas de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Se establecieron 4 diferentes experimentos con concentraciones diferentes de nanopartículas siendo 50,75, 100 y 125 mg /L, se realizó a temperatura mesófila de 37°C durante 60 días. Se concluyó que la muestra que tenía el 75 mg /L de nanopartículas obtuvo más del 50%de reducción de los sólidos volátiles.

Li et al, (2021), determinaron la generación de metano mediante tridigestión anaerobia con desechos orgánicos. Adiciona magnetita al digestor junto a los desechos de alimentos, cocina y frutas. Se concluyó que al añadir magnetita

aumentó la productividad de metano, siendo el máximo de 592.56 ml / g SV con una dosis de 6 g/L de magnetita.

Liu et al, (2021), analizaron el efecto de diferentes nanopartículas de Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> para generar metano en paja de trigo. Se prepararon cargas positivas, negativas y sin carga. Los experimentos se realizaron en un frasco cristal de 500 ml y al 6% de ST.

Resultó que las nanopartículas que tienen cargas negativas tuvieron mayores alcances en metano, siendo 333.14 ml.

Huamán et al, (2022), evaluaron la obtención de biogás por medio de digestión anaerobia con estiércol porcino y polvo de magnetita. Se pulverizó la magnetita de 0,5 mm a 1 mm. Se usaron 6 botellas de 2,16 litros y se conservó a una temperatura continua de 35°C en condiciones mesófilas. Se concluyó que el polvo de magnetita tuvo un efecto significativo en la digestión anaerobia, obteniendo una generación máxima de  $3.82 \cdot 10^{-2}$  de metano / kg SV.

**Codigestión anaerobia:** La codigestión anaerobia es considerada una opción para el aprovechamiento de los desechos orgánicos para producir bioenergía y conseguir una bioeconomía circular (Shu – Yuan et al, 2021).

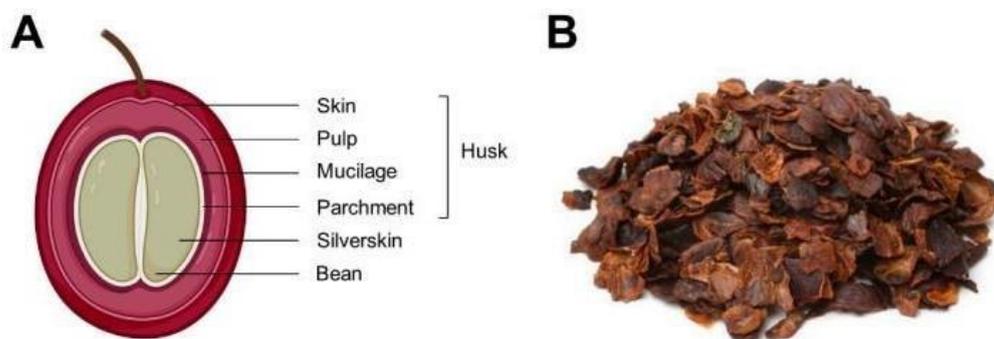
Permite el tratamiento de dos o más sustratos proporcionando un mejor equilibrio en el crecimiento de la población microbiana que interviene en la digestión (Tyagi et al, 2018).

**Tabla 1.** *Etapas de la digestión anaeróbica*

ETAPA	PROCESO
<b>Hidrólisis</b>	Esta es la primera etapa de la digestión anaeróbica, en la que los residuos orgánicos se hidrolizan y las moléculas en ácidos grasos volátiles (AGV) y otros subproductos.
<b>Acidogénesis</b>	En este paso los residuos orgánicos disueltos generados a partir de la hidrólisis se convierten en productos como AGV.
<b>Acetogénesis</b>	Se encargan de descomponer los ácidos orgánicos, ácido propiónico a través del hidrógeno.
<b>Metanogénesis</b>	Son los productos finales como el sustrato para generar metano.

Fuente: Li et al.(2021)

**Componentes del café:** La fruta madura se recolecta y se procesa principalmente mediante dos métodos: con el procesamiento seco o húmedo, donde el secado de las cerezas de café se seca a luz solar. Las cascarillas de café se desintegran en el siguiente paso de descascarillado, la cascarilla de café está compuesta de cascarilla, pulpa, mucílago, pergamino y parte de la piel plateada (Rebollo et al.,2021).



**Figura 1.** Composición del café (A) Grano de café (B)

Fuente: Rebollo et al., (2021)

**Pretratamiento del café:** Los residuos de café tienen un alto volumen de carbohidratos, de los cuales de 16 - 43% son celulosa y de 7- 29% hemicelulosa (Montoya et al, 2019).

El pretratamiento permite reducir la cristalinidad y dureza en la estructura lignocelulósica mediante el aumento del acceso enzimático y la fermentación, libera inhibidores en cantidades bajas (Ahmad et al, 2018).

**Componentes lignocelulósicos:** Los residuos agrícolas presentan componentes lignocelulósicos (lignina, celulosa, hemicelulosa), los cuales tienen potencial para la digestión anaeróbica sin embargo, debido a que son materias primas cuyo contenido recalcitrante es elevado requiere pretratamientos (Shrestha et al, 2017).

*Tabla 2. Componentes lignocelulósicos del café*

<b>Composición</b>	<b>Putri et al., 2019</b>	<b>Kurniwati et al.,2016</b>	<b>Braham y Bressani 1979</b>
Celulosa	18.19 %	53.42 %	17.7 %
Hemicelulosa	5.46 %	24.1 %	2.3 %
Lignina	17.56 %	6.1 %	17.5 %

Fuente: Putri et al., (2019)

**Tratamientos para la lignina:** Los residuos de café contienen lignina, por lo que se dificulta el acceso de microorganismos para que se pueda degradar y esto causa unadigestión débil. Aunque algunos pretratamientos como el tratamiento alcalino con hidróxido de sodio NaOH han dado un resultado positivo puesto que aumentó significativamente la producción de metano (Li et al, 2020).

**Tabla 3. Tratamientos lignocelulósicos con NaOH**

Fuente: Elaboración propia

**Actividad metanogénica específica:** La prueba de actividad metanogénica específica (AME) determina la mayor producción de metano (CH<sub>4</sub>) según la biomasa microbiana mientras se encuentra en un ambiente controlado (Zhang et al, 2020). Mide los niveles de microorganismos metanogénicos presentes en el inóculo en diferentes condiciones (Hussain y Dubey, 2017), (Ripoll et al, 2022).

El proceso que se desarrolla por la degradación de los microorganismos atraviesa por 4 fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis; siendo la hidrólisis la principal por ello se busca maneras de acelerarla para maximizar la creación de biogás (Zamri et al, 2021).

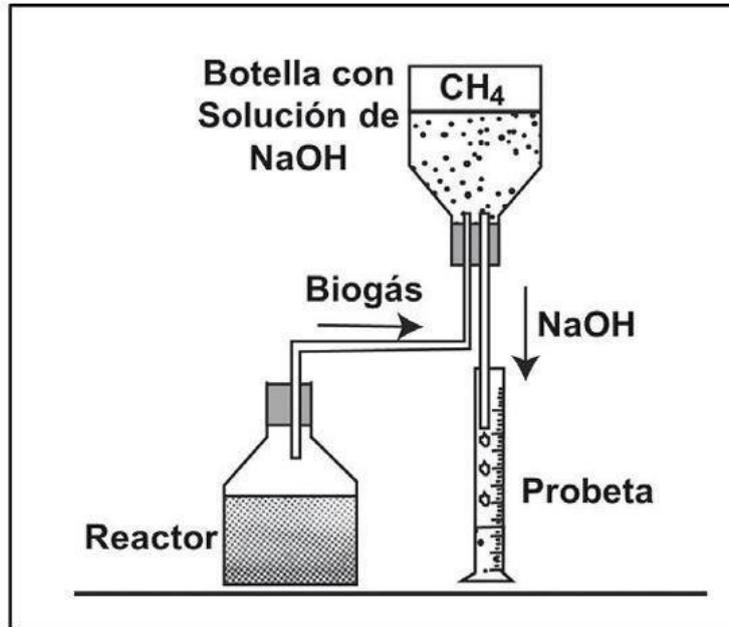


Figura 2. Diagrama Actividad Metanogénica específica (AME)

Fuente: Zhou et al., (2019)

Se aplica del modelo Gompertz con algunas modificaciones:

$$P_{net}(t) = P_{max} \times \exp \left\{ -\exp \left[ \frac{R_{max} \times e}{P_{max}} \times (\lambda - t) + 1 \right] \right\}$$

Dónde:

$P_{net}(t)$  = Producción acumulada neta de metano en el tiempo (t)

$P_{max}$  = denota el potencial de producción de metano

$R_{max}$  = indica la máxima producción de metano

$\lambda$  = tiempo de fase de retardo

t = tiempo de la digestión anaerobia

e = indica el logaritmo natural

Tabla 4. Modelos Cinético

TÍTULO	MODELO	SUSTRATOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS	AUTOR
Procesamiento anaeróbico de una mezcla de estiércol de vaca, ensilado de maíz y pulpa de remolacha azucarera después de un pretratamiento térmico y estudios de modelos cinéticos	-Modelo Gompertz -Modelo Bertalanffy	-Estiércol de ganado -Remolacha Maíz	Material: Digestor de 500 ml PH: 7 T : 30 días T°: 39 C° Velocidad de agitación 600 10 000 rpm	Modelo Gompertz Bo: 60.00%  Modelo Bertalanffy Bo: 40.00%	Senol et al., (2020)
Oportunidades y desafíos: análisis experimental y cinético de la codigestión de desperdicios y flujos de procesamiento industrial producción de biogás	Primer Orden Modelo Gompertz	Restos de Alimentos  Lodos  Harina de carne	Material: Digestor de 500 ml PH: 7 T : 40 días T°: 40.5 C°	Primer Orden  0.099 d  VS 0.55 – 3.63  Modelo Gompertz  0.126 d	Bedoic et al., (2020)
Micronutrientes binarios y ternarios para la digestión anaeróbica mejorada del estiércol de vaca: un modelo cinético centrado en la producción de biogás y la	Primer orden	Estiércol de ganado  Lodo	Digestor 500 ml  pH: 7  T°: 36  Velocidad de agitación 400	Primer orden  2.71828 d	Wang et al., (2021)

utilización biorresiduos	de					
-----------------------------	----	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

**Cinética de digestión anaerobia:** Es importante durante la digestión anaerobia para el estudio del crecimiento de microorganismos productores de metano, en diferentes condiciones (Hussain y Dubey, 2017).

Se aplica la ecuación de Monod:

$$\mu = \mu_{\max} \frac{C}{C + K_M}$$

Dónde:

$\mu$  = tasa específica del crecimiento de biomasa

$\mu_{\max}$  = tasa máxima de crecimiento

$K_M$  = constante de semisaturación

$C$  = concentración del sustrato limitante

Las constantes cinéticas definen la rapidez en las reacciones biológicas en la digestión anaerobia (Hussain y Dubey, 2017).

**Potencial bioquímico de metano:** El PBM es la fracción máxima de metano que se puede recuperar de un sustrato por masa de materia orgánica del sustrato como S/V o DQO (Koch et al, 2020).

La estimación del PBM es una técnica crucial para determinar la digestión anaerobia en los residuos orgánicos (Silva et al, 2018).

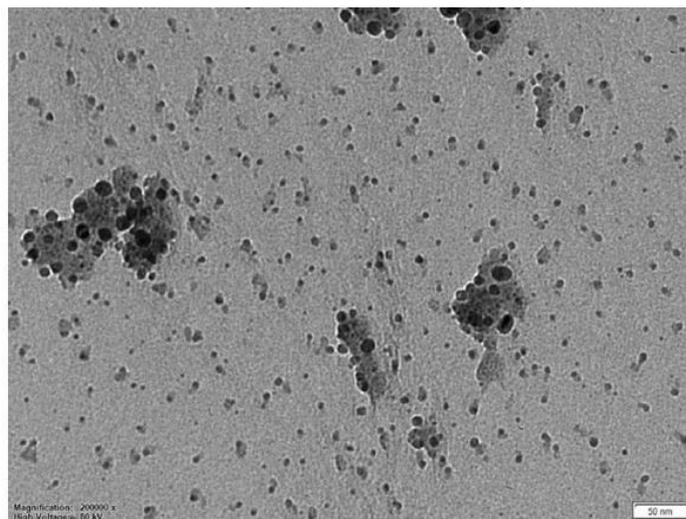
**DQO:** Es la cantidad de oxígeno que se requiere para descomponer las materias orgánicas presentes en el agua se le conoce como la demanda química de oxígeno. (Sukmawati et al., 2021).

**DBO5:** La Demanda Bioquímica de Oxígeno, es un indicador de la contaminación orgánica en el agua relacionado con la contaminación microbiana (Vigiak et al.,2019).

**Alcalinidad:** Se cree que la alcalinidad en la digestión anaerobia aumenta la estabilidad del digester anaeróbico y la producción de metano porque contienen una pequeña de alcalinidad que inhibe la digestión anaerobia (Ferreira et al, 2021).

**Nanopartículas de hierro:** La aplicación de nanopartículas estimula a los microorganismos promoviendo el crecimiento microbiano y mejora el rendimiento de biogás (Zhang et al, 2018).

La adición de NP de hierro tienen un desempeño importante en la digestión anaerobia ya que aumentan una mayor producción de biogás en corto tiempo para ello también es importante la cantidad de aditivo que se tiene que agregar en la concentraciones (Mohammad,et al., 2019).



*Figura 3. Nanopartículas de hierro tamaño 50 nm*

**Fuente:** Demirezen,et al.,(2019).

**Síntesis verde:** La síntesis “verde” es una herramienta importante para disminuir la destrucción de los efectos positivos asociados con los métodos tradicionales de síntesis de nanopartículas utilizados en la industria y laboratorio (Singh et al, 2018).

**pH:** El potencial de hidrógeno afecta en el desarrollo de la digestión anaeróbica ya que su rango influye positiva o negativamente en él, para este proceso el rango ideal es de 6,8 – 7,4 (Kainthola et al, 2019).

**Temperatura:** Es un parámetro importante para determinar la supervivencia de los microorganismos presentes en la digestión anaerobia (Kainthola et al, 2019).

Se categorizan por rangos de temperatura, existen 3 rangos; psicrófila (menor de 30°C), mesófila (30° a 40°C) y termófila (50 – 60°C) (Nandi et al, 2020).

**Sólidos totales:** Los sólidos totales precisan el tamaño de materia seca que queda después de eliminar la humedad de una muestra húmeda (Masando et al, 2020).

**Sólidos volátiles:** El parámetro de sólido volátil (SV) que se obtiene de una muestra después de secar la muestra (Saha et al, 2020).

**Relación carbono / nitrógeno:** Es indispensable la relación adecuada de carbono y nitrógeno (C/N) porque con ello se mantiene el equilibrio de los nutrientes necesarios para el crecimiento microbiano y conseguir un rendimiento de metano óptimo (Tyagi et al, 2018).

**Biogás:** Es un combustible renovable, que tiene diversos usos como sustituto de gas, generador de electricidad / calor y como combustible para transporte (Tyagi et al, 2018).

**Producción de biogás:** La obtención de biogás fue medida en g en DQO, tiempo y s/SV (Hou, et al 2022).

**Composición de biogás:** Los principales componentes del biogás son el (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el hidrógeno. Estos gases se miden utilizando un cromatógrafo equipado con un detector de conductividad térmica (Kim et al, 2019).

Tabla 5. Composición de biogás

<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>Referencia</b>
40 – 75 %	15 – 60%	0-5%	< 2%	0-5000 ppm	Bharathiraja et al., (2018)

Fuente: Elaboración propia

**Biogás en el mundo:** La producción de biogás a partir de productos agrícolas se puede realizar de varias formas en todo el mundo. La producción de bienes agrícolas de bajo costo en Alemania, requiere poco procesamiento (pero al no tener un impacto en los consumidores) sirve como materia prima para las plantas de biogás (Abanades et al., 2021).

Tabla 6. Plantas de biogás en el mundo

<b>País</b>	<b>Plantas de Biogás</b>
<b>Alemania</b>	<b>94</b>
<b>Austria</b>	<b>9066</b>
<b>Italia</b>	<b>1264</b>
<b>Suecia</b>	<b>187</b>
<b>Países Bajos</b>	<b>211</b>

Fuente: Abanades et al.,(2021)

**Uso del biogás:** Una alternativa que se está promoviendo es el biogás, para la implementación de esta tecnología como fuente energía renovable en pequeñas viviendas ha sido satisfactoria, esta alternativa tiene como fin satisfacer las necesidades socioeconómicas usando el biogás para cocinar sus alimentos Nazia y Phillip (2020).

### **III. MÉTODO**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

La investigación es aplicada porque su objetivo es solucionar un problema específico, enfocándose en la búsqueda de conocimientos para su aplicación (Cevallos et al 2017, pg.12).

El enfoque del estudio es de tipo cuantitativo, dado que se basa en la recolección previa de datos para comprobar hipótesis basadas en análisis estadísticos para comprobar teorías (Hernández, Fernández y Baptista, pág. 37).

El tipo de investigación es aplicada porque se basa en los principios de codigestión anaerobia y en la combinación de sustratos de café y plátano capaz de brindar una relación C/N óptima para la acción bacteriana, así como el desarrollo del enfoque químico para la degradación de la lignocelulosa del café, tales fundamentos han permitido establecer la hipótesis general que es mejorar los proceso para producir biogás.

El diseño es experimental puro porque existe una manipulación intencional de la variable independiente como también permite medir la variable dependiente. Como también se realizaron prepruebas y postpruebas para posteriormente analizar la evolución de los grupos del antes y después del tratamiento (Hernández, Fernández y Baptista, pág. 141).

La investigación es experimental puesto que se ha considerado manipular la variable codigestión anaerobia cuyo efecto será medido a través de variables respuesta tales como la producción de biogás y de otros parámetros intervinientes como sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), potencial de hidrógeno (pH) y la actividad metanogénica específica (AME) con el objetivo de generar biogás, por lo tanto, se manipularon las variables con ayuda de los instrumentos de recolección.

#### **3.2 Variables y operacionalización**

**Variable dependiente:** Biogás

**Variable independiente:** Codigestión anaerobia

Ver Tabla 2 (matriz)

Tabla 7. Matriz de Operacionalización

Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022					
VARIABLES	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<u>V. DEPENDIENTE</u>  Biogás	El biogás es un combustible gaseoso renovable que se obtiene por medio de la digestión de materias primas que provienen de la agricultura, sectores industriales y municipales (Naseem et al, 2018).	La obtención del biogás será evaluada por su composición y el periodo.	Composición	CH <sub>4</sub> , otros (mg/L, %)	Ordinal
			Periodo	Días, horas	Ordinal
<u>V. INDEPENDIENTE</u>	La codigestión anaerobia consiste en una mezcla de varios sustratos estableciendo un equilibrio nutricional,	Para llegar a la codigestión anaerobia será por diversos procesos empezando por el	Pre tratamiento del café	Componentes lignocelulósicos	Ordinal
				Síntesis verde NP de hierro	

Codigestión anaerobia	determinado la proporción de cada sustrato al momento de realizar la digestión anaeróbica (Sillero, et al 2022).	pretratamiento del café, pruebas de generación de metano, y condiciones de operación de digestión anaerobia.	Optimización de codigestión anaerobia	AME	Ordinal
				PBM	
				pH	
				Temperatura	
				Sólidos totales (ST)	
				Sólidos volátiles (SV)	
				Alcalinidad	

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

La población es un conjunto donde los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Hernández, Fernández y Baptista, pág. 174).

Nuestra población es un mercado local quien nos brindó los residuos orgánicos (cáscaras de plátano), la cafetera donde se obtuvo los residuos de café y el estiércol de vaca que se obtuvo de una granja lechera local.

#### **3.3.2. Muestra:**

Una muestra es un subgrupo de la población o universo que le interesa, sobre el cual se recopilarán los datos relevantes, y debe ser representativo de esa población (Hernández, Fernández y Baptista, pág. 174).

La muestra de plátanos se obtuvo del mercado local, los residuos de café fueron enviados de una cafetalera ubicada en Chanchamayo. Asimismo, el estiércol de vaca se recolectó de una granja local.

#### **3.3.3. Muestreo:**

El muestreo será no probabilístico por conveniencia, ya que las muestras a analizar serán elegidas al inicio y al final del procesamiento, y por su accesibilidad (Rosas, 2018).

Se utilizó el muestreo aleatorio simple, lo que significa que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para en la muestra (Arias y Covinos, 2021, p.114).

#### **3.3.4. Unidad de análisis:**

Se utilizaron 33 unidades experimentales para ello se utilizó diferentes software como Microsoft Excel donde se utilizaron pruebas estadísticas, para el análisis de los datos obtenidos en la codigestión anaerobia de cáscaras de plátano y café con inóculo de vaca.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El método utilizado en esta investigación fue la técnica observacional donde se describieron detalladamente en fichas de observación los datos obtenidos en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo, sede de Lima Este.

El análisis documental, es el conjunto de operaciones cuyo fin es representar las técnicas de información obtenida de una manera distinta al original; esto es con la finalidad de permitir su recuperación e identificación (Casasempere y Vercher ,2020).

La técnica realizada es mediante la observación directa y fichas de registro, debido a que el investigador aprende de ello; de igual manera se usó la técnica de la experimentación donde se logran obtener datos que son evaluados en base a parámetros para su estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Tabla 8. Técnicas de recolección de datos

Técnica	Referencia
Actividad Metanogénica Específica (AME)	<ul style="list-style-type: none"><li>● Acarley, 2018</li><li>● Soto, et al.,1992</li></ul>
Potencial Bioquímica de Metano	<ul style="list-style-type: none"><li>● Naseem, 2018</li><li>● Biswanath et al, 2020</li><li>● Barua <i>et al</i>, (2019)</li></ul>
Tratamiento de cáscara de café y plátano	<ul style="list-style-type: none"><li>● Li et al, 2020</li><li>● ZAHOR, Atif, et al., 2021</li><li>● COELHO, Gisella O., et al, 2021</li></ul>
Síntesis verde de nanopartículas	<ul style="list-style-type: none"><li>● Demirezen,et al 2019</li><li>● Jamzad y Kamari. 2020</li><li>● Amo-Duodu et al (2020)</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

Las fichas aplicadas para el registro se usaron para la recopilación de datos de:

- Ficha 1 : Medición de Componentes de Biogás.
- Ficha 2 : Componentes lignocelulósicos
- Ficha 3 : Pruebas de Generación de Metano - Actividad Metanogénica (AME).
- Ficha 4: Pruebas de Generación de metano - Potencial Bioquímico de Metano (PBM).
- Ficha 5 : Parámetros Físicoquímicos de los Sustratos e Inóculo.

La validez de los datos se detalla en la tabla 2, en el que se explica el equipo utilizado según el método aplicado. La fiabilidad de los mismos es por la calibración de todos los equipos.

#### 3.4.1. Validación de Equipos

*Tabla 9. Validez de los equipos utilizados*

<b>EQUIPO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>IMAGEN</b>
pH metro	Instrumento que sirve para medir el Ph de las soluciones (Wang et al.,2018).	YOWESA	YW-612	

medidor DQO	Instrumento empleado para medir los niveles de oxígeno en el agua (Belinawati et al.,2018).	Digimed	DM-COD	
DBO5	Son instrumentos que examinan la demanda bioquímica de oxígeno para investigar cuánto oxígeno se utiliza durante la descomposición microbiana (Huamán et al., 2022).	HACH	HQ440D	
Mortero	Instrumento de porcelana ideal para triturar sustancias sólidas.	SENNA	3-350	
Estufa	Instrumento que sirve para el secado a altas temperaturas a un tiempo establecido (Guia de usuario).	BINDER	ED-56	

<p>Tamizador Analítico</p>	<p>Instrumento que permite que las partículas se estratifican a un tamaño menor (manual de usuario).</p>	<p>W.S.TYLER – USA</p>	<p>W.S.TYLER – USA</p>	
<p>Espectrofotómetro</p>	<p>Instrumento empleado para detectar la concentración de sustancia en una solución mediante la fotometría (Guía de usuario).</p>	<p><b>Genesys</b></p>	<p><b>10S UV-VIS</b></p>	
<p>Mufla</p>	<p>Instrumento que sirve para calentar muestras (Kumavat, 2022).</p>	<p>LABTRON</p>	<p>LMF-B22</p>	
<p>Detector Multigas</p>	<p>Instrumento que permite detectar gases múltiples (Reinelt et al., 2022).</p>	<p>ALTAIR</p>	<p>STD-810G</p>	

Termómetro Digital	Es un instrumento que sirve para medir la temperatura (Yi et al.,2020).	OEM	TP-101	
Agitador	Instrumento conformado por una varilla imantada que sirve para mezclar por medio de la agitación (Fatima et al.,2019).	USAMED	JH-3	
Centrífuga de laboratorios	Instrumento que tiene como fin separar los solutos de sus solventes.	LABTRON	LRF-A20	

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimientos

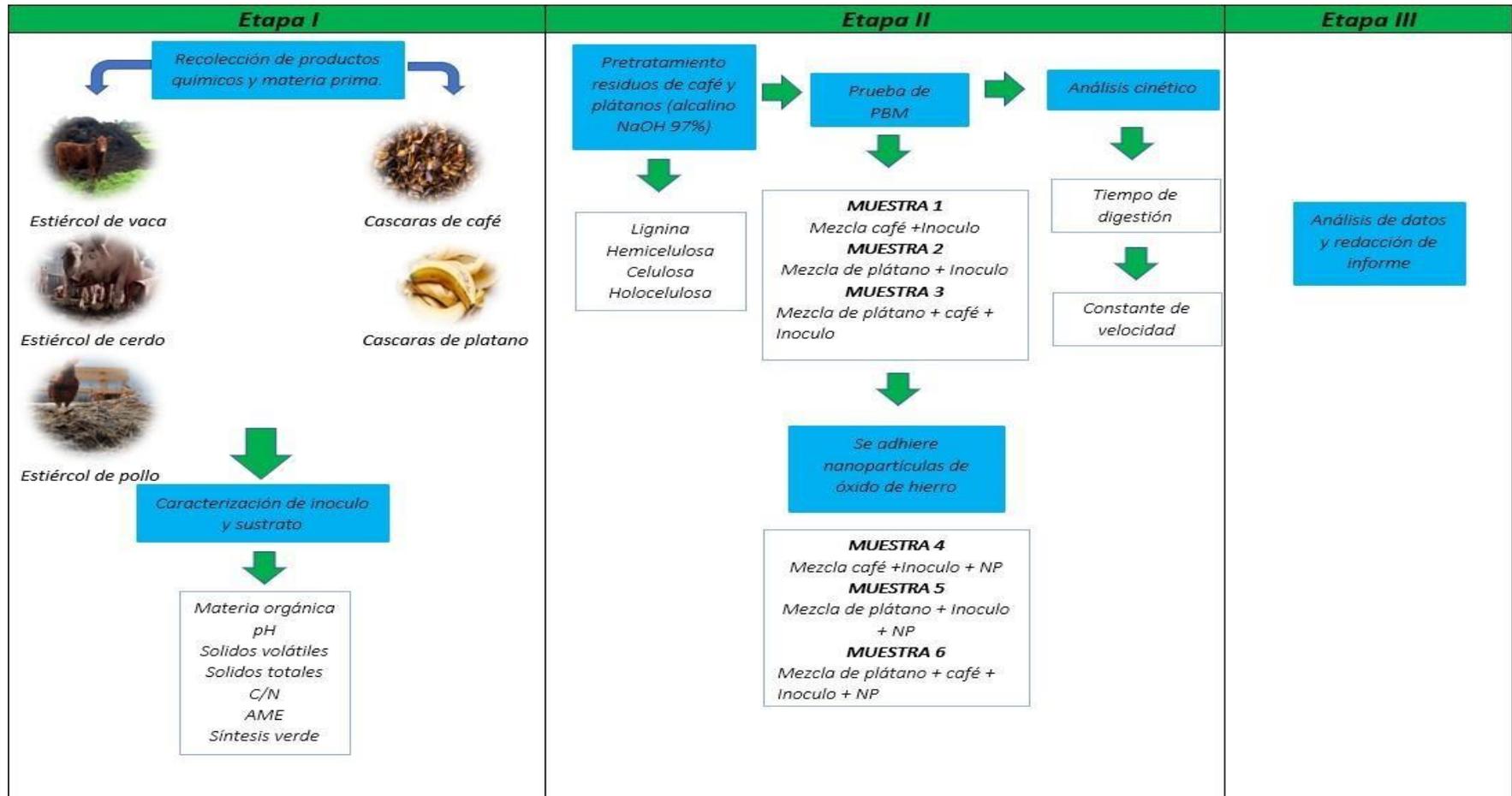


Figura 4. Flujo de investigación

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1. Recolección o adquisición de productos químicos y materias primas

Las cáscaras de café se obtuvieron del centro poblado Alto Penedo - Chanchamayo donde cuentan con más de 50 hectáreas para el cultivo del café. Las cáscaras de plátano fueron recolectadas en un mercado local. Se usó como inóculo, estiércol de vaca, el cual fue recogido de una planta lechera local que cuenta con más de 100 cabezas de ganado vacuno, dichas muestras fueron almacenadas y congeladas a < 20° C hasta la realización de los análisis correspondientes (Farhat, 2018).

Se realizó la caracterización con el fin de conocer todas las propiedades fisicoquímicas del sustrato e inóculo estos fueron analizados en varias partes iguales, el análisis de la materia orgánica, pH, sólidos volátiles, sólidos totales se realizó en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo.

Aplicando la metodología de Zambrano (2016), el estiércol recolectado se debe mezclar con agua en una relación 3:1 luego se deja reposar por 1 semana, para luego filtrar la mezcla separando los materiales gruesos del líquido que compone el inóculo metanogénico.

### 3.5.2. Síntesis verde Nanopartículas de óxido de hierro utilizando extracto de muña

Teniendo como referencia la metodología de Demirezen, et al (2019) con ciertas modificaciones se recolectó muña de un mercado local, luego de ello se procedió a realizar el secado a luz solar durante 2 días, finalmente con ayuda de una licuadora se procedió a triturar las hojas de muña, por consiguiente los residuos obtenidos se tamizaron a un tamaño de 8 mm. Se preparó el extracto de muña con una solución de 0.10 gr de muña y 150 ml de agua destilada en un matraz de 250 ml a una temperatura de 100 °C por 60 min. Se disolvió en un matraz de 250 ml 3.8 gr hexahidratado cloruro férrico con 100 ml de agua destilada durante 20 min. Con ayuda de un agitador magnético las soluciones obtenidas (extracto de muña y cloruro férrico) fueron agitadas en relación 1:1 por un promedio de 120 min a 100°C a 250 rpm después de haber transcurrido 60 min aprox se apreció un cambio de color repentino que evidencia la presencia de nanopartículas. La solución resultante se centrifugó a 6000 rpm por 30 min, finalmente el residuo obtenido se secó en una estufa a una temperatura promedio de 100 °C por 24 h.



Figura 5. Procedimiento para la obtención de nanopartículas de hierro

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3. Pre tratamiento del café y plátano

La pulpa de café se recolectó del centro poblado Alto Penedo - Chanchamayo. Después se procedió al secado a la luz solar durante 4 días, finalmente con ayuda del mortero se trituran a un tamaño de 2 mm aproximadamente para luego ser almacenadas en bolsas PET para su uso (Dos Santos, et al 2018).

Para el pretratamiento alcalino del material lignocelulósico se tuvo como referencia a Li et al, 2020 se utilizó un vaso de precipitado de 500 ml luego se agregó 1.5 gramos de hidróxido de sodio al 97%, también se agregó 325 ml de agua destilada y 25 gramos de café. Después se colocó en baño maría a 100° C durante 1 hora, se procedió a fijar el pH a neutro con la ayuda de ácido clorhídrico.

### 3.5.4. Actividad metanogénica específica (AME)

La caracterización fisicoquímica y microbiológica del inóculo se realizó aplicando la metodología de Soto (1992) para determinar la actividad metanogénica específica (AME).

Teniendo como referencia la metodología de Acarley (2018) para la prueba del AME por método volumétrico se armaron 6 sistemas con botellas de vidrio de 625 ml, donde 3 de ellos incluyen el inóculo y el sustrato estándar (ácido acético) y los 3 restantes son los blancos (inóculo solo) las pruebas se realizaron por duplicado, las botellas se conectan a un frasco invertido para conocer la producción de metano que fue medida

por el desplazamiento de la solución de NaOH al 2.5% con pH superior de 12. El CO<sub>2</sub> producido en los frascos de prueba forma carbonato por la reacción con el NaOH, por ello el metano desplaza el volumen líquido que es medido con probetas calibradas.



Figura 6. Sistema para el AME

El sustrato agregado es ácido acético que tiene 5 g/L de DQO inicial; además, se ajustó el pH a 7, asimismo las botellas se agitaron manualmente cada hora antes y después de cada medición. La prueba se realizó a temperatura ambiente (22° a 25° C)

La producción de metano se mide por el volumen que se desplaza en las probetas, esta medición debe ser constante hasta que la producción de biogás sea mínima. El AME se midió mediante la producción de metano (g en DQO), tiempo y g/SV (Hou, et al 2022). La actividad metanogénica específica fue calculada por la pendiente en las curvas de producción de CH<sub>4</sub> (Soto et al, 1992).

### 3.5.5. Prueba de potencial bioquímico de metano (PBM)

Para evaluar la efectividad en la obtención de biogás compuesta principalmente por metano, se tuvo como referencia a Naseem (2018) con ciertas modificaciones, se establecieron 9 muestras M1, M2, M3 residuos tratados y las muestras M4, M5, M6 que se le adhirió nanopartículas de hierro obtenidas mediante la síntesis verde y para las muestras M7, M8 y M9 se emplearon los sustratos sin tratamientos previos.

Tabla 10. Muestras para PBM

M1: Café tratado	M4: Café tratado + NP	M7: Café sin tratar
M2 Plátano tratado	M5: Plátano tratado + NP	M8: Plátano sin tratar
M3 Café + plátano tratado	M6: Café + plátano tratado + NP	M9: Café + plátano sin tratar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Diseño de tratamiento a temperatura mesofílica

<b>DOSIS (relación inóculo/s ustrato)</b>	<b>V. sustrat o (mL)</b>	<b>V. inóculo (mL)</b>
<b>M1</b>	50	200
<b>M2</b>	50	200
<b>M3</b>	25/25	200
<b>M4</b>	50	200
<b>M5</b>	50	200
<b>M6</b>	25/25	200
<b>M7</b>	50	200
<b>M8</b>	50	200
<b>M9</b>	25/25	200

Fuente: Elaboración propia

La PBM se realizó usando botellas de 500 ml, el potencial bioquímico de metano se ejecutó con estiércol de vaca (inóculo), cáscaras de café y cáscaras de plátano. Las cantidades de sustrato e inóculo fueron determinadas en base a los sólidos volátiles. El tiempo de duración del experimento será de 7 días y a una temperatura ambiente de 22°C (Biswanath et al, 2020). Las pruebas se fijarán a un pH neutro de 7 a 7.8 antes de empezar el experimento (Hussain y Dubey, 2017).

Con ayuda de un colador se filtró el estiércol de vaca (inóculo) para la preparación de muestras.



*Figura 7. Colado de estiércol de vaca (Inóculo)*



Figura 8. Preparación de las combinaciones de las cáscaras de café y plátano (sustratos)

Aplicando la metodología de Amo-Duodu et al (2020) se usaron 33 botellas de 500 ml que tendrán una tapa de goma con una salida para el gas que está conectada con una probeta. El volumen de trabajo fue de 400 ml (80%) y el espacio libre de 100 ml (20%). El biogás producido fue monitoreado todos los días. Las pruebas se realizaron por duplicado y se realizaron pruebas con blancos. Los reactores permanecieron a temperatura ambiente y se agitaron manualmente antes y después de las mediciones.

Se tuvo como referencia a Amo-Duodu et al, (2020) para el procedimiento de adición de nanopartículas de hierro, con algunas modificaciones. Se añadieron 0.1 gr de NP para aumentar la producción de metano.



*Figura 9. Sistema de codigestión anaerobia*

### **3.6 Método de análisis de datos**

Se utilizó el programa Microsoft Excel versión 2019 para analizar los datos obtenidos puesto que la investigación es experimental.

### **3.7 Aspectos éticos**

Todos los autores mencionados en la investigación se encuentran debidamente citados en las referencias bibliográficas al final del proyecto, los autores están comprometidos a respetar las investigaciones previas relacionadas a la línea de investigación.

Los análisis realizados en el laboratorio de la Universidad César Vallejo - Lima Este, tienen los equipos calibrados, con ello los resultados obtenidos para la experimentación se respetan.

### III. RESULTADOS

**OE1: Analizar las condiciones de pre-tratamiento del café y de pruebas de generación de metano que se requieren en la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás.**

#### **4.1 Pretratamiento de sustratos (cáscaras de café y plátano)**

El pretratamiento se realizó teniendo como referencia a Li et al, (2020) con algunas modificaciones, se usó el baño maría durante una hora a una temperatura de 100° C con una solución de 97% de hidróxido de sodio, luego se fija el pH a neutro.

*Tabla 12. Tratamiento para sustratos*

Sustrato	NaOH	pH Inicial	pH Final
<b>Plátano</b>	<b>97%</b>	<b>6.52</b>	<b>12</b>
<b>Café</b>	<b>97%</b>	<b>4.39</b>	<b>10</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2 Optimización de codigestión anaerobia**

##### **4.2.1. Síntesis verde de nanopartículas de Hierro**

El espectrofotómetro Uv – Visible (GENESYS 10S UV) es un equipo que se usó para medir la longitud de onda, que existe entre el valor de una misma cantidad de luz relativa a dos haces de radiación fotométrica, también describe las propiedades de las Np de Fe sintetizadas con muña estos son presentadas en dimensiones nm; la parte superior del gráfico confirma la presencia de nanopartículas

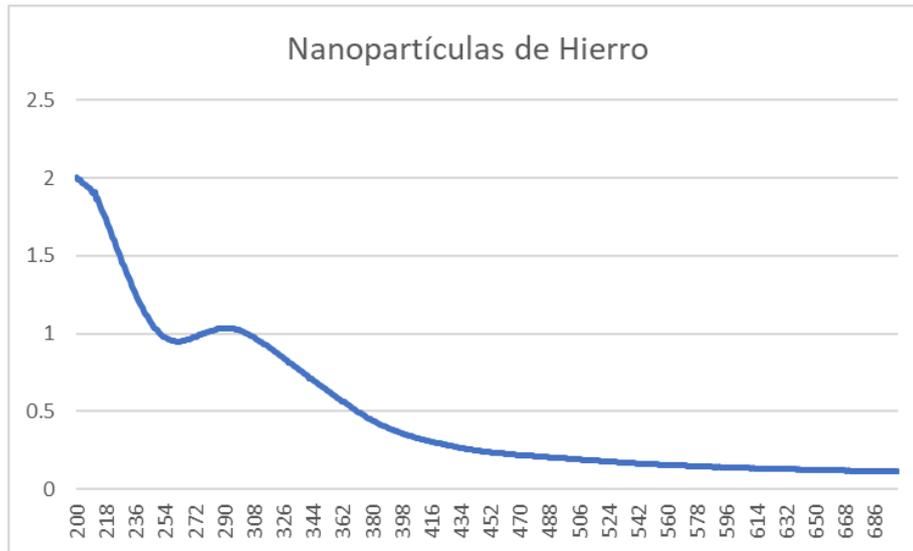


Figura 10. Espectro UV picos de absorción de las NPs

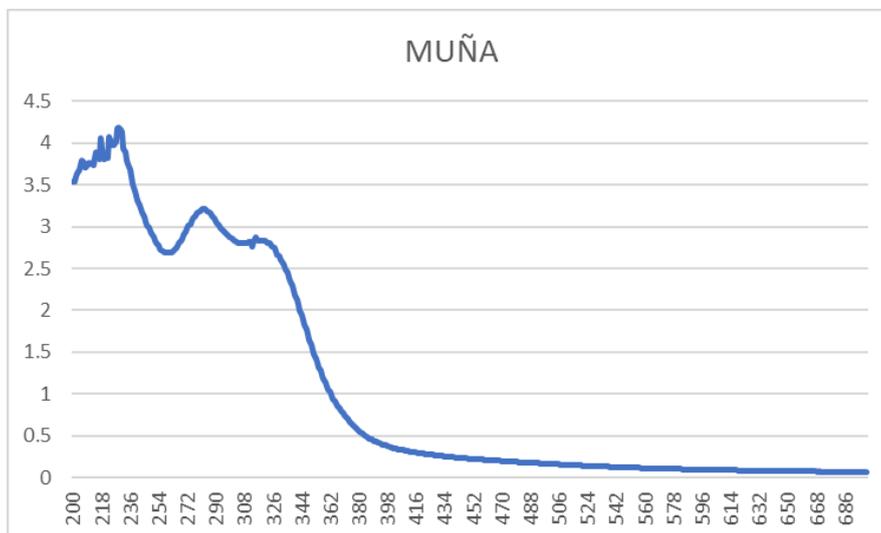


Figura 11. Espectro UV picos de absorción de la muña

#### 4.2.2. AME : Concentración de CH4

Se realizó una comparación de inóculos con el fin de obtener el más óptimo para el presente estudio. Las muestras fueron de: estiércol de pollo, estiércol de cerdo y estiércol de vaca; las muestras de pollo y cerdo fueron recolectadas de granjas locales y la muestra de vaca fue de una granja lechera en Huancayo.

Los datos recolectados durante el proceso del AME se presentan en el ANEXO 2.

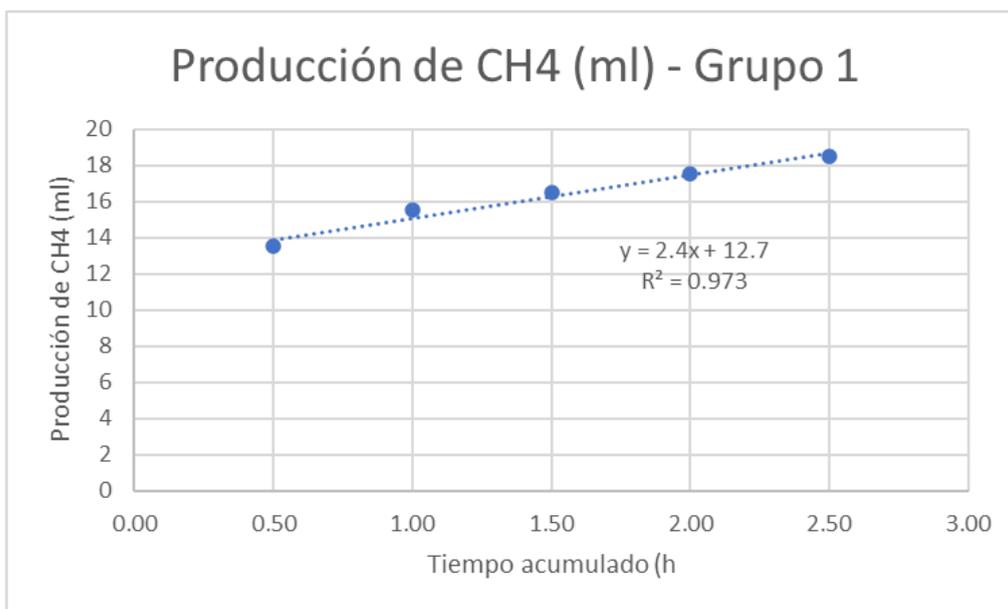


Figura 12. Curva de producción de metano (CH4) y determinación de la pendiente máxima: Estiércol de pollo (Grupo 1)

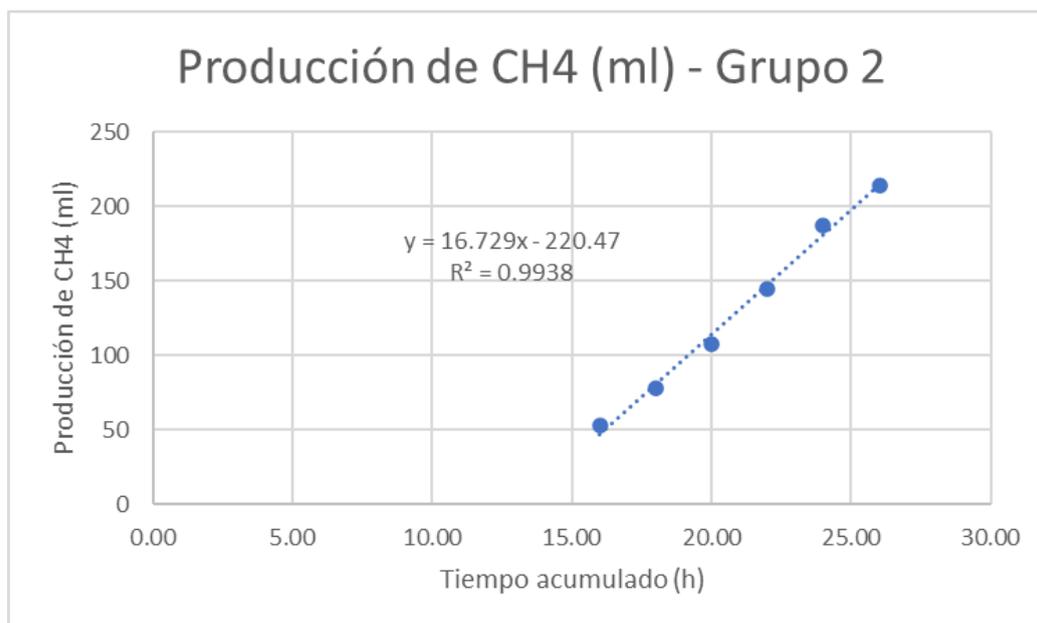
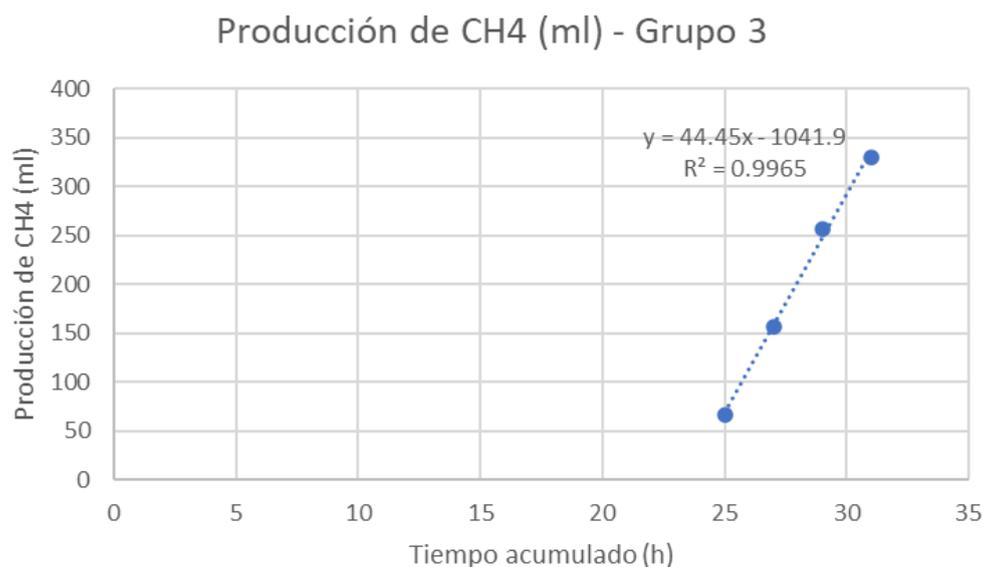


Figura 13. Curva de producción de metano (CH4) y determinación de la pendiente máxima: Estiércol de cerdo (Grupo 2)



*Figura 14. Curva de producción de metano (CH<sub>4</sub>) y determinación de la pendiente máxima: Estiércol de vaca (Grupo 3)*

A continuación se muestran los resultados obtenidos con la prueba de la actividad metanogénica específica para los grupos el grupo 1 (estiércol de pollo), 2 (estiércol de cerdo) y el grupo 3 (estiércol de vaca).

*Tabla 13. Resultados experimentales en la determinación de AME promedio de los dos grupos de trabajo*

	m	AME experimental (ml CH <sub>4</sub> /gSSV)	Producción CH <sub>4</sub> (ml/día)	Producción CH <sub>4</sub> (g/día)	Demanda de O <sub>2</sub> (g/día)	Kg DQO / día. Kg SV
Grupo 1 - Estiércol de pollo	2.4 ml CH <sub>4</sub>	0.00034783	57.6	0.03674673668	0.1469869467	0.05879477868
Grupo 2 - Estiércol de cerdo	16.729 ml CH <sub>4</sub>	0.001933988	401.496	0.256140066	1.02456026	0.40982411

Grupo 3 - Estiércol de vaca	44.45 ml CH <sub>4</sub>	0.002576 812	1066.8	0.680580 186	2.72232 074	1.08892 83
-----------------------------------	-----------------------------	-----------------	--------	-----------------	----------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que la actividad metanogénica específica (AME) para el grupo 2 (estiércol de cerdo) fue de 0.40982411 Kg DQO / día. Kg SV, mientras que para el grupo 3 (estiércol de vaca) fue de 1.0889283 Kg DQO / día. Kg SV. Sin embargo el resultado del grupo 1 (inóculo de pollo) fue de 0.05879477868 Kg DQO / día. Kg SV el cual no fue significativo.

Debido a que se obtiene mayor producción de CH<sub>4</sub> con el estiércol de vaca, se opta por usarlo como inóculo para el experimento.

#### **4.2.3. Potencial Bioquímico de Metano (PBM)**

Se utilizaron 4 botellas de 500 ml como digestores, siendo 2 botellas usadas como controles (blancos), teniendo un total de 33 botellas incluyendo blancos. Los digestores se operaron desde el día 04 de diciembre del 2022 a las 11:00 pm y se detuvo el día 11 de diciembre de diciembre del 2022 a las 0:00, el PBM se trabajó a una temperatura ambiente (20 - 25°C). Se realizaron mediciones constantes de CH<sub>4</sub>.

El volumen usado para cada digestor es de 400 ml, dejando como cabeza 100 ml para la acumulación de biogás. Teniendo como referencia a Fuentes y Vicente (2019) se mantuvo un volumen fijo de 200 ml de inóculo para cada digestor.

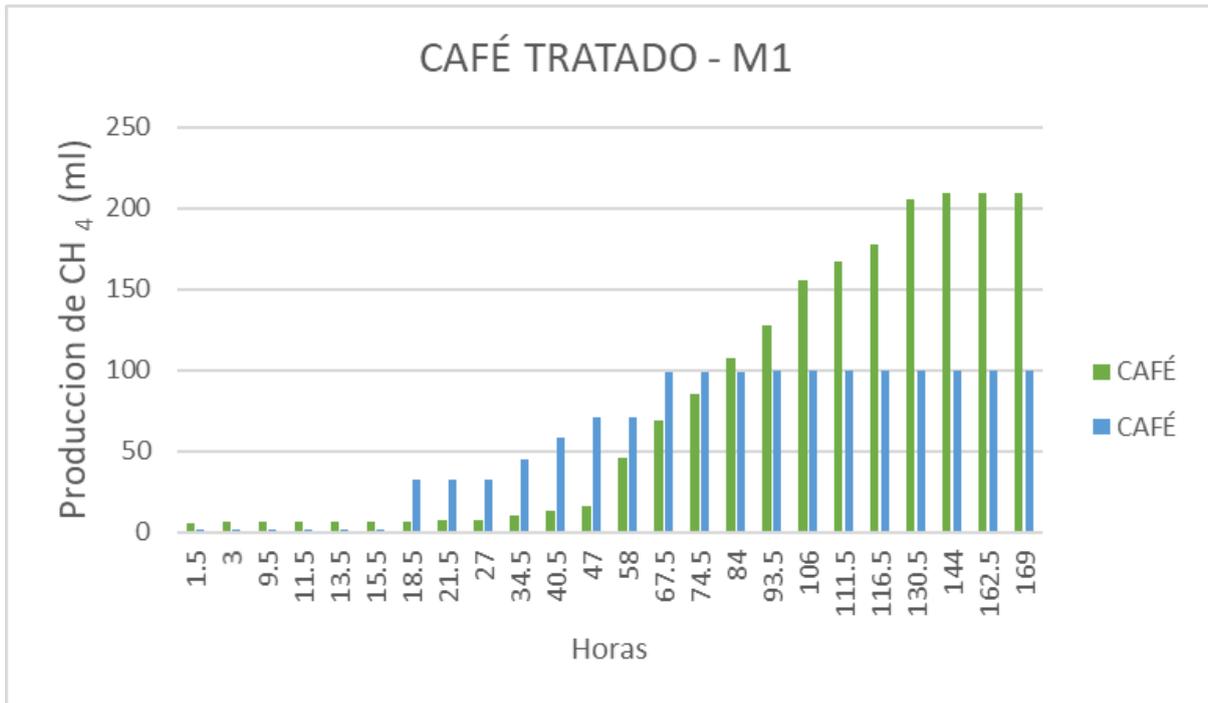


Figura 15. Producción de metano con cáscaras de café tratado

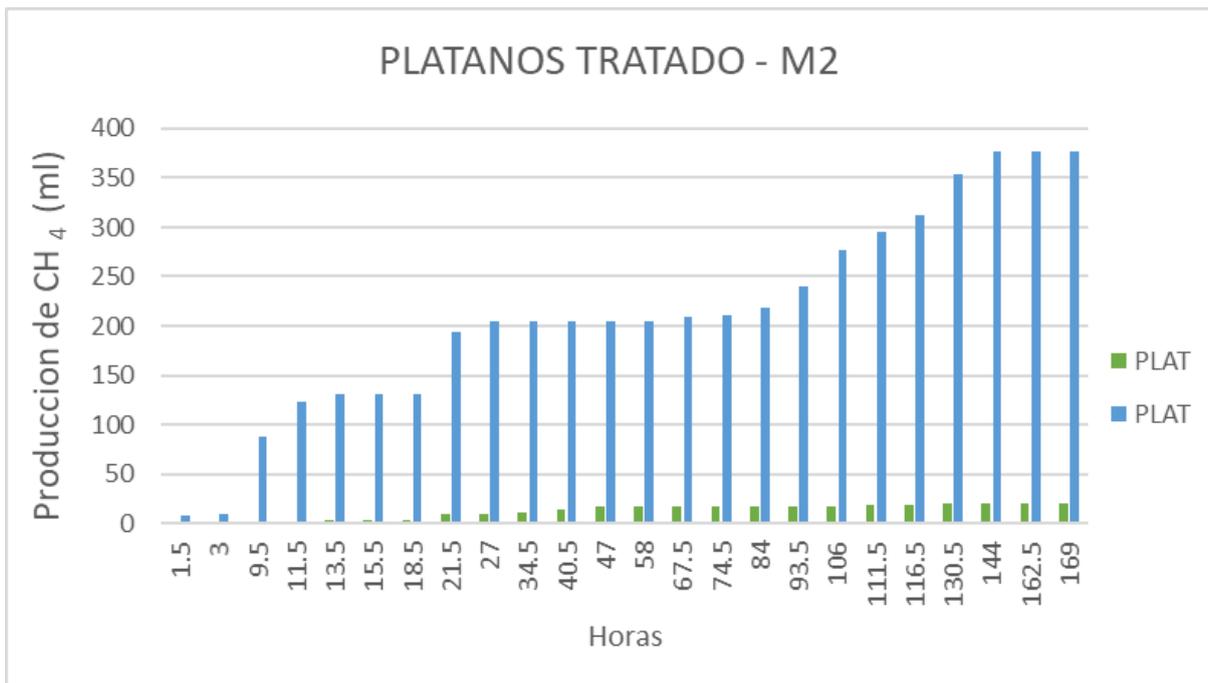


Figura 16. Producción de metano con cáscaras de plátano tratado

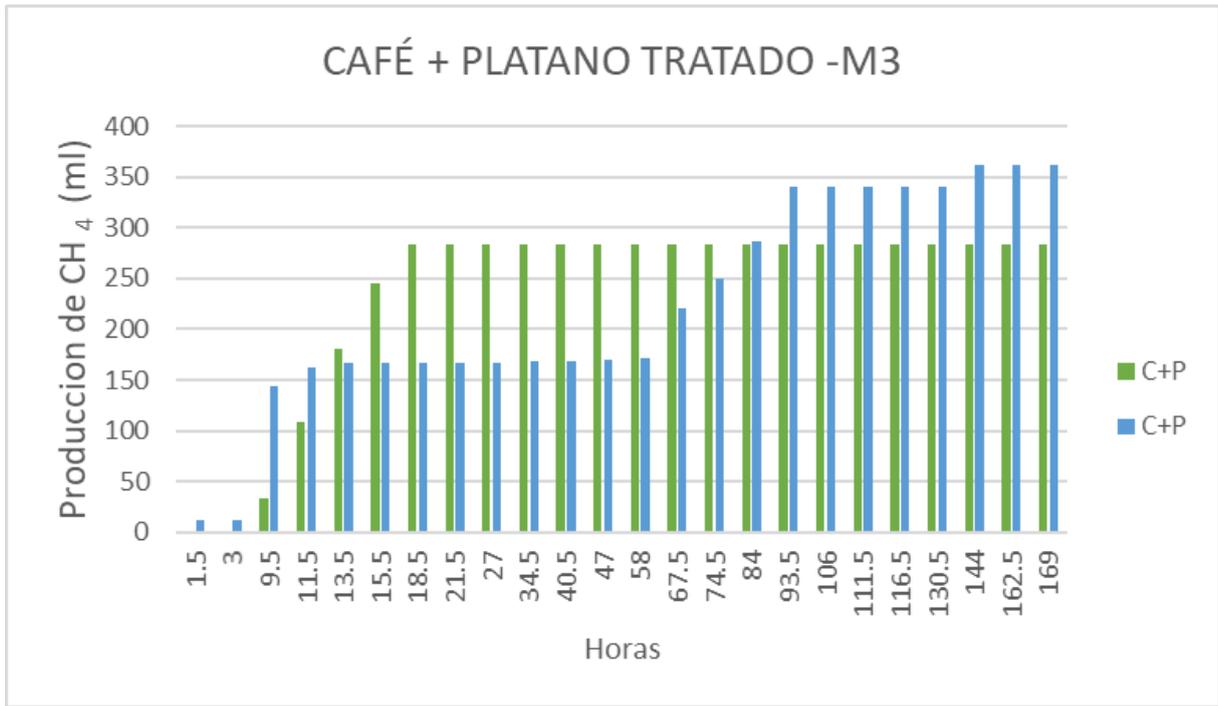


Figura 17. Producción de metano con cáscaras de café + plátano tratado

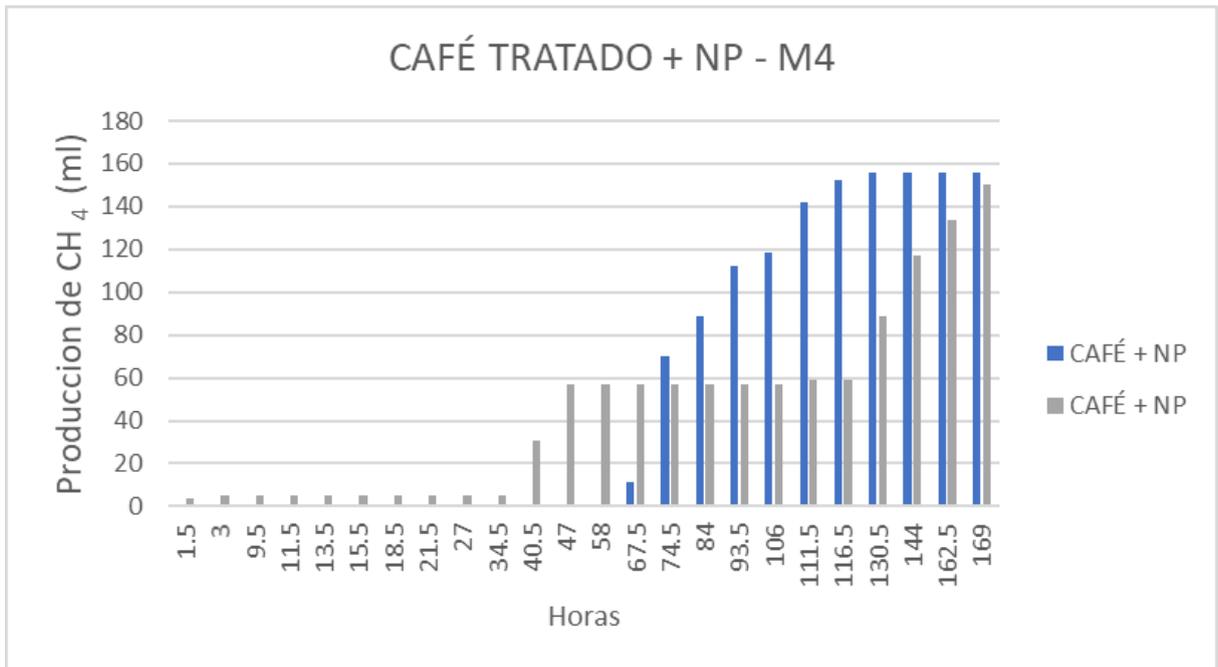


Figura 18. Producción de metano con cáscaras de café tratado + Nanopartículas de hierro

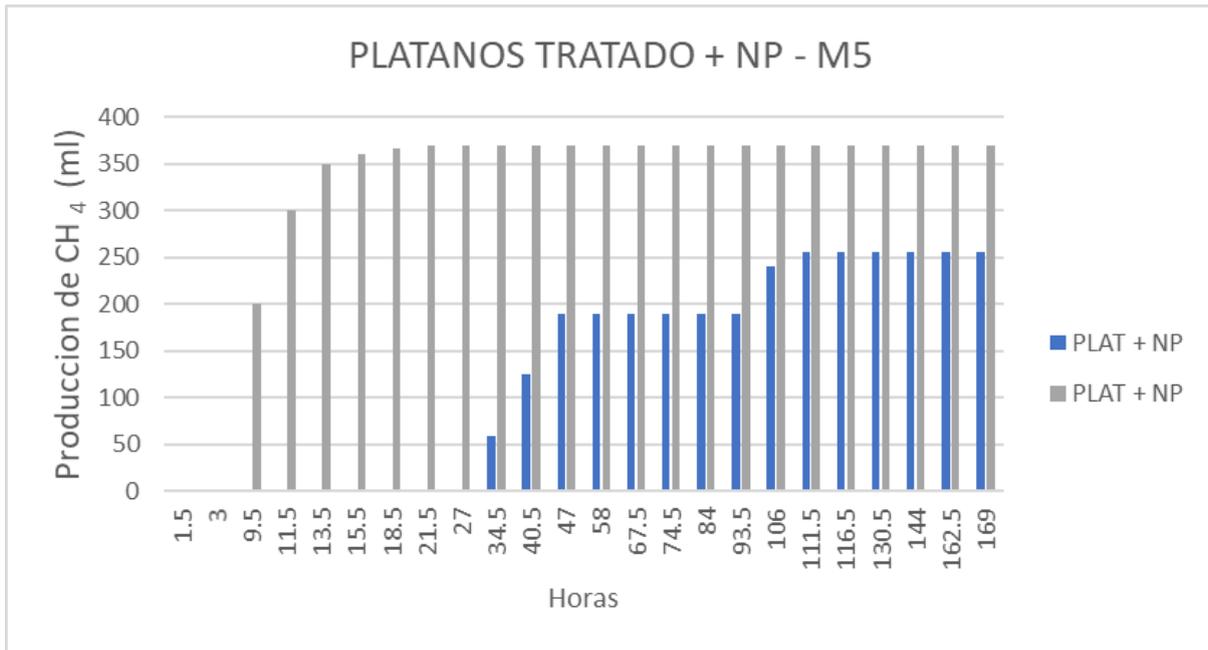


Figura 19. Producción de metano con cáscaras de plátanos tratado + Nanopartículas de hierro

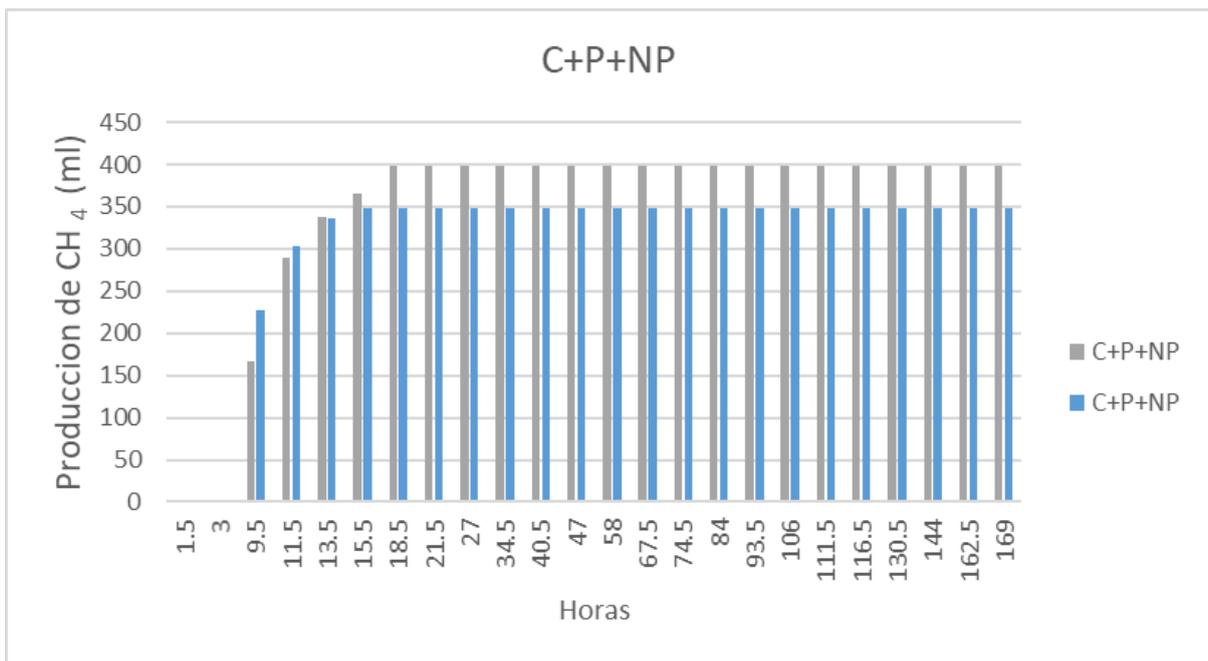


Figura 20. Producción de metano con cáscaras de café + plátano + Nanopartículas de Hierro

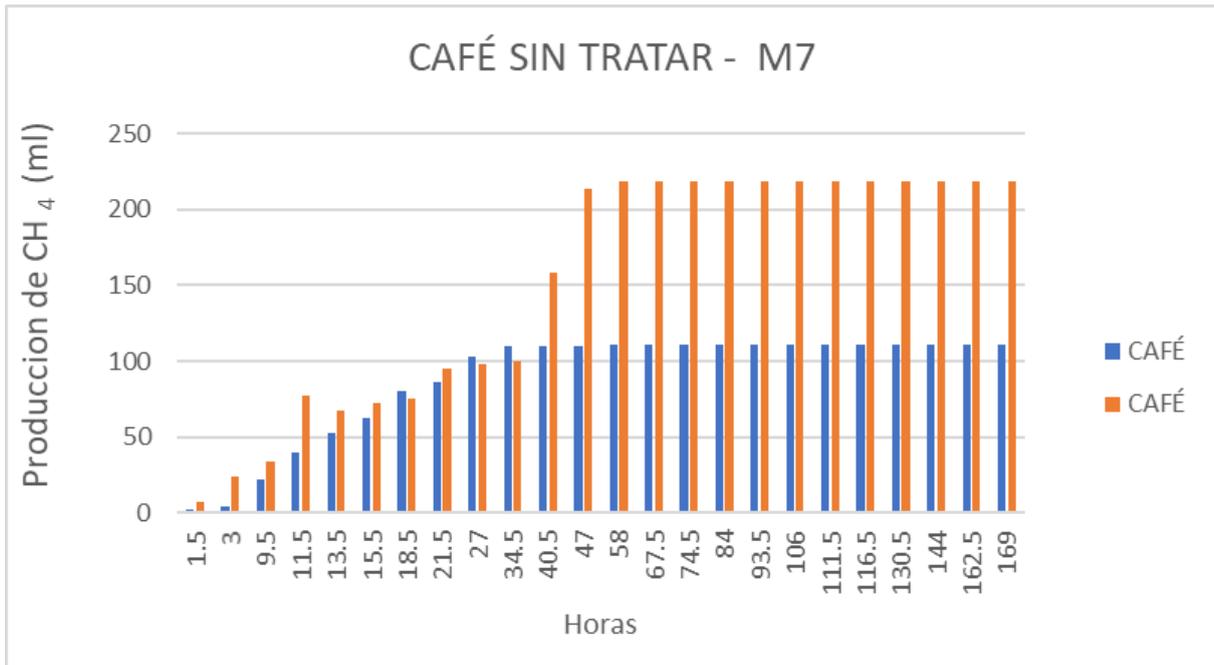


Figura 21. Producción de metano con cáscaras de café sin tratar

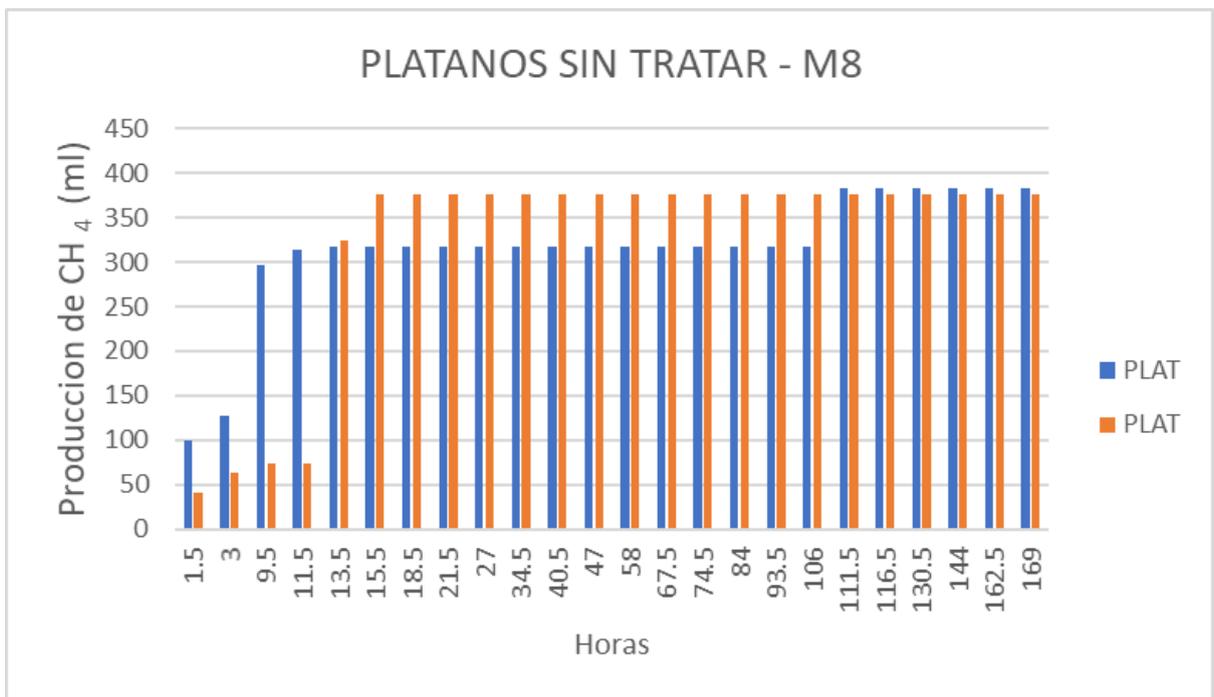


Figura 22. Producción de metano con cáscaras de café sin tratar

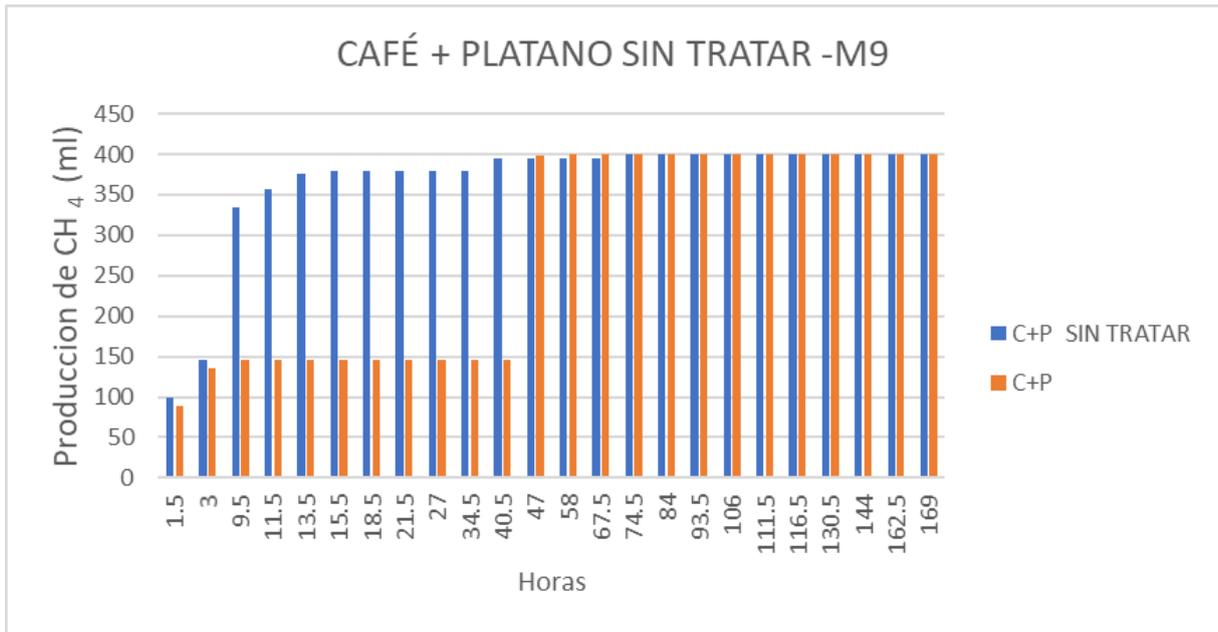


Figura 23. Producción de metano con cáscaras de café + Plátano sin tratar

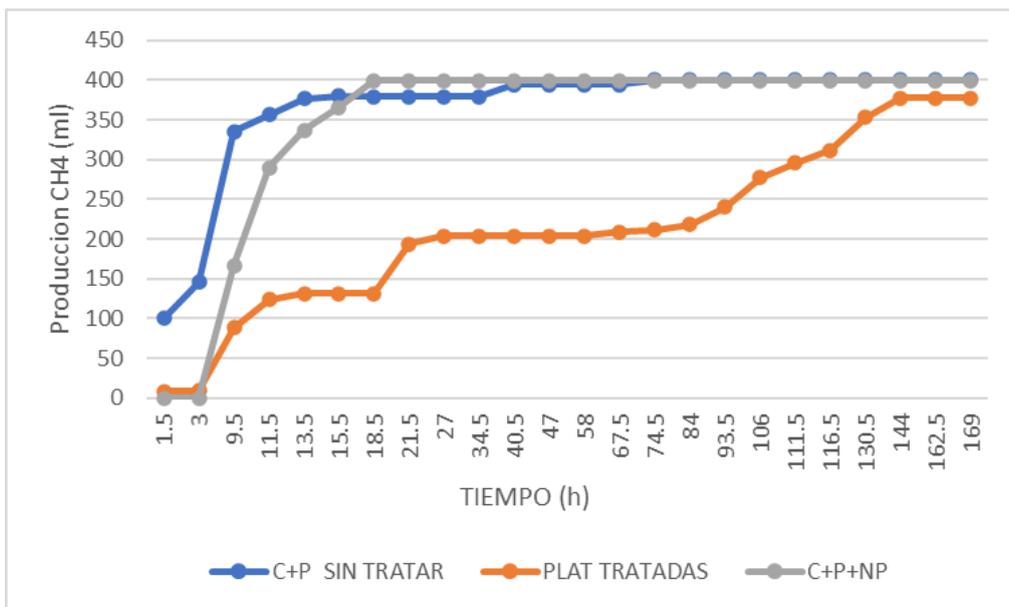


Figura 24. Potencial bioquímico de metano (PBM) promedio para cada sustrato / inóculo

Según la figura 18 se presenta el mayor volumen de metano obtenido en el PBM, siendo las muestras M9 (cáscaras de café y plátano sin tratar), M2 (cáscaras de plátano tratadas) y M6 (cáscaras de café y plátano tratadas + NP) obteniendo 400, 377 y 399 mL CH<sub>4</sub>/g SV sustrato respectivamente.

#### 4.2.4. Caracterización fisicoquímica

Tabla 14. Caracterización fisicoquímica de los sustratos e inóculo

Parámetros	Plátano	Café	Estiércol
pH	6.52	4.39	7.40
Sólidos totales (ST)	0.96	0.918	0.55
Sólidos volátiles (SV)	0.006	0.002	0.006
Alcalinidad	-	-	225 mg CaCO <sub>3</sub> /L

Fuente: Elaboración propia

**OE2: Analizar la cantidad de biogás producida a partir de las condiciones de operación de la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención**

#### 4.3. Composición de biogás

Se usó el equipo Crowcon Tetra 4 para obtener la composición del biogás de los digestores.



Figura 25. Equipo Crowcon Tetra 4

Después de 7 días de tratamiento con ayuda de equipo Crowcon Tetra 4 , se procedió a realizar el análisis de gases presentes en los digestores donde se identificó la presencia de CH<sub>4</sub> , CO ,H<sub>2</sub>S y O<sub>2</sub>.

Tabla 15. Composición de biogás.

	SUSTRATOS	CH <sub>4</sub>	CO	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>
<b>SIN TRATAR</b>	CAFÉ	99+ LEL	2467 PPM	9 PPM	0.1 %
	CAFÉ	99+ LEL	1764 PPM	20 PPM	0.1 %
	PLÁTANO	99+ LEL	2330 PPM	2 PPM	0.1 %
	PLÁTANO	99+ LEL	291 PPM	1 PPM	0.1 %
	C + P	6 LEL	251PPM	0 PPM	0.1 %
	C + P	2 LEL	135 PPM	0 PPM	0.1 %
<b>TRATADAS</b>	CAFÉ	38 LEL	39 PPM	27 PPM	0.1 %
	CAFÉ	20 LEL	3 PPM	3 PPM	0.1 %
	PLÁTANO	99+ LEL	1905 PPM	13 PPM	0.1 %
	PLÁTANO	86 LEL	1044 PPM	2 PPM	0.1 %
	C + P	35 LEL	624 PPM	3 PPM	0.1 %

	C + P	1 LEL	8 PPM	3 PPM	0.1%
<b>TRATADOS + NP</b>	CAFÉ	34 LEL	1 PPM	8 PPM	0.1%
	CAFÉ	13 LEL	45 PPM	13 PPM	0.1%
	PLÁTANO	0 LEL	60 PPM	0 PPM	0.1%
	PLÁTANO	69 LEL	1643 PPM	9 PPM	0.1%
	C + P	22 LEL	260 PPM	5 PPM	0.1%
	C + P	23 LEL	264 PPM	5 PPM	0.1%

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones fueron tomadas al finalizar el PBM, a los 33 digestores donde se obtienen resultados por encima del 99 LEL en metano en las muestras M9 (sustratos de café y plátano sin tratar) y M2 (sustrato de plátano tratado).

#### IV. DISCUSIÓN

**OE1: Analizar las condiciones de pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano que se requieren en la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás.**

Se realizó el tratamiento a las cáscaras de café y plátanos con NaOH con la finalidad de eliminar los componentes lignocelulósicos, por ello se colocaron las muestras en la solución de NaOH en el baño maría por el lapso de 1 hora, luego de ello se ajustó el pH de las muestras a neutro. No obstante, dicho tratamiento no resultó efectivo en el PBM ya que las muestras con café generaron cantidades mínimas de CH<sub>4</sub>. Sin embargo, para la investigación de Li et al, 2020 en el tratamiento que empleó para eliminar los componentes lignocelulósicos de la cascarilla de arroz aplicó NaOH al 2.5% donde sí obtuvo resultados favorables, asimismo Coelho et al., 2021 utilizó una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 72% en un baño maría a 30° C por 30 minutos para el tratamiento de cáscaras de café.

Se realizó el AME por un lapso de 3 días a temperatura ambiente (20 - 25°C) con 3 muestras de inóculo de vaca, cerdo y pollo teniendo como resultado que el inóculo de vaca fue el más óptimo con 1.0889283 Kg DQO / día. Kg SV. Sin embargo, en la investigación de Im et al., 2020 detectó generación de metano al iniciar la prueba en la muestra que estaba a 35° C teniendo como valores 15.1 y 4.7 ml de CH<sub>4</sub> / g VSS / día en el 1er y 11vo día.

**OE2: Analizar la cantidad de biogás producida a partir de las condiciones de operación de la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención**

De los sustratos preparados la muestra compuesta por residuos de café y plátanos sin tratar llegaron a producir un volumen máximo de 400 ml de metano (figura 17) en 5 días, para que esto se llegue a dar el digestor era un botella de plástico 500 ml, donde se le agregó 25 gr de cada sustrato , 200 ml de inóculo (estiércol de vaca) y 100 ml de agua destilada, también se cumplió con ciertas condiciones para la

codigestión anaerobia como es el caso del pH que se fijó a neutro por otra parte es válido mencionar que se trabajó a temperatura ambiente 22 °C. Sin embargo Kampioti y Komilis, (2022), utilizando desechos de café y lodos a una temperatura de 37 °C en 30 días generaron 201 ml de metano, pero al utilizar desechos de café y estiércol de vaca no se evidenció la presencia de metano cabe destacar que no fijaron un pH para los sustratos como tampoco realizaron ningún tratamiento de ellos. En la muestra M6 se utilizaron cáscaras de café y plátanos tratadas con NaOH con la finalidad de eliminar los componentes lignocelulósicos, una vez tratadas se les adiciono 0.10 g de Np Fe para acelerar una descomposición más rápido de los sustratos como también generar una mayor cantidad de biogás en menor tiempo para ello se utilizó un digestor de 500 ml a temperatura ambiente 22° C obteniendo como resultado producción de 399 ml de metano (figura 14) . Mientras Amo-Duodu et al, (2020) utilizó 1 g de Np hierro en lodos y agua residual en un recipiente de 1000 ml a una temperatura de 40°C donde consiguió mejores resultados en la producción de 64 % de metano ,tomando en cuenta ello decir las nanopartículas tienen un rol muy importante en la producción de metano

Ante los resultados obtenidos (figura 24) donde se presenta la muestra M2,M6 y M9, Gebrelibanos (2018), indaga en la digestión anaerobia de vaca, cáscara de plátano y mango donde en 15 días a una temperatura promedio de 26-35 °C generó 44 L de biogás con un composición de metano de 60-70% aproximadamente por lo que demuestra que la digestión anaerobia de residuos secos genera mucho más rápido la producción de biogás. Por otra parte Batool *et al*, (2020), estudio la codigestión anaerobia de residuos orgánicos teniendo como sustrato los restos de comida y estiércol vaca en un digestor de 1 L a temperatura 35 °C por un tiempo de 30 días llegó a producir 58.36 % de metano. Si bien las concentraciones de sustratos son importantes también es válido considerar si el sustrato a utilizar se encuentra seco o verde porque va influenciar en el tiempo de descomposición para la de generación de metano.

## **V. CONCLUSIONES**

**OE1: Analizar las condiciones de pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano que se requieren en la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás.**

Se analizó las condiciones para el pretratamiento de las cáscaras de café y plátano, previamente secadas, mediante NaOH a 97% a una temperatura de 100° C por 60 minutos, para luego fijar el pH de las muestras a 7, ya que el pH en los digestores debe estar en neutro antes de iniciar el experimento.

Por otra parte el PBM fue realizado a temperatura ambiente (20 - 25° C) con inóculo vacuno fresco previamente tratado, asimismo se tuvieron 9 muestras diferentes, contando la adición de NP de Fe. El tiempo de estudio fue de 7 días y se obtuvo que la mayor producción de PBM fue de 400 ml CH<sub>4</sub>/g SV.

**OE2: Analizar la cantidad de biogás producida a partir de las condiciones de operación de la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención**

Para determinar la composición de biogás se analizaron todas las muestras (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8 y M9) a los 7 días con el detector de gases Equipo Crowcon Tetra 4 donde las muestras que más resaltaron por su composición y tiempo de generación fueron M2, M6 y M9 dieron como resultado 100% LEL de CH<sub>4</sub>.

## **VI. Recomendaciones**

- Se recomienda el uso de nitrógeno en los digestores antes de empezar con el experimento ya que esto previene a las bacterias utilizar oxígeno en el proceso de degradación.
  
- Se recomienda llevar este proyecto a una escala mayor (centro poblado o zona rural) donde tengan fuentes renovables de estiércol y no tengan el acceso a los servicios de electricidad y gas.

## Referencias

1. ABANADES, Stéphane, et al. A critical review of biogas production and usage with legislations framework across the globe. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2021, p. 1-24.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-021-03301-6>

2. ACHINAS, Spyridon; KROONEMAN, Janneke; EUVERINK, Gerrit Jan Willem. Enhanced biogas production from the anaerobic batch treatment of banana peels. *Engineering*, 2019, vol. 5, no 5, p. 970-978. ISSN: 2095-8099

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809918308117>

3. AHMAD, Fiaz; SILVA, Edson Luiz; VARESCHE, Maria Bernadete Amâncio. Hydrothermal processing of biomass for anaerobic digestion—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 98, p. 108- 124. ISSN: 1364-0321

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118306579>

4. AMO-DUODU, G., et al. Biogas Enhancement from Wastewater-Comparing Fe/Cu Nanoparticles Additives. 2020.

<http://eares.org/siteadmin/upload/2717EAP1120266.pdf>

5. ANTONIOU, N., et al. Contribution to Circular Economy options of mixed agricultural wastes management: Coupling anaerobic digestion with gasification for enhanced energy and material recovery. *Journal of cleaner production*, 2019, vol. 209, p. 505-514. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.055>

6. ALMOMANI, Fares; BHOSALE, Rahul R. Enhancing the production of biogas through anaerobic co-digestion of agricultural waste and chemical pre-treatments. *Chemosphere*, 2020, vol. 255, p. 126805. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022]. ISSN: 0045-6535

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126805>

7. ALEJANDRO SANZ SERRANO,2016. Nanopartículas de óxido de zinc para la mejora de dispositivos de almacenamiento de energía. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022]

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/6221>

8. ALI, Asim, et al. Kinetic modeling for bioaugmented anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste by using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles. *Waste and biomass valorization*, 2019, vol. 10, no 11, p. 3213-3224.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-018-0375-x>

9. Antonia,et al 2022. Oxidative stability of chicken burgers using organic coffee husk extract [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133451>

10. ACARLEY GARCÍA, Fuilen Espíritu. Evaluación de la producción de metano a partir de las aguas mieles del beneficio húmedo del café mediante digestión anaerobia. 2018.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3629>

11. ARELLANO, Edgar Ortiz. Epistemología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa: Paradigmas y Objetivos. *Revista de clases historia*, 2013, no 12, p. 3.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5174556>

12. ARIAS,Jose; COVINOS, Mitsuo. Diseño y Metodología de la Investigación [en línea].1ra ed. junio 2021 Perú : *Enfoques Consulting EIRL* [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>

13. Asses, N., Farhat, A., Cherif, S., Hamdi, M., & Bouallagui, H. (2018). Comparative study of sewage sludge co-composting with olive mill wastes or green residues: Process monitoring and agriculture value of the resulting composts. *Process Safety and Environmental Protection*, 114, 25–35.

[Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022].

<https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.12.006>

14. AZAM, Mudassar, et al. Status, characterization, and potential utilization of municipal solid waste as renewable energy source: Lahore case study in Pakistan. *Environment international*, 2020, vol. 134, p. 105291. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105291>

15. BABU, Subhash, et al. Exploring agricultural waste biomass for energy, food and feed production and pollution mitigation: A review. *Bioresource Technology*, 2022, p. 127566. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127566>

16. BARUA, B.V., Rathore, V., KALAMDHAD, A.S., Anaerobic co-digestion of water hyacinth and banana peels with and without thermal pretreatment [En Línea]. *Renewable Energy*. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022]. ISSN: 0960-1481

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.018>

17. BATOOL, Nafeesa, et al. Bio-methane production potential assays of organic waste by anaerobic digestion and co-digestion. *Pakistan Journal of Zoology*, 2020, vol. 52, no 3, p. 971.

[https://www.researchgate.net/profile/Ali-Hussain-51/publication/339597177\\_Bio-Methane\\_Production\\_Potential\\_Assays\\_of\\_Organic\\_Waste\\_by\\_Anaerobic\\_Digestion\\_and\\_Co-Digestion/links/5e71fb0392851c93e0aa7b44/Bio-Methane-Production-Potential-Assays-of-Organic-Waste-by-Anaerobic-Digestion-and-Co-Digestion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ali-Hussain-51/publication/339597177_Bio-Methane_Production_Potential_Assays_of_Organic_Waste_by_Anaerobic_Digestion_and_Co-Digestion/links/5e71fb0392851c93e0aa7b44/Bio-Methane-Production-Potential-Assays-of-Organic-Waste-by-Anaerobic-Digestion-and-Co-Digestion.pdf)

18. BHARATHIRAJA, B., et al. Biogas production—A review on composition, fuel properties, feed stock and principles of anaerobic digestion. Renewable and Sustainable Energy reviews, 2018, vol. 90, no April, p. 570-582

[https://www.researchgate.net/profile/Chozhavendhan-Sivasankaran/publication/324794647\\_Biogas\\_production\\_-\\_A\\_review\\_on\\_composition\\_fuel\\_properties\\_feed\\_stock\\_and\\_principles\\_of\\_anaerobic\\_digestion/links/5ae2a6c5a6fdcc9139a0f951/Biogas-production-A-review-on-composition-fuel-properties-feed-stock-and-principles-of-anaerobic-digestion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chozhavendhan-Sivasankaran/publication/324794647_Biogas_production_-_A_review_on_composition_fuel_properties_feed_stock_and_principles_of_anaerobic_digestion/links/5ae2a6c5a6fdcc9139a0f951/Biogas-production-A-review-on-composition-fuel-properties-feed-stock-and-principles-of-anaerobic-digestion.pdf)

19. BEDOIC, Robert, et al. Opportunities and challenges: Experimental and kinetic analysis of anaerobic co-digestion of food waste and rendering industry streams for biogas production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020, vol. 130, p. 109951.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109951>

20. BELINAWATI, Resha Ayu Putri, et al. BOD Pressure in the sustainability of the Citarum River. En E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. p. 00037.

Disponibile en:

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185200037>

21. BINDER. Best conditions for your success DDS56. Guia Manual (2022).

<https://www.binder-world.com/es/productos/camaras-de-calor-y-de-secado/serie-ed-s-solidline/ed-s-56#2>

22. BILHATE, Chala et al 2018. Biogas Potential of Coffee Processing Waste in Ethiopia. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022].

<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2678>

23. BHAGCHANDANII, Drishti Dinesh, et al. A comprehensive understanding of electro-fermentation. *Fermentation*, 2020, vol. 6, no 3, p. 92. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022].

Disponible en:

<https://doi.org/10.3390/fermentation6030092>

24. COELHO, Gisella O., et al. Development and characterization of biopolymeric films of galactomannans recovered from spent coffee grounds. *Journal of Food Engineering*, 2021, vol. 289, p. 110083.

<https://www.mdpi.com/1996-1073/13/3/743>

25. G. Caposciutti, A. Baccioli, L. Ferrari, U. Desideri. Biogas from anaerobic digestion: power generation or biomethane production? *Energies*, 13 (2020), pp. 1-15

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110083>

26. CASASEMPERE-SATORRES, Antoni; VERCHER-FERRÁNDIZ, María Luisa. Análisis documental bibliográfico. Obteniendo el máximo rendimiento a la revisión de la literatura en investigaciones cualitativas. *New Trends in Qualitative Research*, 2020, vol. 4, p. 247-257. Disponible en:

<https://doi.org/10.36367/ntqr.4.2020.247-257>

27. CEVALLOS, Alicia, POLO, Ernesto, SALGADO, Diana y ORBEA, Marlon. *Métodos y Técnicas de Investigación* [en línea] 1ra ed.

Ecuador:Edwards Deming/ Ediciones Grupo Compás. [Fecha de consulta: 11 de setiembre de 2022]. Disponible en:

<http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/498/3/metodología.pdf>

28. DEMIREZEN, Derya Aksu, et al. Green synthesis and characterization of iron oxide nanoparticles using *Ficus carica* (common fig) dried fruit extract. *Journal of bioscience and bioengineering*, 2019, vol. 127, no 2, p. 241-245. ISSN:

<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2018.07.024>

29. DONG, Zhiwei, et al. Enhancing biomethane yield of coal in anaerobic digestion using iron/copper nanoparticles synthesized from corn straw extract. *Fuel*, 2022, vol. 319, p. 123664. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236122005294>

30. DOS SANTOS, Livia, et al 2018. Production of biogas (methane and hydrogen) from anaerobic digestion of hemicellulosic hydrolysate generated in the oxidative pretreatment of coffee husks. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022]. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852418306977>

31. FATIMA, Nasreen, et al. Harnessing nanotechnology for enhanced topical delivery of clindamycin phosphate. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 2019, vol. 54, p. 101253.

<https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101253>

32. FERRAZ, Patrícia Ferreira Ponciano, et al. Agricultural residues of lignocellulosic materials in cement composites. *Applied Sciences*, 2020, vol. 10, no 22, p. 8019. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022].

Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/22/8019>

33. FERREIRA, Luisa Ornelas; ASTALS, Sergi; PASSOS, Fabiana. Anaerobic co-digestion of food waste and microalgae in an integrated treatment plant. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 2022, vol. 97, no 6, p. 1545-1554.

<https://doi.org/10.1002/jctb.6900>

34. FORERO,JOHANNA., SOTO, ANGELICA., MARTINEZ, JOSE., AYALA, OLGA,.Evaluation of the performance of the pretreatment with the hydrogen peroxide on sugar cane bagasse for removing lignina [En Línea]. 2019, vol.16, n.1, pp.21-28. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022]. ISSN 1692-1798

Disponible en:

<https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2158>

35. GARCIA GARCIA, Alfredo. Co-Digestión Anaerobia de Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para Producir Biogás. Revisión Sistemática, 2021. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022].

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65422>

36. GAO, Xionghui, et al. Biogas production from anaerobic co-digestion of spent mushroom substrate with different livestock manure. *Energies*, 2021, vol. 14, no 3, p. 570. ISSN 1996-1073

<https://www.mdpi.com/1996-1073/14/3/570/htm>

37. GENESYS 10S-Vis. Guia del Usuario (2009). Thermo Fisher Scientific

[https://knowledge1.thermofisher.com/Molecular\\_Spectroscopy/Ultraviolet-Visible\\_and\\_Visible\\_\(UV-Vis\\_and\\_Vis\)\\_Spectrophotometry/GENESYS/GENESYS\\_Operator\\_Manuals/269-256400\\_-\\_Rev\\_A\\_-\\_GENESYS\\_10S\\_UV-Vis\\_Guia\\_del\\_usuario](https://knowledge1.thermofisher.com/Molecular_Spectroscopy/Ultraviolet-Visible_and_Visible_(UV-Vis_and_Vis)_Spectrophotometry/GENESYS/GENESYS_Operator_Manuals/269-256400_-_Rev_A_-_GENESYS_10S_UV-Vis_Guia_del_usuario)

38. GINNI, G., et al. Valorization of agricultural residues: Different biorefinery routes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 4, p. 105435. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022]. ISSN 2213-3437.

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105435>

39. GEBRELIBANOS, Tewelde Tsegay. Anaerobic digestion of biogas production from the mixtures of cow dung, banana and mango peels from Bahir Dar Zuria, Ethiopia. *Drug Invention Today*, 2018, vol. 10. ISSN 0975-7619

<https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=608e1602-b943-498e-b9ec-c83989a48800%40redis>

40. GUERRERO, Ana Belén; BALLESTEROS, Ignacio; BALLESTEROS, Mercedes. The potential of agricultural banana waste for bioethanol production. *Fuel*, 2018, vol. 213, p. 176-185. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022]. ISSN: 0048-9697

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.105>

41. HASRUL ANWAR, H. A.; ANDHIKA CAHAYA TITISAN SUKMA, A. C. T. S.; MRIDHO ULYA, M. R. U. EFFECT OF EFFECTIVE MICROORGANISMS ADDITION ON METHANE PRODUCTION FROM COFFEE HUSKS. *KONVERSI*, 2022, vol. 11, no 1, p. 1-7. [Fecha de consulta 20 de octubre del 2022]. ISSN 2549-6840

Disponible en:

<http://repository.lppm.unila.ac.id/41873/1/Konversi-HASRUL%2011761-35810-1-PB.pdf>

42. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. *Metodología de la Investigación [en línea]*. 6ta ed. México: McGraw-

Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022].

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

43. HOU, Yin-Ping, et al. Sludge granulation in ASBR: Reactor performance, sludge physiochemical properties evolution and the unique clustered structure of the granular sludge. *Journal of Water Process Engineering*, 2022, vol. 49, p. 102948. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714422003920>

44. HUSSAIN, Athar; DUBEY, Shashi Kant. Specific methanogenic activity test for anaerobic degradation of influents. *Applied water science*, 2017, vol. 7, no 2, p. 535-542. ISSN 2190-5495

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-015-0305-z>

45. IM, Seongwon, et al. Effects of storage temperature on CH<sub>4</sub> emissions from cattle manure and subsequent biogas production potential. *Waste management*, 2020, vol. 101, p. 35-43.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19306154>

46. JAMZAD, Mina; KAMARI BIDKORPEH, Maryam. Green synthesis of iron oxide nanoparticles by the aqueous extract of *Laurus nobilis* L. leaves and evaluation of the antimicrobial activity. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 2020, vol. 10, no 3, p. 193-201.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40097-020-00341-1>

47. KAINTHOLA, Jyoti; KALAMDHAD, Ajay S.; GOUD, Vaibhav V. A review on enhanced biogas production from anaerobic digestion of lignocellulosic biomass by different enhancement techniques. *Process Biochemistry*, 2019, vol. 84, p. 81-90. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511319301217#bib00>

85

48. KAMPIOTI, Anastasia; KOMILIS, Dimitrios. Anaerobic co-digestion of coffee waste with other organic substrates: A mixture experimental design. *Chemosphere*, 2022, vol. 297, p. 134124. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522006178>

49. KIM, Jinsu, et al. Energy production from different organic wastes by anaerobic co-digestion: Maximizing methane yield versus maximizing synergistic effect. *Renewable energy*, 2019, vol. 136, p. 683-690. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119300461>

50. KIM, Jaai, et al. Anaerobic co-digestion of spent coffee grounds with different waste feedstocks for biogas production. *Waste Management*, 2017, vol. 60, p. 322-328. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16305864>

51. KOCH, Konrad, et al. Power and limitations of biochemical methane potential (BMP) tests. *Frontiers in Energy Research*, 2020, vol. 8, p. 63. [Fecha de consulta 20 de octubre del 2022]. ISSN: 2296598X

Disponible:

<https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00063>

52. KUMAVAT, Dr, et al. Paper 3 Unit 1-1.3 Topic-Instruments used in Pharmacognosy. 2022.

<http://dspace.vpmthane.org:8080/jspui/bitstream/123456789/9056/1/1.3%20Instruments%20used%20in%20Pharmacognosy.pdf>

53. Li, X., Sha, J., Xia, Y. *et al.* Quantitative visualization of subcellular lignocellulose revealing the mechanism of alkali pretreatment to promote

methane production of rice straw. *Biotechnol Biofuels* 13, 8 (2020). ISSN: [17546834 https://doi.org/10.1186/s13068-020-1648-8](https://doi.org/10.1186/s13068-020-1648-8)

54. LI, Yu, et al. Strategies to boost anaerobic digestion performance of cow manure: Laboratory achievements and their full-scale application potential. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 755, p. 142940. ISSN: 0048-9697  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720364706>

55. MADONDO, Nhlanganiso Ivan; CHETTY, Maggie. Anaerobic co-digestion of sewage sludge and bio-based glycerol: Optimisation of process variables using one-factor-at-a-time (OFAT) and Box-Behnken Design (BBD) techniques. *South African Journal of Chemical Engineering*, 2022, vol. 40, p. 87-99. ISSN: 1026-9185  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918522000099>

56. MASINDE, Barasa H., et al. Optimization of Biogas Production in a Batch Laboratory Digester Using Total Solids, Substrate Retention Time, and Mesophilic Temperature. 2020.[Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022].

Disponible en:

<https://dx.doi.org/10.22606/ijper.2020.42001>

57. M M Huamán, et al 2022. Effect of Hydraulic and Organic Load, in the Removal of Biochemical Oxygen Demand in Wastewater using Biofilter with Vegetable Carbon, in High Andean Climate. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022].

Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/973/1/012002>

58. MENÉNDEZ GUTIÉRREZ, Carlos; DUEÑAS MORENO, Jaime. Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 2018, vol. 39, no 3, p. 97-107. ISSN 1680-0338

Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000300097&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000300097&script=sci_arttext&lng=pt)

59. M. Soto, et al 1992. Characterization and Comparison of Biomass From Mesophilic and Thermophilic Fixed Bed Anaerobic Digesters. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022]

Disponible en:

<https://doi.org/10.2166/wst.1992.0152>

60. MISHRA, S., y DATTA-GUPTA, A. Experimental Design and Response Surface Analysis. Applied Statistical Modeling and Data Analytics [en línea], 2018, pp. 169– 193 [Fecha de consulta: 1 Octubre de 2022].

Disponible en: [10.1016/b978-0-12-803279-4.00007-9](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803279-4.00007-9)

61. MONTROYA, Alejandra Carolina Villa, et al. Hydrogen, alcohols and volatile fatty acids from the co-digestion of coffee waste (coffee pulp, husk, and processing wastewater) by applying autochthonous microorganisms. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2019, vol. 44, no 39, p. 21434- 21450. ISSN: 0360-3199

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319919323882>

62. YAZDANI, Mohammad, et al. Improvement of biogas production from slaughterhouse wastewater using biosynthesized iron nanoparticles from water treatment sludge. *Renewable Energy*, 2019, vol. 135, p. 496-501.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.019>

63. NANDI, Rajesh, et al. Optimization of reactor temperature for continuous anaerobic digestion of cow manure: Bangladesh perspective. *Sustainability*, 2020, vol. 12, no 21, p. 8772. ISSN 2079-9292

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/21/8772>

64. Naseem Khayum, S. Anbarasu, S.Murugan. Biogas potential from spent tea waste: A laboratory scale investigation of co-digestion with cow manure [en

línea] September 2018, [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022]. ISSN: 0048-9697

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.163>

65. NOONARI, A. A., et al. Anaerobic co-digestion of canola straw and banana plant wastes with buffalo dung: Effect of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles on methane yield. *Renewable Energy*, 2019, vol. 133, p. 1046-1054. ISSN: 0960-1481

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118313193>

66. PAN, Shu-Yuan, et al. Anaerobic co-digestion of agricultural wastes toward circular bioeconomy. *Iscience*, 2021, vol. 24, no 7, p. 102704. ISSN: 2589-0042

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589004221006726>

67. POLAT, Sevgi; SAYAN, Perviz. Application of response surface methodology with a Box–Behnken design for struvite precipitation. *Advanced Powder Technology*, 2019, vol. 30, no 10, p. 2396-2407. ISSN: 0921-8831

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921883119302481>

68. PUTRI, E., et al. Cellulolytic and Xylanolytic Actinomycetes selection to degrade Lignocellulosic biomass of Robusta coffee pulp (*Coffea canephora*). En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012014.

<https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1845243>

69. REBOLLO-HERNANZ, Miguel, et al. Revalorization of coffee husk: Modeling and optimizing the green sustainable extraction of phenolic compounds. *Foods*, 2021, vol. 10, no 3, p. 653.

<https://doi.org/10.3390/foods10030653>

70. REINELT, Torsten, et al. Field measurements of fugitive methane emissions from three Australian waste management and biogas facilities. *Waste Management*, 2022, vol. 137, p. 294-303. ISSN: 0048-9697

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.11.012>

71. RIPOLL, Evangelina; LÓPEZ, Iván; BORZACCONI, Liliana. Need of adjustment of methanogenic activities from solids digester sludge: Modelling dilution effects on micro-organisms biomass concentration. *Waste Management*, 2022, vol. 144, p. 106-112. ISSN: 0956-053X

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X22001465>

72. ROSAS, Cledy. Reducción de la salinidad en aguas subterráneas almacenada en tanques de piso mediante un biofiltro elaborado con carbón activado, arena, grava y piedra porosa en San José de Molinos-Ica 2018. *Repositorio UCV*.

Disponible en :

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/31541>

73. Sarria, et al 2018, Optimal conditions sawdust delignification of *Pinus patula* as crucial step in obtaining bioethanol. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022] ISSN-e 2256-5035

Disponible en: <https://doi.org/10.23850/22565035.1401>

74. SAHA, Biswanath, et al. Biochemical methane potential trial of terrestrial weeds: Evolution of mono digestion and co-digestion on biogas production. *Materials Science for Energy Technologies*, 2020, vol. 3, p. 748-755. ISSN: 2589-2991

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299120300513#e001>

0

75. SERNA-JIMÉNEZ, Johanna A., et al. Valorisation of banana peel waste as a precursor material for different renewable energy systems. *Biomass and Bioenergy*,

2021, vol. 155, p. 106279. ISSN: 0961-9534

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953421003147>

76. ŞENOL, Halil, et al. Anaerobic digestion of cattle manure, corn silage and sugar beet pulp mixtures after thermal pretreatment and kinetic modeling study. *Fuel*, 2020, vol. 263, p. 116651.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116651>

77. SHRESTHA, Shilva, et al. Biological strategies for enhanced hydrolysis of lignocellulosic biomass during anaerobic digestion: Current status and future perspectives. *Bioresource Technology*, 2017, vol. 245, p. 1245-1257. ISSN: 0960-8524

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417313949>

78. SINGH, Jagpreet, et al. 'Green' synthesis of metals and their oxide nanoparticles: applications for environmental remediation. *Journal of nanobiotechnology*, 2018, vol. 16, no 1, p. 1-24. ISSN: 1573-174X

<https://doi.org/10.1186/s12951-018-0408-4>

79. Sillero, et al 2022. Temperature-phased enhanced the single-stage anaerobic co-digestion of sewage sludge, wine vinasse and poultry manure: Perspectives for the circular economy. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022]. ISSN: 0048-9697

Disponibile en:

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125761>

80. SILVA, Cintia Caroline Gouveia da, et al. Coffee waste as an eco-friendly and low-cost alternative for biochar production impacts on sandy soil chemical attributes and microbial gene abundance. *Bragantia*, 2021, vol. 80. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022]. ISSN 2013-6463

Disponibile en:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/sL6Lhh5tWvnMtdXF3S4bSQs/abstract/?lang=en>

81. SUKMAWATI, Wati, et al. Analysis of reduction of COD (Chemical Oxygen Demand) levels in tofu waste using activated sludge method. *Moroccan Journal of Chemistry*, 2021, vol. 9, no 2, p. 9-2 (2021) 339-345.

<https://doi.org/10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v9i2.27586>

82. TAJIK, Sepideh; ZIARATI, Parisa; CRUZ-RODRIGUEZ, L. Coffee waste as novel bio-adsorbent: detoxification of nickel from contaminated soil and *Coriandrum Sativum*. *methods*, 2020, vol. 38, no 41, p. 2693-2504.1019. [Fecha de consulta 12 de octubre del 2022]. ISSN: 2693-2504

Disponible en:

<https://unisciencepub.com/storage/2020/09/Coffee-Waste-as-Novel-Bio-Adsorbent-Detoxification-of-Nickel-from-Contaminated-Soil-and-Coriandrum-Sativum.pdf>

83. TYAGI, Vinay Kumar, et al. Anaerobic co-digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW): Progress and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 93, p. 380-399. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118303976>

84. VIGIAK, Olga, et al. Predicting biochemical oxygen demand in European freshwater bodies. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 666, p. 1089-1105. ISSN: 0048-9697

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.252>

85. XIN, Y., WANG, D., LI, X.Q., YUAN, Q., CAO, H. Influence of moisture content on cattle manure char properties and its potential for hydrogen rich gas production [En Línea]. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.01.005>

86. YASMIN, Nazia; GRUNDMANN, Philipp. Home-cooked energy transitions: Women empowerment and biogas-based cooking technology in Pakistan. *Energy Policy*, 2020, vol. 137, p. 111074.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111074>

87. YI, Danyang, et al. Glucose detection based on the photothermal effect of OxTMB using a thermometer. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2020, vol. 323, p. 128691. ISSN: 0048-9697

<https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128691>

88. YULIS, Putri Ade Rahma; SARI, Yelfira. Kepok Banana Peels as Biosorbent for Mercury Sorption from Artificial Wastewater. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, vol. 7, no 1, p. 64-75. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022]. ISSN: 2503-4154

Disponible en:

<https://jurnal.uns.ac.id/jkpk/article/view/56353>

89. WANG, Jing, et al. Enhancing anaerobic digestion of dairy and swine wastewater by adding trace elements: evaluation in batch and continuous experiments. *Water Science and Technology*, 2019, vol. 80, no 9, p. 1662- 1672. ISSN: 0273-1223 ISSN 1996-9732

<https://iwaponline.com/wst/article/80/9/1662/71637/Enhancing-anaerobic-digestion-of-dairy-and-swine>

90. WANG, Lixu, et al. Sensitive detection of telomerase activity in cancer cells using portable pH meter as readout. *Biosensors and Bioelectronics*, 2018, vol. 121, p. 153-158. [Fecha de consulta 15 de octubre del 2022].

Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.08.069>

91. WANG, Kaijun, et al. Binary and ternary trace elements to enhance anaerobic digestion of cattle manure: Focusing on kinetic models for biogas production and digestate utilization. *Bioresource Technology*, 2021, vol. 323, p. 124571.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124571>

92. W.S. TYLER® Ro-Tap® RX-29-AGITADORES DE TAMICES TAMIZADORA ROTAP RX-29 MARCA

<https://www.agitadordetamices.com/Agitadores-de-Tamices-tamizadora-RoTap-RX-29-Marc-37>

93. WIDJAJA, Tri, et al. Performance of Biogas Production from Coffee Pulp Waste with Cow Dung and Cattle Rumen Fluid as Inoculum in a Batch Reactor. En *International Conference on Sustainable Biomass (ICSB 2019)*. Atlantis Press, 2021. p. 252-256.

<https://doi.org/10.2991/aer.k.210603.045>

94. ZAMBRANO, D. A., et al. *Tratamiento anaerobio de las aguas mieles del café*. 2006.

<https://www.cenicafe.org/es/publications/bot029.pdf>

95. ZAMRI, M. F. M. A., et al. A comprehensive review on anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, vol. 137, p. 110637. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120309217>

96. ZHANG, Qianyi, et al. Mesophiles outperform thermophiles in the anaerobic digestion of blackwater with kitchen residuals: Insights into process limitations. *Waste Management*, 2020, vol. 105, p. 279-288. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X20300763>

97. ZHANG, Zengshuai, et al. Application of iron oxide (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles during the two-stage anaerobic digestion with waste sludge: Impact on the biogas production and the substrate metabolism. *Renewable Energy*, 2020, vol. 146, p. 2724-2735. ISSN: 0048-9697

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148119312650>



## **ANEXOS**

ANEXO 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
GENERAL	GENERAL	GENERAL	<b>V. DEPENDIENTE</b> <u>TE Biogás</u>	El biogás es un combustible gaseoso renovable que se obtiene por medio de la digestión de materias primas que provienen de la agricultura, sectores industriales y municipales. (Naseem et al, 2018)	La obtención del biogás será evaluada por su composición y el periodo.	Composición	CH4, otros (mg/L, %)	Ordinal
¿Es la codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno adecuada para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022?	La codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno es adecuada bajo ciertas condiciones para obtener biogás a escala laboratorio, 2022	Evaluar la codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022				Periodo	días, horas	Ordinal
ESPECÍFICO	ESPECÍFICO	ESPECÍFICO	<b>V. INDEPENDIENTE</b> <u>TE Codigestión anaerobia</u>	La codigestión anaerobia consiste en una mezcla de varios sustratos estableciendo un equilibrio nutricional,	Para llegar a la codigestión anaerobia será por diversos procesos empezando por el pretratamiento del	Pretratamiento de café	Componentes lignocelulósicos	Ordinal
PE1: ¿Qué condiciones de	HE1: Existen ciertas condiciones de	OE1: Analizar las condiciones de						

<p>pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano se requieren para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano?</p>	<p>pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano significativas para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano.</p>	<p>pretratamiento del café y de pruebas de generación de metano que se requieren para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano.</p>		<p>determinado la proporción de cada sustrato al momento de realizar la digestión anaeróbica. (Sillero, et al 2022)</p>	<p>café, pruebas de generación de metano, y condiciones de operación de digestión anaerobia.</p>	<p>Pruebas de composición de metano</p>	<p>AME: Concentración de CH4</p> <p>Café + estiércol de vaca</p> <p>Plátano + estiércol de vaca</p> <p>Plátano + café + estiércol de vaca</p> <p>Café solo</p> <p>Plátano solo</p>	<p>Ordinal</p>
<p>PE2: ¿Qué condiciones de operación de la codigestión anaerobia se requieren para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás</p>	<p>HE2: Existen ciertas condiciones de operación de la codigestión anaerobia óptimas para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano</p>	<p>OE2: Analizar las condiciones de operación de la codigestión anaerobia para optimizar la composición y periodo de obtención de biogás con relación al metano</p>				<p>Condiciones de Operación DA</p>	<p>Concentración de nanopartículas</p> <p>pH</p> <p>Sólidos totales (ST)</p>	

con relación al metano?							Sólidos volátiles (SV)	Ordinal
							DBO	
							DQO 5	
							Alcalinidad	
							Síntesis verde	

Anexo 2: Matriz Operacionalización

VARIABLES	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<u>V. DEPENDIENTE</u>  Biogás	El biogás es un combustible gaseoso renovable que se obtiene por medio de la digestión de materias primas que provienen de la agricultura, sectores industriales y municipales (Naseem et al, 2018).	La obtención del biogás será evaluada por su composición y el periodo.	Composición	CH4, otros (mg/L, %)	Ordinal
			Periodo	Días, horas	Ordinal
<u>V. INDEPENDIENTE</u>  Codigestión anaerobia	La codigestión anaerobia consiste en una mezcla de varios sustratos estableciendo un equilibrio nutricional, determinado la proporción de cada	Para llegar a la codigestión anaerobia será por diversos procesos empezando por el pretratamiento del café, pruebas de	Pre tratamiento del café	Componentes lignocelulósicos	
				Síntesis verde NP de hierro  AME	Ordinal

<p>sustrato al momento de realizar la digestión anaeróbica (Sillero, et al 2022).</p>	<p>generación de metano, y condiciones de operación de digestión anaerobia.</p>	<p>Optimización de codigestión anaerobia</p>	PBM
			pH
			Temperatura
			Sólidos totales (ST)
			Sólidos volátiles (SV)
			Alcalinidad

ANEXO 2: Ficha de recolección de datos de la actividad metanogénica específica (AME)

N°	Día	Hora	Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3			
			Blanco	Blanco	Pollo Acético	Ac.	Blanco	Blanco	Cerdo Acético	Ac.	Blanco	Blanco	Acético	
1	05/11/22	<b>9:00</b>	32	152.5	25	28	2	8	2	30	2	3	25	22
2	05/11/22	<b>10:00</b>	34	154.5	28	30	4	11	6	43	6	4	25	46.5
3	05/11/22	<b>11:00</b>	35	158.5	29.5	31.5	5	13	7	44	8	6	27	48.5
4	05/11/22	<b>12:00</b>	40	174.5	32.5	34.5	6	14	9	46	10	8	27	49.5

5	05/11/22	<b>13:00</b>	41	174.5	44.5	44.5	6	14	9	46	10	8	27	49.5
6	05/11/22	<b>14:00</b>	43.5	180.5	54.5	53.5	8.5	16.5	11	46	12.5	9	28	50.5
7	05/11/22	<b>15:00</b>	44.5	181.5	55	54.5	9.5	17.5	12	47	13.5	10	29	51.5
8	05/11/22	<b>16:00</b>	44.5	181.5	56	55.5	9.5	17.5	12	47	13.5	10	29	51.5
9	05/11/22	<b>17:00</b>	45.5	183.5	56	55.5	10.5	18.5	12	48	13.5	10	29	51.5
10	05/11/22	<b>18:00</b>	47.5	187.5	56	55.5	10.5	18.5	12	48	13.5	10	29	51.5
11	05/11/22	<b>19:00</b>	51.5	190.5	56	55.5	10.5	18.5	12	48	13.5	10	29	53.5

12	05/11/22	<b>20:00</b>	53.5	192.5	58	57.5	11.5	20.5	13.5	48	13.5	19	29	51.5
13	06/11/22	10:30	53.5	200	61	59.5	12.5	22.5	13.5	48	13.5	19	29	52.5
14	06/11/22	13:00	55.5	200	67	61.5	12.5	23.5	14.5	49	14.5	20.5	29	53.5
15	06/11/22	15:00	56.5	200	70	62.5	12.5	26	15.5	50	15	21.5	29.5	56
16	06/11/22	18:30	57	200	71.5	65	12.5	28	16.5	51	15.5	22	30	57
	06/11/22	00:00	57	209	71.5	65	12.5	28	16.5	51	15.5	22	30	57
17	07/11/22	9:30	57	210.5	71.5	65	12.5	28	16.5	51	15.5	22	30	57
18	07/11/22	15:30	60	210.5	74	90	15	30.5	18	53	16	24	30	59

19	07/11/22	18:30	60.5	210.5	76	91.5	15.5	31	18.5	53.5	16	24	30.5	59.5
20	08/11/22	15:30	60.5	210.5	98	91.5	15.5	31	18.5	53.5	16	24	30.5	59.5
21	08/11/22	20:00	60.5	210.5	100.5	91.5	15.5	38	19	53.5	16	24.5	30.5	59.5
22	08/11/22	22:00	60.5	210.5	100.5	105	15.5	38	19	53.5	16	24.5	30.5	59.5
23	09/11/22	16:30	62.5	213	102.5	107	15.5	40	20.5	53.5	16	26	30.5	61.5
24	09/11/22	21:00	62.5	213	117	107	15.5	41.5	20.5	75	16	32	31	62
25	10/11/22	11:00	64.5	223	120.5	132	15.5	41.5	70.5	75	16	32	31.5	62
26	10/11/22	13:00	65.5	223	120.5	190	15.5	43.5	106.5	77	16	33.5	34	98.5

27	10/11/22	14:00	66	223.5	120.5	230	15.5	44	160.5	77.5	18	34	34.5	138.5
28	10/11/22	15:45	66	223.5	120.5	304	15.5	46	215.5	78.5	393	34.5	34.5	173
29	10/11/22	17:00	66	223.5	120.5	344	15.5	52	237	81	393	35	36.5	215.5
30	10/11/22	18:45	66	223.5	120.5	414	15.5	53.5	310	81	393	35	36.5	245.5
31	10/11/22	22:00	66	223.5	120.5	494	15.5	54	435	81	393	35	36.5	345.5
32	10/11/22	0:00	74	223.5	120.5	500	20	54	485	82.5	395	35	36.5	407.5
33	11/11/22	8:35	74	223.5	120.5	500	33	55	499	82.5	397.5	35	39	462.5
34	11/11/22	10:15	75.5	223.5	120.5	500	39	55	499	82.5	397.5	36.5	39.5	473.5

35	11/11/22	15:35	77.5	223.5	122.5	500	39	57.5	499	84	398	39	42	483
36	11/11/22	20:30	86.5	237	122.5	500	41	58	499	84	400.5	39.5	42.5	495
37	11/11/22	0:00	86.5	237	122.5	500	46	58	499	84	415	41	42.5	500
38	12/11/22	17:30	86.5	237	122.5	500	46	59.5	499	84	440	48.5	185.5	500
39	12/11/22	21:00	90	237	122.5	500	46	59.5	499	84	470	56	285.5	500
40	12/11/22	0:00	90	237	122.5	500	46	59.5	499	84	495.5	56	500	500

ANEXO 3: Ficha de recolección de datos del potencial bioquímico de metano (PBM)

			CÁSCARAS SIN TRATAR								
DÍA	HORA	HORAS	BLANCO	CAFÉ	CAFÉ	BLANCO	PLAT	PLAT	BLANCO	C+P	C+P
04-Dic	11:00 p. m.	0									
05-Dic	12:30:00 M	1.5	6	2.5	7.5	5	100	41	0	100	88.5
	02:00AM	3	7	4.5	24.5	6	126.5	63.5	0	145.5	135.5
	8:30 a. m.	9.5	7	22.5	34	6	296.5	73.5	0	335	145.5
	10:30:A M	11.5	7	40	77.5	10	314	73.5	0	356	145.5
	12:30	13.5	7	52.5	67	15	317.5	323.5	0	376.5	145.5

	2:30PM	15.5	7	63	72	17	317.5	376	0	379.5	145.5
	5:30PM	18.5	7	80.5	75	17	317.5	376	0	379	145.5
	08:30PM	21.5	7	86	95.5	17	317.5	376	0	379	145
06-Dic	2:00AM	27	7	103	98.5	17	317.5	376	0	379	145
	09:30AM	34.5	7	109.5	100.5	17	317.5	376	0	379	145
	3:30PM	40.5	7	109.5	158.5	17	317.5	376	0	394	145
	10:00PM	47	7	109.5	214	17	317.5	376	0	394	398
07-Dic	9:00AM	58	7	110.5	219	19	317.5	376	0	394	399.5
	6:30PM	67.5	7	110.5	219	19	317.5	376	0	394	399.5
08-Dic	1:30AM	74.5	7	110.5	219	19	317.5	376	0	400	399.5
	11:00AM	84	7	110.5	219	19	317.5	376	0	400	399.5
	8:30PM	93.5	7	110.5	219	19	317.5	376	0	400	399.5

09-Dic	9:00AM	106	7	110.5	219	19	317.5	376	0	400	399.5
	2:30PM	111.5	7	110.5	219	19	382.5	376	0	400	399.5
	7:30PM	116.5	7	110.5	219	19	382.5	376	0	400	399.5
10-Nov	9:30AM	130.5	7	110.5	219	19	382.5	376	0	400	399.5
	11:00PM	144	7	110.5	219	19	382.5	376	0	400	399.5
11-Dic	5:30PM	162.5	17.5	110.5	219	19	382.5	376	0	400	399.5
	12:00	169	21.5	110.5	219	19	382.5	376	0	400	399.5

CÁSCARAS TRATADAS

DÍA	HORA	HORAS	BLANCO	BLANCO	CAFÉ	CAFÉ	BLANCO	BLANCO	PLAT	PLAT	BLANCO	BLANCO	C+P	C+P
04-Dic	11:00 p. m.	0												
05-Dic	12:30:00 M	1.5	6.5	7.5	5.5	2	3	0	0	8.5	0	1.5	0	12
	02:00AM	3	7.5	8.5	6.5	2	4	0	0	9.5	0	1.5	0	12
	8:30 a. m.	9.5	7.5	8.5	6.5	2	4	0	0	88.5	0	1.5	32.5	144.5
	10:30:AM	11.5	7.5	78.5	6.5	2	4	0	1	123.5	0	1.5	108	163
	12:30	13.5	7.5	173.5	6.5	2	4	0	3.5	131	0	1.5	180.5	167
	2:30PM	15.5	7.5	254.5	6.5	2	4	0	3.5	131	0	1.5	245	167
	5:30PM	18.5	8	394	6.5	33	4	0	3.5	131	0	1.5	284	167

	08:30PM	21.5	10	394	7.5	33	4	150	9	193.5	0	1.5	284	167
06-Dic	2:00AM	27	10	394	7.5	33	4	325	9	204	0	1.5	284	167
	09:30AM	34.5	11.5	396.5	10.5	45.5	4	325	11.5	204	2.5	1.5	284	168
	3:30PM	40.5	13	399	13.5	58	4	325	14	204	5	1.5	284	169
	10:00PM	47	17	399	16.5	70.5	4	325	16.5	204	7.5	1.5	284	170
07-Dic	9:00AM	58	17	399	46	70.5	4	325	16.5	204	9.5	1.5	284	172
	6:30PM	67.5	17	399	69	99	4	325	16.5	209	9.5	1.5	284	220
08-Dic	1:30AM	74.5	17	399	85.5	99	4	325	16.5	211.5	9.5	1.5	284	250
	11:00AM	84	17	399	107	99	4	325	17.5	218.5	9.5	1.5	284	287.5
	8:30PM	93.5	17	399	128	100	4	325	17.5	240	9.5	1.5	284	341
09-Dic	9:00AM	106	17	399	155.5	100	4	325	17.5	277.5	9.5	1.5	284	341
	2:30PM	111.5	17	399	167	100	5.5	325	19.5	295.5	12	1.5	284	341

	7:30PM	116.5	17	399	177.5	100	5.5	325	19.5	312	13	1.5	284	341
10-Nov	9:30AM	130.5	17	399	205	100	5.5	325	20	353	13	1.5	284	341
	11:00PM	144	17	399	209	100	8.5	325	20	377	14	1.5	284	361.5
11-Dic	5:30PM	162.5	17.5	399	209	100	15.5	325	20	377	58.5	1.5	284	361.5
	12:00	169	17.5	399	209	100	18	325	20	377	205	1.5	284	361.5

			CÁSCARAS TRATADAS + NP											
DÍA	HORA	HORAS	BLANCO	BLANCO	CAFÉ	CAFÉ	BLANCO	BLANCO	PLATA	PLATA	BLANCO	BLANCO	C+P	C+P
04-Dic	11:00 p.m.	0												
05-Dic	12:30:00 M	1.5	0	0	0	4	2.5	0	0	0	0	2	0	2.5
	02:00A M	3	0	0	0	5	2.5	0	0	0	0	2	0	0
	8:30 a.m.	9.5	0	0	0	5	2.5	0	0	200	0	2	167	227.5
	10:30:A M	11.5	0	0	0	5	2.5	0	1	300	0	2	289.5	302.5

	12:30	13.5	0	0	0	5	2.5	0	1	350	0	2	337	336
	2:30PM	15.5	0	0	0	5	2.5	0	1	360	0	2	365.5	348
	5:30PM	18.5	0	0	0	5	2.5	0	1.5	366	0	2.5	399	348
	08:30P M	21.5	0	0	0	5	2.5	0	1.5	369.5	0	2.5	399	348
06-Dic	2:00AM	27	0	0	0	5	2.5	0	1.5	369.5	0	2.5	399	348
	09:30A M	34.5	0	0	0	5	2.5	0	59.5	369.5	0	2.5	399	348
	3:30PM	40.5	1	0	0	31	2.5	0	124. 5	369.5	0	10	399	348
	10:00P M	47	2	0	0	57	2.5	0	189. 5	369.5	0	17.5	399	348

07-Dic	9:00AM	58	2	0	0	57	2.5	0	189.5	369.5	0	20	399	348
	6:30PM	67.5	2	0	11.5	57	2.5	0	189.5	369.5	0	23.5	399	348
08-Dic	1:30AM	74.5	2	0	70	57	2.5	0	189.5	369.5	0	23.5	399	348
	11:00A M	84	2	0	88.5	57	2.5	0	189.5	369.5	0	24.5	399	348
	8:30PM	93.5	2	0	112.5	57	2.5	0	189.5	369.5	0	24.5	399	348
09-Dic	9:00AM	106	2	0	118.5	57	2.5	0	239.5	369.5	0	24.5	399	348
	2:30PM	111.5	2	0	142	59	2.5	0	255	369.5	0	27.5	399	348
	7:30PM	116.5	2	0	152	59	2.5	0	255	369.5	0	27.5	399	348

10-Nov	9:30AM	130.5	2	0	155.5	88.5	2.5	0	255	369.5	0	27.5	399	348
	11:00P M	144	2	0	155.5	117	2.5	0	255	369.5	6.5	29.5	399	348
11-Dic	5:30PM	162.5	2	0	155.5	133. 5	2.5	0	255	369.5	19	32	399	348
	12:00	169	2	0	155.5	150. 5	2.5	0	255	369.5	19	32	399	348

ANEXO 4 :

		<b>FICHA 1. Medición de componentes de biogás</b>				
<b>Título</b>		Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022				
<b>Línea de investigación</b>		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Autores</b>		Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson				
<b>Asesor</b>		Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres				
<b>Dimensión 1 y 2. Composición y periodo</b>						
<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>TIPO DE MUESTRA:</b>				
		<b>Componentes</b>				
		<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>Dioxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</b>	<b>Oxígeno (O<sub>2</sub>)</b>

  
 -----

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mgtr. Pillpa Aliaga, Freddy  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de componentes del biogás  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897



## FICHA 2 : COMPONENTES LIGNOCELULOSICOS

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022			
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson			
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres			
<b>Dimensión 3. Pre tratamiento de café y plátano</b>				
<b>Componentes lignocelulósicos</b>	<b>Plátano</b>		<b>Café</b>	
	<b>Sin tratar</b>	<b>Tratado</b>	<b>Sin tratar</b>	<b>Tratado</b>
<b>Hemicelulosa</b>				
<b>Lignina</b>				
<b>Celulosa</b>				

Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

### V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Mgtr. Pillpa Aliaga, Freddy  
 1.7. Cargo e institución donde labora: Coordinador de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Componentes lignocelulósicos  
 1.10. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897



### FICHA 3. PRUEBAS DE GENERACIÓN DE METANO – ACTIVIDAD METANOGÉNICA ESPECÍFICA

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 4. Pruebas de generación de metano - AME

Día	Hora	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Blanco	Pollo + Ácido Acético	Blanco	Cerdo + Ácido	Blanco	Vaca + Ácido

Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

**IX. DATOS GENERALES**

- 1.11. Apellidos y Nombres: Mgtr. Pillpa Aliaga, Freddy
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Coordinador de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.14. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Pruebas de generación de metano - AME
- 1.15. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90
----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897



**FICHA 4. PRUEBAS DE GENERACIÓN DE METANO – POTENCIAL BIOQUIMICO DE METANO**

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

**Dimensión 4. Pruebas de generación de metano - PBM**

Día	Hora	Muestras tratadas				Muestras tratadas + NP				Muestras sin tratar			
		Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo	Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo	Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo

Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

### XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Mgtr. Pillpa Aliaga, Freddy
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Coordinador de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Pruebas de generación de metano - AME
- 1.20. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897



### FICHA .5 PARÁMETROS FISICOQUIMICOS DE LOS SUSTRATOS E INOCULO

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022							
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales							
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson							
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres							
<b>Dimensión 5. Condiciones de operación de digestión anaerobia</b>								
<b>FECHAS</b>	<b>pH</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>C/N</b>	<b>DQO</b>	<b>DBO5</b>	<b>Alcalinidad</b>
Café								
Plátano								
Inóculo								

Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

### XVII. DATOS GENERALES

- 1.21. Apellidos y Nombres: Mgtr. Pillpa Aliaga, Freddy
- 1.22. Cargo e institución donde labora: Coordinador de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este
- 1.23. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.24. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros fisicoquímicos de los sustratos e inculo
- 1.25. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90
----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Mg.Sc. Freddy Pillpa Aliaga  
CIP: 196897



### FICHA 1. Medición de componentes de biogás

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 1 y 2. Composición y periodo

Día	Hora	TIPO DE MUESTRA:	Componentes			
		Metano (CH <sub>4</sub> )	Monóxido de Carbono (CO)	Dioxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Oxígeno (O <sub>2</sub> )

Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de componentes del biogás  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e Indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

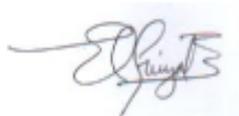
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135



## FICHA 2 : COMPONENTES LIGNOCELULOSICOS

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022			
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson			
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres			
<b>Dimensión 3. Pre tratamiento de café y plátano</b>				
<b>Componentes lignocelulósicos</b>	<b>Plátano</b>		<b>Café</b>	
	<b>Sin tratar</b>	<b>Tratado</b>	<b>Sin tratar</b>	<b>Tratado</b>
<b>Hemicelulosa</b>				
<b>Lignina</b>				
<b>Celulosa</b>				

Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

### V. DATOS GENERALES

- 1.6. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald  
 1.7. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este  
 1.8. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.9. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Componentes lignocelulósicos  
 1.10. **Autor(A) de Instrumento:** Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

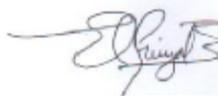
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
 CIP: 92135



### FICHA 3. PRUEBAS DE GENERACIÓN DE METANO – ACTIVIDAD METANOGÉNICA ESPECÍFICA

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 4. Pruebas de generación de metano - AME

Día	Hora	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Blanco	Pollo + Ácido Acético	Blanco	Cerdo + Ácido	Blanco	Vaca + Ácido

Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

### IX. DATOS GENERALES

- 1.11. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfán, Eduardo Ronald
- 1.12. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este
- 1.13. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.14. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Pruebas de generación de metano - AME
- 1.15. **Autor(A) de Instrumento:** Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 08 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135



#### FICHA 4. PRUEBAS DE GENERACIÓN DE METANO – POTENCIAL BIOQUIMICO DE METANO

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 4. Pruebas de generación de metano - PBM

Día	Hora	Muestras tratadas				Muestras tratadas + NP				Muestras sin tratar			
		Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo	Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo	Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo

Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

### XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfán, Eduardo Ronald
- 1.17. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este
- 1.18. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.19. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Pruebas de generación de metano - AME
- 1.20. **Autor(A) de Instrumento:** Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

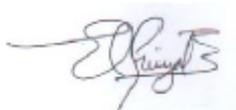
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135



### FICHA .5 PARÁMETROS FISICOQUIMICOS DE LOS SUSTRATOS E INOCULO

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022							
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales							
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson							
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres							
<b>Dimensión 5. Condiciones de operación de digestión anaerobia</b>								
<b>FECHAS</b>	<b>pH</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>C/N</b>	<b>DQO</b>	<b>DBO5</b>	<b>Alcalinidad</b>
Café								
Plátano								
Inóculo								

Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

### XVII. DATOS GENERALES

- 1.21. **Apellidos y Nombres:** Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald
- 1.22. **Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ingeniería Ambiental / UCV Lima Este
- 1.23. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.24. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos de los sustratos e inoculo
- 1.25. **Autor(A) de Instrumento:** Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

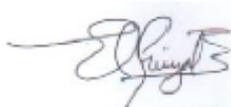
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 06 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Eduardo Ronald Espinoza Farfan  
CIP: 92135



### FICHA 1. Medición de componentes de biogás

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 1 y 2. Composición y periodo

Día	Hora	TIPO DE MUESTRA:	Componentes			
		Metano (CH <sub>4</sub> )	Monóxido de Carbono (CO)	Dioxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Oxígeno (O <sub>2</sub> )

Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Cip. Ivan Cristian Aranda Capcha  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Gerente General de Recursos Naturales / GRP  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Medición de componentes del biogás  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 12 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675



## FICHA 2 : COMPONENTES LIGNOCELULOSICOS

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022			
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson			
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres			
<b>Dimensión 3. Pre tratamiento de café y plátano</b>				
<b>Componentes lignocelulósicos</b>	<b>Plátano</b>		<b>Café</b>	
	<b>Sin tratar</b>	<b>Tratado</b>	<b>Sin tratar</b>	<b>Tratado</b>
<b>Hemicelulosa</b>				
<b>Lignina</b>				
<b>Celulosa</b>				

Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

### V. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Ing. Cip. Ivan Cristian Aranda Capcha  
 1.7. Cargo e institución donde labora: Gerente General de Recursos Naturales / GRP  
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales  
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Componentes lignocelulósicos  
 1.10. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 12 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675



### FICHA 3. PRUEBAS DE GENERACIÓN DE METANO – ACTIVIDAD METANOGÉNICA ESPECÍFICA

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 4. Pruebas de generación de metano - AME

Día	Hora	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		Blanco	Pollo + Ácido Acético	Blanco	Cerdo + Ácido	Blanco	Vaca + Ácido

Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

### IX. DATOS GENERALES

- 1.11. **Apellidos y Nombres:** Ing. Cip. Ivan Cristian Aranda Capcha
- 1.12. **Cargo e institución donde labora:** Gerente General de Recursos Naturales / GRP
- 1.13. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.14. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Pruebas de generación de metano - AME
- 1.15. **Autor(A) de Instrumento:** Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e Indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 12 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675



#### FICHA 4. PRUEBAS DE GENERACIÓN DE METANO – POTENCIAL BIOQUIMICO DE METANO

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

#### Dimensión 4. Pruebas de generación de metano - PBM

Día	Hora	Muestras tratadas				Muestras tratadas + NP				Muestras sin tratar			
		Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo	Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo	Blanco	Café + inóculo	Plátano + inóculo	Café + plátano + inóculo

Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

### XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Ing. Cip. Ivan Cristian Aranda Capcha
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Gerente General de Recursos Naturales / GRP
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.19. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Pruebas de generación de metano - AME
- 1.20. Autor(A) de Instrumento: Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e Indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 12 de diciembre del 2022



Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675



### FICHA .5 PARÁMETROS FISICOQUIMICOS DE LOS SUSTRATOS E INOCULO

<b>Título</b>	Codigestión anaerobia usando residuos de plátano y café con inóculo vacuno para la obtención de biogás a escala laboratorio, 2022							
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales							
<b>Autores</b>	Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson							
<b>Asesor</b>	Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres							
<b>Dimensión 5. Condiciones de operación de digestión anaerobia</b>								
<b>FECHAS</b>	<b>pH</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>C/N</b>	<b>DQO</b>	<b>DBO5</b>	<b>Alcalinidad</b>
Café								
Plátano								
Inóculo								

Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675

## VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 5

### XVII. DATOS GENERALES

- 1.21. **Apellidos y Nombres:** Ing. Cip. Ivan Cristian Aranda Capcha
- 1.22. **Cargo e institución donde labora:** Gerente General de Recursos Naturales / GRP
- 1.23. **Especialidad o línea de investigación:** Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.24. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Parámetros fisicoquímicos de los sustratos e inculo
- 1.25. **Autor(A) de Instrumento:** Castillo Ore, Jhoselyn / Santos Miguel, Jherson

### XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 12 de diciembre del 2022

  
 \_\_\_\_\_

Nombre y apellidos: Ivan Cristian Aranda Capcha  
CIP: 200675



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CABELLO TORRES RITA JAQUELINE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Codigestión Anaerobia Usando Residuos de Plátano y Café con Inóculo Vacuno para la Obtención de Biogás a Escala Laboratorio, 2022", cuyos autores son CASTILLO ORE JHOSELYN MAYBEELVIRA, SANTOS MIGUEL JHERSON DANIEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 6.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 14 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CABELLO TORRES RITA JAQUELINE <b>DNI:</b> 08947396 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9965-9678	Firmado electrónicamente por: RCABELLOTO15 el 14-12-2022 16:48:05

Código documento Trilce: TRI - 0487967