



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Revisión Sistemática de la Obtención de Biogás Mediante la  
Aplicación de Diferentes Tipos de Estiércol**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

**AUTORAS:**

Huamán Borja, Maribel Madeleine (ORCID: 0000-0003-4082-0153)

Huayllani Velásquez, Yanett Yenifer (ORCID: 0000-0001-9890-1437)

**ASESOR:**

Dr. Túllume Chavesta Milton César (ORCID:0000-0002-0432-2459)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación está dedicado a nuestra familia por el apoyo moral en la culminación de la carrera, y por su consecuente esfuerzo en hacer de nuestras personas futuras profesionales con ética, responsabilidad social y ambiental.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos al centro de estudio Universidad César Vallejo por brindarme profesores competentes con altos conocimientos en mi carrera. A nuestro asesor de tesis el Dr. Milton Tullume por guiarme en el transcurso de la duración de la investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización .....	12
3.3. Escenario de estudio .....	14
3.4. Participantes.....	14
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.6. Procedimiento.....	14
3.7. Rigor científico.....	16
3.8. Método de análisis de datos .....	17
3.9. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
V. CONCLUSIONES.....	30
REFERENCIAS .....	32
ANEXOS.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del estiércol de diversos animales. ....	3
Tabla 2. Tipos de estiércol utilizados en la obtención de biogás. ....	9
Tabla 3. Matriz de categorización. ....	13
Tabla 4. Resumen de criterio de recolección en la revisión sistemática de obtención de biogás. ....	16
Tabla 5. Composición química de las muestras de estiércol .....	18
Tabla 6. Los tipos de estiércol usados en la obtención de biogás, parámetros de operación. ....	22
Tabla 7. Parámetros que mejoran la obtención de biogás. ....	26

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Procedimiento de recopilación de recopilación de información .....	15
---	----

## Resumen

La presente tesis tiene como objetivo principal analizar los diferentes tipos de estiércol para la obtención del biogás. Considerando 50 artículos científicos, revistas y antecedentes dado por su importancia de su información, los cuales el 80% de los artículos y revistas son provenientes de la base de datos de Science Direct y Sci-Hub, y otro 20 % de otras revistas científicas y tesis.

Para el procedimiento de búsqueda se utilizó la técnica de análisis documental, el cual consistió en la evaluación de la información a través de palabras claves colocadas en la base de datos de búsqueda académica, considerando también criterios de selección de la información. Acorde a los resultados que se recolectaron en esta investigación se concluyó que, el uso de diferentes tipos de estiércoles presenta un buen rendimiento de microorganismos para la degradación de la materia orgánica de tal manera que la producción de biogás tenga una buena eficiencia y calidad. Así mismo, se abarco las ventajas y desventajas de los distintos tipos de estiércol los cuales determinaron el efecto que puedan tener en la producción de biogás. Por otra parte, se recomienda investigar y profundizar más sobre el uso adecuado del estiércol para producir biogás, tomando consideraciones como métodos físico-químicos que puedan reportar la eficiencia del biogás producido.

**Palabras clave:** Biodigestores, Tipos de Biodigestores, Estiércol de animales, Relación C/N, Temperatura, pH, Biogás.

## **Abstract**

The main objective of this thesis is to analyze the different types of manure for obtaining biogas. Considering 50 scientific articles, journals and antecedents given by the importance of their information, which 80% of the articles and journals come from the Science Direct and Sci-Hub databases , and another 20% from other scientific journals and theses.

For the search procedure, the documentary analysis technique was used, which consisted of evaluating the information through keywords placed in the academic search database, also considering information selection criteria. According to the results collected in this research, it was concluded that the use of different types of manure presents a good performance of microorganisms for the degradation of organic matter in such a way that biogas production has good efficiency and quality. Likewise, the advantages and disadvantages of the different types of manure were covered, which determined the effect they may have on biogas production. On the other hand, it is recommended to investigate and deepen more on the proper use of manure to produce biogas, taking considerations such as physical-chemical methods that can report the efficiency of the biogas produced.

**Keywords:** Biodigesters, Types of Biodigesters, Animal manure, C / N ratio, Temperature, pH, Biogas.



## I. INTRODUCCIÓN

El incremento de un consumo no sostenible de recursos de la naturaleza, ha producido un aumento en la producción de residuos el cual se ha convertido en un problema mundial de orden 1. A este problema se adiciona el cambio climático como resultado de la quema de residuos, el incremento de la utilización de los combustibles fósiles, la reducida probabilidad de mantener una demanda energética, y la continua minimización de los recursos naturales limitados, presionan a la población a desarrollar diversas alternativas de tratamiento para poder contrarrestar problemas diarios, por ello en la actualidad se aplican métodos que puedan colaborar a la protección de los recursos naturales y la generación de recursos energéticos (Llamas, 2015, p. 6).

El continuo aumento poblacional humano a nivel mundial contribuye en el incremento y reducción de los recursos naturales. El alimento que genera el sector agrícola es el 40 % de origen animal. Estudios ambientales afirman que la industria pecuaria tiene gran aporte en el calentamiento global debido a la producción de contaminantes que se vierten en el suelo, agua y atmósfera. Los gobiernos, esencialmente industrializados y otros en desarrollo, establecieron regulaciones para el empleo y tratamiento de excrementos animales para que su impacto ambiental sea lo más reducido posible (Pinos, et al., 2012, p. 359-360).

El estiércol que acumulan las industrias ganaderas puede generar impactos ambientales negativos, si este no posee un buen manejo en la manera de almacenar, transportar o aplicar, pues este emite gases contaminantes que se dirigen a la atmósfera, y la aglomeración de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales (Pinos, et al., 2012, p. 359).

En Europa los precios inestables del gas natural y las preocupaciones a nivel mundial sobre el cambio climático, han propuesto al biogás como una fuente alternativa de bioenergía, las propuestas en la adopción de la digestión anaeróbica (EA) dependen de los nuevos descubrimientos tecnológicos, comprensión biológica para aumentar el rendimiento de la producción y para eliminar los riesgos que conllevan en el ámbito legal (Achinas y Euverink, 2020, p. 1).

En los últimos años la producción y el uso del biogás están brindando un

progreso en las condiciones ambientales y la producción de energía sostenible en las zonas rurales, puesto que, el uso del biogás puede reemplazar en el aprovechamiento de la electricidad, al gas propano y al diésel como recurso energético, por consiguiente, el uso del biogás podrá ser una técnica para disminuir la utilización de energía fósil y las efusiones de gases de efecto invernadero en ciudades avanzadas social y económicamente (León Torres et al.,2019, p. 1) De acuerdo a la problemática expuesta, esta tesis tiene como objetivo General: Analizar los parámetros en los diferentes tipos de estiércol para la obtención del biogás, los objetivos específicos fueron: Identificar los tipos de estiércol más usados en la obtención del biogás, e Identificar los Parámetros de relación para mejorar la obtención de biogás

Así mismo, se planteó el problema general: ¿Cómo influyen los parámetros en los diferentes tipos de estiércol para la obtención del biogás?, y los problemas específicos fueron los siguientes, ¿Cuáles son los tipos de estiércol más utilizados en la obtención del biogás? y ¿Cuáles son los Parámetros de relación para mejorar la obtención de biogás?

Por otra parte, esta investigación tiene una justificación lo cual es llenar el vacío de conocimientos en relación a la elaboración de Biogás, haciendo el uso de diferentes tipos de estiércol. Para brindar conocimientos sobre el mejor rendimiento en la generación de biogás y evitar fallas en el proceso, es necesario controlar eficientemente ciertos parámetros de funcionamiento. (Relación C/N, Ph, temperatura, etc.) (Scarlat, Dallemand, Fahl, 2018, p. 458 y Achinas y Euverink, 2020, p.1).

## II. MARCO TEÓRICO

Se llama estiércol al excremento que genera el ganado, y los animales sumados al excremento de seres humanos. La diferencia radica en el nivel de nutrientes y composición química que lo constituyen. Generalmente el ganado vacuno que es el más singular, es alimentado esencialmente de pasturas o forrajes, común de los animales conocidos como herbívoros, por lo que la composición de sus excrementos es de fibras y agua (Arellano, et al., 2014, p. 6).

**Tabla 1.** Composición química del estiércol de diversos animales.

Nombre común	Nombre científico	% Nitrógeno (N)	% Oxido de Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	% Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	Conductividad Eléctrica (CE) dS/m	pH	Carbono/ Nitrógeno (C/N)
<b>Cerdo</b>	<i>Sus scrofa domesticus</i>	4.00	6.98	0.52	5.40	7.1	9.80
<b>Vacuno</b>	<i>Bos taurus</i>	2.09	2.86	1.41	36.0	8.3	38.8
<b>Gallinaza</b>	<i>Gallus gallus domesticus</i>	2.90	4.08	2.02	9.20	7.1	10.92
<b>Codorniz</b>	<i>Coturnix coturnix</i>	1.50	0.19	1.19	20.0	8.2	22.40
<b>Caprinos</b>	<i>Capra aegagrus hircus</i>	2.17	1.26	2.91	11	8.5	17.2

Fuente: Abonos Orgánicos: Tecnología para el Manejo Ecológico de Suelos (Guerrero, 1993).

Los biodigestores, están diseñados para mejorar la producción de biogás usando desechos agrícolas, estiércol o efluentes industriales, el cual contribuye en la generación de energía limpia y de costo mínimo partiendo de fuentes renovable (Rivas, et al., 2009, p, 40).

El biodigestor está constituido por un depósito en la cual se agrega estiércol que se acumula en el corral adicionando debidamente con agua. También se le puede adicionar distintos tipos de residuos (de cultivos u otra biomasa) por lo cual se debe realizar un tratamiento previo. El biodigestor tiene una poza de entrada, para depositar el estiércol y los residuos de biomasa; el biodigestor, que son las

bolsas para la salida que va unida al almacén de biol; la salida de biogás, se encuentra en la parte superior va unida a un depósito donde se acumula el biogás para luego ser usado en cocinas o pequeñas lámparas a gas. Adicional a este tiene otros elementos como la válvula de seguridad, que minimiza problemas por sobre presión del gas y filtro de sulfuro de Hidrogeno ( $H_2S$ ) (Biodigestores en el Perú, 2011, p. 05).

Según su manera de operar con relación a su alimentación, se clasifican en continuos (Sistema de desplazamiento horizontal, Sistema de tanques múltiples y Sistema de tanque vertical), Semi continuos (biodigestor de domo fijo (chino), hindú y los tubulares) y Discontinuos o régimen estacionario que son los más simples (Manser, et al, 2015, p. 360).

Por lo tanto, los biodigestores continuos, la alimentación es un proceso ininterrumpido, ya que el efluente de descarga y carga son iguales, la generación de biogás es uniforme a través del tiempo y son usados generalmente para tratar aguas negras y en plantas industriales con equipos adecuados para darles alimentación, calefacción y agitación, se produce gran capacidad de biogás que es aprovechada por la industria, en este tipo de biodigestor se encuentra el biodigestor horizontal (Inglese, et al, 2018, p.195).

Por otra parte, los semi continuos, tiene mucha materia prima en la primera carga, conforme pasa el tiempo, se van agregando volúmenes de cargas que se calculan en relación al tiempo de retención hidráulico y el volumen del biodigestor. Se libera el efluente de manera regular en la misma proporción del efluente que se incrementó. Este sistema se usa para un sistema pequeño, de utilización doméstica. Los tipos más comunes son el biodigestor Indiano y chino (Mutungwazi, Mukumba y Makaka, 2018, p.175).

Así mismo, el biodigestor discontinuo o régimen estacionario es de una sola carga, en el cual, cuando el rendimiento de la producción de biogás disminuye, se vacía el biodigestor y se inicia otra vez el procedimiento para la fermentación. Ante ello el más común de estos sistemas es el Biodigestor Batch o Batelada, lo cual tiene un depósito hermético con una salida que va hacia un gasómetro que permitirá el llenado del gas. Son usados mayormente en explotaciones agropecuarias, ya que usarla a escala doméstica no es práctico. (Eden,

Ierapetritou y Towler ,2018, p.644).

El biogás está conformado por gases que originan las bacterias en el transcurso de biodegradación del biomaterial bajo situaciones anaerobias sin oxígeno que consiste primordialmente de metano y dióxido de carbono, sin embargo, posee muchas otras impurezas. La constitución del biogás va a depender del material que se está digiriendo y del manejo de dicho proceso. Si el biogás contiene una proporción de metano que supera los 45% se dice que es inflamable (Treichel,2019, p.5 & Angelidaki et al, 2019, p.817).

La digestión anaerobia (EA) es un proceso biológico que transforma los sustratos orgánicos en biogás sin la presencia de oxígeno, además, este proceso es complejo y degradativo en la que los sustratos orgánicos como estiércol de animales y residuos de vegetales también son transformados en biogás por lo que, el biogás está constituido de metano, dióxido de carbono y otras impurezas, por un grupo de bacterias que son enteramente cohibidas por el oxígeno o Iniciadores. Este proceso se ha practicado durante años, ya que sigue siendo un foco de investigación en la actualidad (Zhang, Hu y Lee,2016, p.1).

En el biodigestor se darán en 4 etapas con reacciones simultáneas , la primera es la hidrólisis en la cual se degrada los hidratos de carbono, proteínas y lípidos de la materia orgánica compleja para convertirse en azúcares, aminoácidos, ácidos grasos; es decir, en materia orgánica soluble que en la siguiente etapa de acidogénesis será transformada en ácidos orgánicos tales como acético, propiónico y butírico; la tercera etapa de acetogénesis, el producto es transformada en (H<sub>2</sub>), CO<sub>2</sub> y acetato (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> ),en la última etapa de metanogénesis , se tendrá la vía acetoclástica, que convierte el ácido acético en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, y la vía hidrogenotrófica, que del H<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> genera CH<sub>4</sub> (Turco,Ausiello,Micoli,2016,p.5)

Las bacterias involucradas en la hidrólisis son bacteroides, lactobacillus, propioni- bacterium, sphingomonas, sporobacterium, megasphaera, bifidobacterium, en la acidogénesis son del género clostridium, paenibacillus y ruminococcus, para la acetogénesis las bacterias peptostreptococcus, propionibacterium, bacteroides, micrococcus, clostridium y para la metanogénesis son methanobacterium, methanospirillum hungatii y

methanosarcina (swiatek, et al, 2019, p.26).

En el proceso anaerobio influyen los parámetros físicos y químicos como la temperatura que influye generalmente para que los microorganismos crezcan y sobrevivan, sin embargo, tratar anaeróbicamente es aceptable en los rangos de temperatura psicrófila, mesófila y termófila, particularmente la reducida temperatura lleva a disminuir la velocidad de crecimiento y acción metanogénica. La digestión anaerobia termófila (55-70°C) es ventajosa sobre la digestión mesófila (37°C) generando en una mayor rapidez de reacción y mejor generación en comparación con la digestión anaerobia mesófila. Las mejores condiciones para digestión anaerobia optarían a ser la hidrólisis/acidogénesis termófila y metanogénesis mesófila (Mao et al., 2015, p. 542 y Tabatabaei, Ghanavati, 2019, p.135)

El factor que limita la actividad en la digestión anaerobia es el pH, pues afecta esencialmente al proceso enzimático de los microorganismos. Los valores del pH se minimizan cuando la concentración de los iones de hidrógeno aumenta, yendo en un intervalo de 0 a 14. Los pH inferiores a 7.0 son ácidos, los que son superiores a 7.0 son alcalinos y/o básicos, los cercanos a 7.0 son llamados neutros. (Meza, 2011, p. 46).

Según Guardia, 2012. El pH una de las principales variables para la fase de hidrólisis-acidificación, los valores de pH por debajo de 5 influyen significativamente la generación de los ácidos orgánicos. p. 96, el de óptimo valor de pH alrededor de 6 los más considerados para obtener mejores niveles de esos compuestos en esta fase. (Lemmer et al., 2017, p. 663-664), coincide en afirmar que el pH influye significativamente en la digestión anaerobia pues altera la solubilización de materias orgánicas. La mejor eficacia de generación de metano se ha dado conservando un pH entre 6,8 y 7.2. Microorganismos hidrogenantes y acidogénicos trabajan con valores en un intervalo de 5.5 y 6.5. El pH adecuado para el microorganismo metanogénico se encuentra alrededor de 7.0, teniendo similitudes a lo expuesto por (Rajeshwari, et al., 2000, p 142) quien da a conocer que las reacciones anaeróbicas dependen del pH, siendo el mejor rango para las bacterias metanogénicas un rango de 6.8 a 7.2.

La mejor relación de C/N concede el adecuado nutriente para los

microorganismos, originando una mayor generación de biogás. Los valores de C/N muy bajos de lo que se requieren conllevan a obtener mayores valores en las concentraciones de amoníaco, lo que no permite el desarrollo microbiano. La digestión anaerobia se estabiliza cuando la relación C/N se encuentra entre de 20 a 30, teniendo como perfecto punto una relación de 17:1. Por otro lado si la producción de metano presenta reducidos valores de C/N aumenta el riesgo por la excesiva cantidad de nitrógeno y la misma vez se inhibe el proceso, mientras que los mayores valores muestran la poca cantidad de nitrógeno para la síntesis de biomasa. Valores entre 20-30 generan buenos resultados y aumentan el rendimiento y el potencial de metano. (Mao, et al., 2015, p 543).

El Tiempo de Retención Hidráulica TRH) indica el tiempo medio que la combinación de agua y estiércol que estará permanecido en un biodigestor, por lo que las bacterias asimilan la materia orgánica en el estiércol y generan biogás. Este tiempo, va a ser dependiente de la temperatura y lugar donde se va a colocar el biodigestor. Así, a bajas temperaturas se necesitará más tiempo de retención, ya que las bacterias en baja productividad necesitarán más tiempo para asimilar el estiércol y generar biogás. (Fao ,2019, p 10)

En la agitación y mezclado es importante tener una densidad bacteriana uniforme y reducir la posibilidad de tener lugares sin actividad biológica, también se evitaría sedimentación dentro del biodigestor. El proceso anaeróbico debe tener equilibrio entre las bacterias, si no existe equilibrio se reducirá la generación de biogás; por lo tanto, agitar incrementa la generación de biogás y reduce el THR, esto se debe a que existirá una uniforme distribución de la temperatura, substratos, productos y se reduce la espuma que no permite que el biogás salga. Se tiene 3 tipos de agitador, la mecánica con agitador, la hidráulica con bombas de flujo y burbujeo a través de cañerías. (Ortiz, et, al.,2019, p.11)

La presente tesis se realizará un estudio exclusivamente de los de obtención de biogás y analizar los diferentes tipos de estiércol, también es de suma importancia verificar que los resultados obtenidos varían de acuerdo con las condiciones en las que se operan. En distintas investigaciones que han contribuido en los estudios de tipos de estiércol, por lo que es factible sintetizar la información, tal como se muestra en la tabla 2. Cabe resaltar que los tipos de estiércol se usan en combinación con otros tipos para un mejor

resultado de obtención de biogás.



**Tabla 2.** Tipos de estiércol utilizados en la obtención de biogás.

AUTOR (ES)	TIPOS DE ESTIÉRCOL	CONDICIONES DE OPERACIÓN	RESULTADOS
López, et al., 2012.	Estiércol de Porcino	Temperatura (37±2°C). Volumen de trabajo 585 MI. Tiempo de operación 25 días.	Al final se demostró el inóculo porcino es viable utilizado para el manejo de digestores que traten anaeróbicamente los desechos agroindustriales.
Antonio, et al., 2020.	Estiércol de Porcino	Tiempo de operación un mes. Volumen de trabajo 1800 m³. Temperatura ambiente.	Los resultados muestran que el potencial de producción de biogás en diferentes condiciones, en materia porcina en el enfoque de la economía circular.
Wang, et al., 2016.	Estiércol de Porcino	Volumen de trabajo 125 L. Temperatura 35 °C. Tiempo de operación 20 días.	Los resultados indican que NH <sub>3</sub> y N <sub>2</sub> O son las dos principales emisiones de gases del almacenamiento de BDE, y la investigación futura sobre mitigación para el almacenamiento de BDE debería centrarse más en N <sub>2</sub> O y NH <sub>3</sub> .
Ning, et al., 2019.	Estiércol de Porcino	Volumen de trabajo de 8 L. Temperatura se mantuvo a 37 ± 1 °C. C/N (13,45, 20, 25, 30, 35 y 300)	Se encontró que la producción de biogás más alta tuvo como resultado con una relación C / N de 25, mientras que el mejor rendimiento de la suspensión de biogás se logró con una relación C / N de 35.
Vizcon y Sanchez, 2019.	Estiércol de Bovino	Tiempo de operación 14 días. Volumen de trabajo 6,131 litros. Temperatura 50 °C.	se extrapolan al nivel industrial, se puede concluir que la codigestión anaerobia de estiércol bovino, lodos cloacales y residuos de comida representa una gran posibilidad energética y de ganancia económica

Pulido, Rivera y Espitia, 2018.	Estiércol de Bovino	Tiempo de operación 37 días. Volumen de trabajo 10 litros. Temperatura 34 °C y 36 °C.	Se caracterizó, por gravimetría y calorimetría, variables que se asocian al sistema de digestión anaerobia. En el control, el controlador on-off conservo la presión del gas en el rango esperado y el controlador PI genero la temperatura que se deseaba en el proceso.
Barrena, et al., 2019.	Estiércol de Bovino	Volumen de trabajo de 9 m <sup>3</sup> . Tiempo de operación 29 días. Temperatura ambiente promedio de 14,4 °C.	Rendimiento del biogás como combustible para cocina Se tuvo un consumo promedio de 2820 L de biogás en un tiempo de 4,13 horas
Cendales y Jiménez, 2014.	Estiércol de Bovino	Temperatura 30 °C. tiempo de operación 30 días. Volumen 1000ml.	Según los resultados que se obtuvieron en este estudio a través los ensayos de biodegradabilidad anaeróbica, se puede decir que es aceptable la producción de biogás con un alto porcentaje de metano partiendo de la

			codigestión anaeróbica de los desechos cítricos y el estiércol bovino.
Achinas, et al., 2018.	Estiércol de Ovino	Temperatura (36 ± 1 C). Volumen de trabajo de 350 mL. Tiempo de operación 24 días.	Los resultados muestran claramente la principal contribución de los microorganismos, la esterilización de estiércol de ovino tiene un rendimiento de biogás menor de 89,0 NmL de biogás
Cestonaro, 2015.	Estiércol de Ovino	Volumen de trabajo 6L. Tiempo de operación 5 meses. Temperatura ambiente.	Resultados muestran que la adición de estiércol de ganado P50% a la mezcla aumenta la producción de biogás y mejora la calidad del biofertilizante final

Xing, et al., 2020.	Estiércol de Ovino	Tiempo de operación 4 meses. Volumen de trabajo de 0,7 L. Temperatura 39 ° C.	Los resultados indicaron que los microorganismos del rumen de las ovejas para el pretratamiento de la biomasa lignocelulósica y maximizaban el CH <sub>4</sub> rendimiento a través del proceso, después de aproximadamente cuatro meses de operación continua
------------------------	--------------------	---	--

Fuente: Elaboración Propia.

### **III. METODOLOGÍA**

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

El tipo de investigación básica es la diferencia tipos de investigación, acorde con el tema que se toca se generan resultados de la situación problema, estas son para incrementar los conocimientos y poner en práctica los conocimientos (Ander, 2011, p.41).

El diseño de investigación es cualitativo, cuyo nombre es dirigido también como fenomenológica, tiene como característica, entre otras cosas, adquirir información de forma inmediata y personal, usando técnicas y procedimientos que se basan en el contacto directo con la gente o realidad que se investiga (Ander, 2011, p.47).

#### **3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización**

Se llaman categorías a los diferentes valores, alternativas y la manera en el que se clasifican, conceptualizan y codifican términos o expresiones de forma clara que no se presente errores con los fines de vuestra investigación, en las alternativas son pocionados y clasificados los elementos que se estudian (las unidades de análisis) (Romero 2005, p. 1). por ello la presente tesis, las categorías están basadas en la naturaleza de operación de los tipos de estiércol, los cuales fueron recopilados y explicados por los artículos de las distintas revistas científicas, en tanto que, las subcategorías detallan las técnicas que se derivan de los tipos de estiércol.

**Tabla 3.** Matriz de categorización.

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Identificar los tipos de estiércol más para la obtención del biogás	¿Cuáles son los tipos de estiércol más utilizados en la obtención del biogás?	Tipos de Estiércol	Estiércol de porcino Estiércol de bovino Estiércol de ovino	Niveles de nutrientes	Composición Química	
Identificar los Parámetros de relación para mejorar la obtención de biogás	¿Cuáles son los Parámetros para mejorar la obtención de biogás?	Parámetros	Parámetros que mejoran la obtención de biogás	Parámetro Químico	Parámetros físicos	Parámetros físicos

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3. Escenario de estudio

Escenario constituye la descripción de un futuro posible y de la forma de alcanzarlo (Alexandra y cely, 1999, p. 26). En la presente tesis se realizó una minuciosa revisión documental sobre los tipos de estiércol utilizados en la obtención de biogás para lo cual, se acudió a diversas fuentes de información sobre el estudio, debido que, por emplear el diseño narrativo de tópico.

### 3.4. Participantes

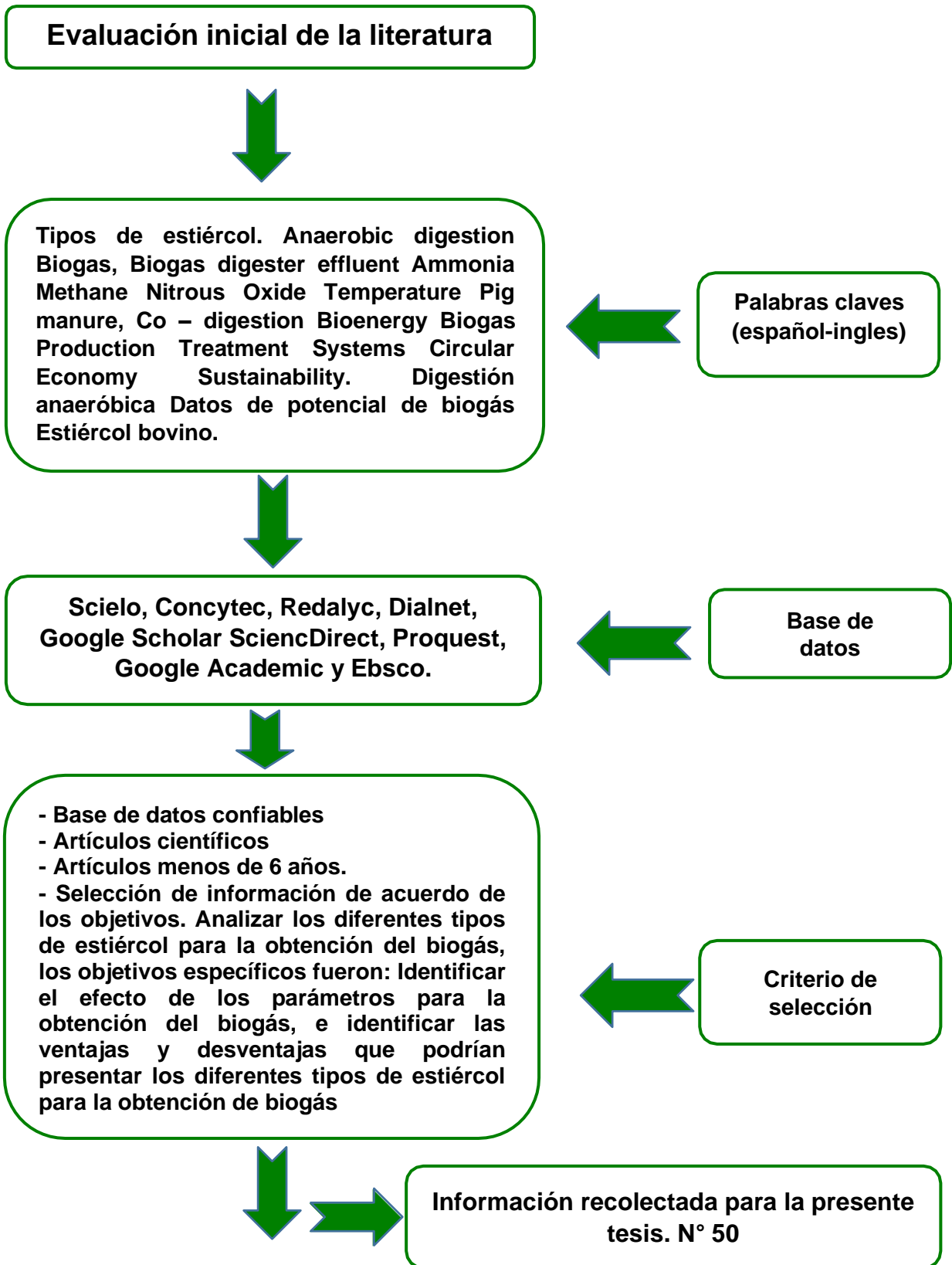
En la presente tesis, respecto del tema, se recurrió a fuentes y bases de datos para poder obtener información necesaria como artículos científicos, artículos de revisión, artículos bibliográficos, las fuentes fueron: Scielo, Concytec, Redalyc, Dialnet, Google Scholar SciencDirect, Proquest, Google Academic y Ebsco. Además, las fuentes se encuentran disponibles en inglés y español y están elaborados por distintos investigadores de Latinoamérica y el mundo.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos es el método que sirve para juntar los datos que deseo analizar (Rodríguez, 2008). La técnica de recolección de datos menciona que, al recolectar datos acordes con la investigación sobre atributos, conceptos o variables de las unidades de análisis, por lo tanto, se pueden dividir en fuentes primarias y secundarias. Revisión de trabajos previos: Se revisó las fuentes bibliográficas. (Hernández, 2014). Por lo tanto, la información relacionada de la obtención de biogás por medio de diferentes tipos de estiércol, incluye título del Autor (es), objetivos, tipo de documento, nombre de la revista u editorial, propiedades del estiércol, biodigestores, tiempo de producción, efectos de los parámetros y calidad del biogás, facilitando así la interpretación de la presente tesis, así como se muestra en el Anexo tabla N° 1.

### 3.6. Procedimiento

En la presente tesis el procedimiento contiene distintas etapas como: la evaluación inicial de la literatura, palabras claves, la documentación que se obtiene primordialmente de la base de datos académicas, criterios de selección y la cantidad de documentos seleccionados para la presente tesis, así como se muestra en la figura N° 1.



Grafica 1. Procedimiento de recopilación de recopilación de información

**Tabla 4.** Resumen de criterio de recolección en la revisión sistemática de obtención de biogás.

Tipos de documentos	Referido	Cantidad	Palabra clave	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
Artículo científico	Tipos de estiércol	45	Digestión anaeróbica Datos de potencial de biogás en diferentes tipos de Estiércol.	Descripción de los Tipos de estiércol.	No es de naturaleza Los tipos de estiércol incluyen un conjunto de métodos.
Revista	Estiércol de bovino	5	Obtención de biogás	Artículos menores a 6 años y base de datos confiables.	Artículos en base de datos no confiables

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.7. Rigor científico

El rigor científico para la presente tesis, se basó según su validez y confiabilidad tomando en cuenta los siguientes criterios (Tabla N° 4). Criterios de rigor científico en la investigación: Revisión sistemática de la obtención de biogás mediante la aplicación de diferentes tipos de estiércol.

Se garantiza mediante la teoría que en una investigación científica se da mediante los siguientes criterios como la dependencia, credibilidad, transparencia, fundamentación y autenticidad, todo ello complementado con la coherencia al momento de redactar (Valencia, 2011, p. 502)

Dependencia: Se describe mediante la equivalencia de resultados extraídos a partir de datos y análisis similares en los diversos estudios analizados esto es, resultados consistentes (Valencia, 2011, p. 502).

Credibilidad: Es la validez, se relaciona con la capacidad para comunicar los la opinión 3 de los participantes, de un modo vinculante con el problema de investigación (Valencia, 2011, p. 502).



Transferencia: El investigador al momento de trasladar la información, pues se ofrecerá información veraz, amplia y clara del problema analizado (Valencia, 2011, p. 502). Fundamentación: La investigación se desarrolla en un marco teórico sólido producto de una revisión literaria del tema de referencias actuales y validadas (Valencia, 2011, p. 502). Autenticidad: La información no ha sido manipulada, se ha denotado tal y como están en las investigaciones (Valencia, 2011, p. 502).

### 3.8. Método de análisis de datos

El método de análisis es un proceso que depende de la información que se recoge la teoría que se obtiene y del análisis que se usaran para dirigirla hacia un nuevo acopio de datos (Queceso y Castaño 2002 p. 25). Por lo tanto, en el presente estudio, la metodología de análisis de datos se realizó usando el método de grupos de categorías, los cuales cada uno contenía su objetivo general y específico (Tabla N° 3), delimitando por descripciones y criterios coherentes, agrupando la información de los artículos investigados referente a la producción de biogás por medio diferentes estiércoles de animales.

### 3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos que se usaron en la presente tesis son aquellos que nos permitieron identificar a los autores de los artículos científicos indizados, para conseguir una alta validez del contenido de la investigación. Para realizar ello se citó correctamente las referencias bibliográficas en formato ISO 690-2, se cumplió con el código de ética de la UCV-2020, en toda instancia.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con respecto a los parámetros de operación se presentan en la siguiente tabla

Tabla 5. Composición química de las muestras de estiércol

TIPOS DE ESTIÉRCOL	COMPOSICIÓN QUÍMICA	NIVELES DE NUTRIENTES	AUTORES
ESTIÉRCOL DE PORCINO	Proteínas (%)=10,75 Lignina (%)=21.47 Ceniza (%)=15,97	Calcio 4,45% N(%)=0.816 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=4.277 K <sub>2</sub> O (%)=0.845	Noreña, Osorio y Gomes ,2016
	Ceniza (%)=23.67 Lignina (%)=21.49 Proteínas (%)=10.95	N(%)=2.04 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=6.1 K <sub>2</sub> O (%)=1.63 CaO(%)=3.98 MgO (%)=2.0	Moreno y Cadillo,2018
	Proteínas (%)=9.37 Lignina (%)=20.65 Ceniza (%)=23.62	N(%)=2.04 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=6.1 K <sub>2</sub> O (%)=1.60 CaO(%)=3.98 MgO (%)=2.0	Moreno y Cadillo,2018
	Proteínas (%)=9.02 Lignina (%)=34.6 Ceniza (%)=19.14	N(%)=0.3 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=0.1 K <sub>2</sub> O (%)=1.03 CaO(%)=0.49 MgO (%)=0.04	Godon , 2014.

<b>ESTIÉRCOL DE BOVINO</b>	Proteínas (%)=9.05 Lignina (%)=35.57 Ceniza (%)=19,66	N=0.9% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=0.15 K <sub>2</sub> O (%)=1.63 CaO(%)=0.49 MgO (%)=0.04	Taiganides y Hansan,2016
	Proteínas (%)=8.58 Lignina (%)=34.2 Ceniza (%)=18.78	N=2% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=0.5 K <sub>2</sub> O (%)=1.63 CaO(%)=0.49 MgO (%)=0.04	Morris,2015
<b>ESTIÉRCOL DE OVINO</b>	Proteínas (%)=3,75 Lignina (%)=31.90 Ceniza (%)=25.76	N= 2% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=0.3 K <sub>2</sub> O (%)=0.15 MgO (%)=3	Ramirez,2017
	Proteínas (%)=3,72 Lignina (%)=31,45 Ceniza (%)=25.86	N= 0.6% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=1 K <sub>2</sub> O (%)=0.14 MgO (%)=3	Castrillón ,2016
	Proteínas (%)=3,70 Lignina (%)=32,00 Ceniza (%)=25.95	N= 0.3% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)=0.5 K <sub>2</sub> O (%)=0.14 MgO (%)=3	Euverink,2018

En la tabla 5 muestra los resultados de la composición química y los niveles de nutrientes utilizados para cada tipo de estiércol.

Los resultados muestran la composición química del estiércol de porcino, el porcentaje de proteínas en un rango de 9.37 a 10.75 %, de lignina en un rango de 20.65 a 21.45%, de ceniza en un rango de 15.97 a 23.67%

Los resultados muestran la composición química del estiércol de bovino, el porcentaje de proteínas en un rango de 8.58 a 9.05 %, de lignina en un rango de 34.2. a 35.57%, de ceniza en un rango de 18.78 a 19.66%

Los resultados muestran la composición química del estiércol de ovino, el porcentaje de proteínas en un rango de 3.70 a 3.75 %, de lignina en un rango de 20.65 a 21.45%, de ceniza en un rango de 31.45 a 32%

Según FAO (2013), la composición química del estiércol, los que toman mayor importancia son el porcentaje de proteínas y el nivel de lignina

Las sustancias que poseen mucha cantidad de lignina no se aprovechan directamente pues estos necesitan de macerados o compostaje para poder soltar sustancias accesibles de las incrustaciones de lignina. En los estiércoles animales, la degradación dependerá del tipo de animal y el alimento que hallan tenido. Se presentan diferencias valores tanto en la generación como de rendimiento en gas con cada tipo de estiércol por lo que es importante la composición química y el nivel que deberá tener cada estiércol para presentar una buena producción de biogás serian, bovino 19,66 %, porcino 23,67%, ovino 25,95%

Los resultados de niveles de nutrientes arrojan para el estiércol de porcino el porcentaje Calcio 4,45%, de Nitrógeno en un rango de 0.816 a 2.04 %, de  $P_2O_5$  en un rango de 4.277 a 6.1 %, de  $K_2O$  en un rango de 1.60 a 1.63 %

Los resultados de niveles de nutrientes arrojan para el estiércol de bovino el porcentaje de Nitrógeno en un rango de 0.3 a 2%, de  $P_2O_5$  en un rango de 0.1 a 1.5 %, de  $K_2O$  en un rango de 0.5 a 0.10 %

Los resultados de niveles de nutrientes arrojan para el estiércol de ovino el porcentaje de 0.3 a 2 % de Nitrógeno, de  $P_2O_5$  en un rango de 0.3 a 1 %, de  $K_2O$  en un rango de 0.14 a 0.15 %

El carbono y el nitrógeno son las esenciales fuentes de donde se alimentan de las bacterias metanogénicas. El carbono forma parte de la fuente de energía y el nitrógeno se usa para la creación de nuevas células. El estiércol suele tener un alto contenido de nitrógeno en forma de amoníaco, lo que constituye un obstáculo para la digestión anaerobia. El estiércol tiene una relación de carbono a nitrógeno (C / N) baja, lo que aumenta la probabilidad de que el proceso falle o se inhiba.

Cuando se usa como materia prima única. Los residuos que tienen mucho contenido de nitrógeno contribuirán a la alcalinidad del sistema. La materia que contienen alto contenido de proteína, contiene purina que ayudan a la ingesta de nitrógeno, (McVoitte, Y Clark, 2019)

Tabla 6. Los tipos de estiércol usados en la obtención de biogás, parámetros de operación.

TIPOS DE ESTIÉRCOL	PARÁMETROS DE OPERACIÓN	PH	POR SU TEMPERATURA	POR EL THR	AUTORES
<b>Estiércol de Porcino</b>	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	7	37°C.	25 días	López, et al., 2012.
	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	6	Temperatura ambiente.	1 mes	Antonio, et al., 2020.
	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	7-8	35 °C.	20 días	Wang, et al., 2016.
	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	7-8	37 ± 1 °C	8 días	Ning, et al., 2019.
<b>Estiércol de Bovino</b>	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	7-8	50 °C.	14 días.	Vizcon y Sanchez, 2019.
	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	6-7	34 °C y 36 °C.	37 días.	Pulido, Rivera y Espitia, 2018.
	Volumen de trabajo. Temperatura. Tiempo de operación.	7	14,4 °C.	2 meses.	Barrena, et al., 2019.
	Volumen de trabajo. Temperatura.	7	30 °C.	30 días	Cendales y Jiménez, 2014.

	Tiempo de operación.				
<b>Estiércol de Ovino</b>	Volumen de trabajo.				
	Temperatura.	7-7.5	36 C.	24 días.	Achinas, et al., 2018.
	Tiempo de operación.				
	Volumen de trabajo.		Temperatura ambiente	5 meses.	Cestonaro, 2015.
	Temperatura.	7			
	Tiempo de operación.				
	Volumen de trabajo.				
	Temperatura.	6.8-7.5	39 ° C.	4 meses.	Xing, et al., 2020.
	Tiempo de operación.				

Fuente: Elaboración Propia. En la tabla 5 muestra los resultados de los parámetros utilizados para cada tipode estiércol.

Para el estiércol de porcino los autores señalan que el pH óptimo de operación está entre 7 y 8. La temperaturas de operación tiene una variaron entre 14 y 50 °C . y el THR (tiempo de retención hidráulica) ,entre 8 -25 días.

Según la Guía Teórico-Práctica sobre el Biogás y Biodigestores (2019), indican que es fundamental controlar el pH, ya que, el sistema biológico encargado de la generación de biogás es altamente dependiente del pH, en especial los microorganismos metanogénicos que se encargan de la producción de metano. Un pH óptimo se encuentra en el rango de 7,0 a 7,8.p.8.

El proceso anaerobio es muy dependiente de la temperatura, puesto que tiene influencia en reproducción de microorganismos, conforme se incrementa la temperatura, es mayor la rapidez de crecimiento y la reacción de los procesos biológicos. Este factor apresura el proceso de digestión generando mayor obtención de biogás en menor tiempo. (Tabatabaei, Ghanavati ,2019, p.135).

-Según FAO (2013), la velocidad de degradación depende en gran parte de la temperatura; mientras mayor sea la temperatura, menor es el tiempo de THR o fermentación para obtener una buena producción de biogás. Generalmente se trabaja con tiempos de retención entre 20 y 55 días.p.42

Para el estiércol de bovino los autores señalan que el pH óptimo de operación está entre 7 y 8, la temperaturas de operación variaron entre 14 y 50 °C. Y el THR (tiempo de retención hidráulica), entre 8 -25 días. Se destaca que según Barrena 2019 trabajo a baja temperatura, por lo que, la producción es notoria en mayor cantidad de tiempo.

-FAO (2013) afirma que rango mesofílico (25 -35 °C) es el más usado para conseguir una mayor velocidad del proceso, se debe trabajar en el rango termofónico, sin embargo el rango psicofílico (15-18 °C ) reacciona con mínimos problemas de estabilidad a diferencia de otros rangos de temperatura de operación .p.39

-El pH es una principal variable para la fase de hidrólisis-acidificación, los rangos menores a pH a 5 impactan fuertemente en la generación de los ácidos orgánicos, los rangos alrededor de pH 6 los más óptimos para la obtención de mayores niveles de compuestos en esta fase. La inevitable la disminución de la



actividad metanogénica con valores mayores a pH 8.0 se puede ser consecuencia de los cambios de  $\text{NH}_4^+$  a formas más tóxicas no iónicas de  $\text{NH}_3$ . (Lemmer et al., 2017, p. 663-664). Para el estiércol de ovino los autores señalan que el pH óptimo de operación está entre 7 y 8, las temperaturas de operación variaron entre 14 y 50 °C. Y el THR (tiempo de retención hidráulica), entre 8 -25 días.

Según Rajeshwari (2000) afirma que el pH influye principalmente en la digestión anaerobia pues altera la solubilización de materias orgánicas. La mayor producción de metano se da conservando un pH de 6,8 a 7.2. Microorganismos hidrogenantes y acidogénicos optan por valores en el intervalo de 5.5 y 6.5. El pH recomendado para el microorganismo metanogénico es cerca del valor de 7.0. Las reacciones anaeróbicas son muy dependientes del pH, siendo el mejor rango para las bacterias metanogénicas un pH de 6.8 a 7.2. p.142

Según la Guía Teórico-Práctica sobre el Biogás y Biodigestores (2019), En el proceso de digestión anaeróbica la temperatura juega un papel importante sobre los aspectos físico-químicos. La solubilidad de los gases que se generan, disminuye al ascender la temperatura. Este fenómeno tiene la desventaja ya que al disminuir la solubilidad del  $\text{CO}_2$  genera un incremento del pH, lo que produce, en lodos de mucha concentración de amonio, algunos problemas de inhibición por  $\text{NH}_3$ . p.9

-Cuanto mayor sea el TRH, es mayor el grado de materia orgánica que se degrada, como también generación de metano. Sin embargo el metano comenzará a reducirse una vez llegue al nivel óptimo. El tiempo de retención frecuente en el rango mesofílico está entre 15 y 20 días, el valor generalmente dependerá del tipo de reactor utilizado. (FAO 2013, P.35)

Tabla 7. Parámetros que mejoran la obtención de biogás.

TIPOS DE ESTIÉRCOL	PARÁMETROS QUE MEJORAN LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS	PORCENTAJE DE ST	PORCENTAJE DE SV	RELACION DE C/ N	AUTORES
<b>Estiércol de Porcino</b>	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	73%	91%	13:1	Bautista, V., 2016
	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	13%	77%	13:1	Durazno, A., 2018
	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	29%	13%	8:1	Wang, et al., 2016.
	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	25%	20%	13:1	Ning, et al., 2019.
<b>Estiércol de Bovino</b>	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	79%	96%	25:1	Vizcon y Sanchez, 2019.
	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	14%	80%	25:1	Durazno, A., 2018
	Porcentaje de ST Porcentaje de SV Rango de pH	10%	32%	30:1	McVoitte y Grant Clark,2019

	Porcentaje de ST			25:1	Ruiz, R., 2017
	Porcentaje de SV	26%	82%		
	Rango de pH				
<b>Estiércol de Ovino</b>	Porcentaje de ST			35:1	Sarabia, et al., 2017
	Porcentaje de SV	45%	64%		
	Rango de pH				
	Porcentaje de ST			35:1	Cestonaro, 2015.
Porcentaje de SV	4%	72%			
Rango de pH					
	Porcentaje de ST			35:1	Xing, et al., 2020.
	Porcentaje de SV	43%	20%		
	Rango de pH				

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados para el estiércol de porcino muestran un porcentaje de sólidos totales de 13 a 73 %. Un porcentaje de sólidos volátiles en un rango de 20 a 91 %, y una relación de C/N de 13:1. Destacando que Wang trabaja con un rango de operación de C/N de 8:1, distinto al resto de autores.

Según la Guía Teórico-Práctica sobre el Biogás y Biodigestores (2019), cuando se tiene una relación de C/N por debajo de 8:1, se forma excesivamente el amoníaco que es un tóxico e inhibidor del proceso. Una elevada concentración de Nitrógeno y Amoníaco destruyen las bacterias metanogénicas. La relación óptima de C/N para el estiércol de porcino es de 13:1 .p.35

Según FAO (2013), El porcentaje de sólidos totales que contiene el estiércol que se mezcla y se carga el digestor es el factor principal a tomar en cuenta para que el proceso se realice de una manera óptima. El movimiento de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve muy limitada si existe un aumento de contenido de sólidos, en consecuencia será afectada la eficiencia y la generación de gas. El porcentaje de sólidos totales es importante, por lo que para el estiércol de porcinos se requiere un porcentaje de 15-49%.p.36.

Los resultados para el estiércol de bovino muestran un porcentaje de sólidos totales de 26 a 79 %. Un porcentaje de sólidos volátiles en un rango de 82 a 96 %, y una relación de C/N de 25:1. Se hace énfasis en el resultado de los autores McVoitte y Grant Clark, debido a que trabajaron con el rango de operación de C/N, de 30:1. Según McVoitte y Clark (2019), trabajaron con estiércol y una relación C / N de 30: 1, la cual afectó el metabolismo de los microbios y su capacidad para producir biogás de manera óptima. p.4

Según la Guía Teórico-Práctica sobre el Biogás y Biodigestores (2019), ocurre una lenta descomposición de la materia, pero una continua producción de biogás con una relación de C/N mayor a 35:1. Debido a la escasez de nitrógeno las bacterias se multiplican y se desarrollan poco. La relación óptima de C/N para el estiércol para bovino es de 25:1 (p.11)

El porcentaje de sólidos totales que se usan en la mezcla con que se carga el digestor es el principal factor que se debe tomar en cuenta para que el proceso se realice óptimamente. El estiércol de bovino se requiere de un porcentaje de sólidos totales de 13.4-56.2 %.(FAO,2013,p.37)

Los resultados para el estiércol de ovino muestran un porcentaje de sólidos totales de 4 a 45%. Un porcentaje de sólidos volátiles en un rango de 20 a 72%, y una relación de C/N de 35:1.

Según FAO (2013), el desplazamiento de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve muy limitada a medida que se incrementa el porcentaje de sólidos, y en consecuencia puede ser impactada la eficiencia y la producción de gas. El porcentaje de sólidos totales para Bovinos es de 32-45%. P.37

Según la Guía Teórico-Práctica sobre el Biogás y Biodigestores (2019), la proporción de C/N, es importante para la actividad microbiana. Los rangos óptimos dentro del biodigestor van de 20:1 a 30:1, por lo que va a depender del tipo de estiércol y el porcentaje de carbono y nitrógeno que contengan. El alto contenido de nitrógeno orgánico, la baja relación C/N, la proteína no digerida y el ácido úrico provocan la producción de amoníaco que inhibe el proceso anaeróbico, particularmente cuando la digestión se encuentra en condiciones termofílicas. La relación óptima de C/N para el estiércol para ovino es de 35:1. p.10.

## VII. CONCLUSIONES

El tipo de estiércol, composición química y el nivel de nutrientes, influye en el proceso de digestión anaeróbica. Notando que el estiércol del porcino debido a que tiene una cantidad baja de lignina que ayudaría en la desintegración rápida de a materia prima dentro del biogás y el alta de proteína ayuda a la ingesta de nitrógeno y este a su vez contribuye alcalinizar el proceso.

La temperatura del proceso actúa sobre del proceso de digestión anaerobia. La solubilidad de los gases generados desciende al aumentar la temperatura. Las temperaturas optimas adecuadas se encuentran en el rango mesofílico (25 -35 °C), ya que es el más adecuado para conseguir una mayor velocidad del proceso.

El proceso anaerobio es muy dependiente de la temperatura, puesto que tiene influencia en reproducción de microorganismos, conforme se incrementa la temperatura, es mayor la rapidez de crecimiento y la reacción de los procesos biológicos. Este factor apresura el proceso de digestión generando mayor obtención de biogás en menor tiempo.

El porcentaje de sólidos totales que contiene el estiércol que se mezcla y se carga el digestor es el factor principal a tomar en cuenta para que el proceso se realice de una manera óptima. El movimiento de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve muy limitada si existe un aumento de contenido de sólidos, en consecuencia, será afectada la eficiencia y la generación de gas. El porcentaje de solidos totales para cada estiércol de bovino se requiere de 13.4-56.2 %, de porcinos 15-49%, Ovino 32-45%.

El porcentaje de solidos volátiles es importante, ya que la producción de biogás está relacionada con los SV, y conociendo los resultados de una muestra se pueden realizar comparaciones entre distintos sustratos y tecnologías.

La principal propiedad que posee el estiércol animal son los nutrientes de carbono y el nitrógeno que son esenciales en la alimentación de las bacterias metanogénicas ya que el carbono actúa como fuente de energía y el nitrógeno se encarga de la generación de nuevas células. Por la cual relación C/N óptima para cada tipo de estiércol es de 25:1 para bovino, para porcino es de 13:1, ovino 35:1.

#### IV. RECOMENDACIONES

Las sustancias que poseen mucha cantidad de lignina no se aprovechan directamente pues estos necesitan de macerados o compostaje para poder soltar sustancias accesibles de las incrustaciones de lignina. En los estiércoles animales, es recomendable la degradación, pues este va a depender del tipo de animal y como los hallan alimentado. Se presentan diferencias de valores tanto de producción como de rendimiento en gas de los estiércoles, ya que diversos factores intervienen en el proceso por lo que no es fácil diferenciar resultados. (FAO ,2013,p.30)

-Es recomendable tener en cuenta el contenido de agua en el estiércol, pues el alto contenido de agua del estiércol también limita el CH<sub>4</sub> en el rendimiento, produciendo 0,2 - 0,34 L CH<sub>4</sub> gramo 1 sólido volátil (VS). Los microorganismos, particularmente los metanogénicos, son muy susceptibles a las variaciones en las condiciones ambientales. La mayoría de investigadores averiguan como se desempeña un sistema anaeróbico en función de la tasa de producción de metano, porque la metanogénesis es tomada como un paso que limita el proceso. Por el contrario, los sustratos ricos en lípidos y / o carbohidratos son fácilmente degradables (por ejemplo, aceite vegetal usado) pueden producir hasta 0,65 L CH<sub>4</sub> gramo 1 VS (McVoitte, Clark, 2019).

-Es recomendable usar un método común para evitar la inhibición del amoníaco realizando una dilución del sustrato generalmente con agua dulce. Las partículas frescas tienen una alta concentración de sólidos totales (TS), que van del 20% al 62,4% ; antes de agregarlo a un digestor, las partículas deben diluirse de manera que la concentración de TS sea de 0.5-3%, de esta manera se evita la acumulación de amoníaco (Carlini, y Castellucci, 2015)

## REFERENCIAS

ACHINAS, Spyridon; EUVERINK, Gerrit Jan Willem. Rambling facets of manure-based biogas production in Europe: A briefing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*[online]. 2019, p. 109566. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119307749>

ANDER Egg, Ezequiel. Aprender a investigar: Nociones básicas para la investigación social [en línea]. 1era edición, Córdoba: Editorial Brujas, 2011. Disponible en: <file:///D:/Users/leoja/Downloads/Aprender-a-investigar-nociones-basicas-Ander-Egg-Ezequiel-2011.pdf.pdf>

ISBN 978-987-591-271-7

TREICHEL, Helen. Improving Biogas Production: Technological Challenges, Alternative Sources. [en línea]. Brazil, Springer Nature Switzerland, 2019. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Capítulo 1. Waste biomass and blended bioresources in biogas production. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=xzSDDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+2019&hl=es-19&sa=X&ved=0ahUKEwiDhtzal5HpAhWynOAKHW3iBWQ4ChDrAQhcMAU#v=onepage&q=biogas%202019&f=false>

ISBN:978-3-030-10515-0

Tabatabaei. Meisam, GHANAVATI, Hossein. Biogas: Fundamentals, Process, and Operation. [en línea]. Irán, Springer International Publishing, 2019. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Capítulo 1. Waste management strategies. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=s4pWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDhtzal5HpAhWynOAKHW3iBWQ4ChDoAQh7MAk#v=onepage&q=biogas%202019&f=false>

TURCO, Maria, AUSIELLO, Angelo, MICOLI Luca. Treatment of biogas for feeding high temperature fuel cells. Italy, Springer International Publishing, 2016. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Capítulo 1. Processes of biogas production. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=el2VCwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=BI OGAS+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwicwvfnxKfpAhUDTd8KHRTQDN4Q6AEIfjAJ#v=onepage&q&>



f=false

ISBN:978-3-319-03214-6

INGLESE, Paolo, et al. Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal. taly. Roma, Published by Organización de Naciones Unidas para la alimentación y agricultura y Centro Internacional de investigaciones Agrícolas en zonas áridas, 2018. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Capítulo 1. Producción de biogás. Disponible

en: <https://books.google.com.pe/books?id=z3dhDwAAQBAJ&pg=PA195&dq=biodigesto>

r+hindu+2018&hl=es-

419&sa=X&ved=0ahUKEwit77K\_qKjpAhWuUt8KHclTCQ0Q6wEIKjAA#v=onepage&q=biodigestor%20hindu%202018&f=false

ISBN:978-92-5-130494-5

EDEN, Mario, IERAPETRITOU, Marianthi y TOWLER, Gavin. USA. Published by Elsevier, 2018. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Chapter

102. Control strategy scheme for the prehydrolysis kraft process. Disponible en: [https://books.](https://books.google.com.pe/books?id=ITRnDwAAQBAJ&pg=PA644&dq=digester+batch+2018&hl=es-)

[google.com.pe/books?id=ITRnDwAAQBAJ&pg=PA644&dq=digester+batch+2018&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=ITRnDwAAQBAJ&pg=PA644&dq=digester+batch+2018&hl=es-)

[419&sa=X&ved=0ahUKEwj4j5P8z6jpAhVIU98KHVw5BH0Q6wEILDAA#v=onepage&q=digester%20batch%202018&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=ITRnDwAAQBAJ&pg=PA644&dq=digester+batch+2018&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj4j5P8z6jpAhVIU98KHVw5BH0Q6wEILDAA#v=onepage&q=digester%20batch%202018&f=false)

ISBN:978-0-444-64243-1

SCARLAT, Nicolae; DALLEMAND, Jean-François; FAHL, Fernando.

Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable energy* [en línea], 2018, vol. 129,

p. 457-472. Disponible

en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811830301X>

MUTUNGWAZI, Asheal; MUKUMBA, Patrick; MAKAKA, Golden. Biogas digester types installed in South Africa: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2018, vol. 81, p. 172-180. Disponible

en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117311176>

Biofuel. Production Technologies: Critical Analysis for Sustainability. India. Springer, 2020. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Chapter 7. Biogás upgrading Technologies

.Disponibl

e

en:[https://books.google.com.pe/books?id=cp\\_YDwAAQBAJ&pg=PA276&dq=types+of+biogas+2018&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=cp_YDwAAQBAJ&pg=PA276&dq=types+of+biogas+2018&hl=es-)

[419&sa=X&ved=0ahUKEwjrttmE7q\\_pAhUvhuAKHbbUDP4Q6wEITTAD#v=onepage&q=types%20of%20biogas%202018&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=cp_YDwAAQBAJ&pg=PA276&dq=types+of+biogas+2018&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjrttmE7q_pAhUvhuAKHbbUDP4Q6wEITTAD#v=onepage&q=types%20of%20biogas%202018&f=false)

.ISBN:978-981-13-8636-7

MANSER, Nathan D.; MIHELICIC, James R.; ERGAS, Sarina J. Semi-continuous mesophilic anaerobic digester performance under variations in solids retention time and feeding frequency. *Bioresource technology*[en línea], 2015, vol. 190, p. 359-366. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852415006458>

ORTIZ, Hivy, et, al. . Modelo de negocio de aprovechamiento energético de biogás en frigoríficos. Buenos Aires. FAO, 2019. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de mayo]. Chapter 3. Proyecto de Generación de energía .Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=gUzHDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=biogas++agitacion+2019&hl=es->

[419&sa=X&ved=0ahUKEwjn9PiTkrDpAhX2H7kGHQkVB4IQ6wEIOjAC#v=onepage&q=biogas%20%20agitacion%202019&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=gUzHDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=biogas++agitacion+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjn9PiTkrDpAhX2H7kGHQkVB4IQ6wEIOjAC#v=onepage&q=biogas%20%20agitacion%202019&f=false) ISBN:978-92-5-131994-9

Biodigestores En El Perú. Guía De Principales Experiencias Desarrolladas En El País. Boletín Realizado Por El Ministerio De Agricultura. Noviembre 2011, pp 12. [Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020].

Disponible:

<http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/bioenergia/biodigestores.pdf>

LLAMAS, Mercedes. Estudio Del Efecto Del Rango De Temperatura Sobre La Producción De Biohidrógeno Por Digestión Anaerobia A Partir De Residuos Orgánicos. 2015, pp 41. [Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020].

Disponible:

<https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/17868/TFGBiotecnolog%C3%ADa-MercedesLlamas.pdf>

RIVAS, Olga., Et Al. Biodigestores: Factores Químicos, Físicos Y Biológicos

Relacionados Con Su Productividad. Junio 2009, pp 39-46. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020].

Disponible:

[https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/132](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/132)

PINOS-Rodríguez, J. et al. Environmental regulations and impact of manure generated by livestock operations in some American countries. *Agrociencia (Montecillo)* 2012 Vol.46 No.4 pp.359-370 ref.42. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020]. Disponible: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952012000400004&script=sci_abstract&tlng=en)

[31952012000400004&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952012000400004&script=sci_abstract&tlng=en)

ISSN: 1405-3195

ARELLANO, Lucrecia., Et Al. El Estiércol: Material De Desecho, De Provecho Y Algo Más. Instituto De Ecología, A.C. México, 40 pp. 2014. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020].

Disponible:

[https://www.researchgate.net/publication/297760569\\_El\\_estiercol\\_material\\_de\\_desecho\\_o\\_de\\_provecho\\_y\\_algo\\_mas](https://www.researchgate.net/publication/297760569_El_estiercol_material_de_desecho_o_de_provecho_y_algo_mas)

ISBN 978-607-7579-42-7

MEZA, Monica. Disturbios Del Estado Ácido-Básico En El Paciente Crítico. *Acta Méd. Peruana* V.28 N.1 Lima Ene./Mar. 2011, pp 46-55. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020].

Disponible:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1728-59172011000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000100008)

ISSN 1728-5917

MAO, Chunlan., et al. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 45, May 2015, Pages 540-555. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020]. Disponible: <https://sci-hub.do/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115001203>

GUARDIA, Yans., Estudio De La Digestión Anaerobia En Dos Fases Para El Tratamiento De Las Aguas Residuales De Despulpado Del Beneficiado Húmedo Del Café. Universidad Politécnica De Madrid. Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos. Madrid

2012, Pp 161. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020]. Disponible: [http://oa.upm.es/14684/1/YANS\\_GUARDIA\\_PUEBLA.pdf](http://oa.upm.es/14684/1/YANS_GUARDIA_PUEBLA.pdf)

LEMMER, Andreas., et al. Effects of high-pressure anaerobic digestion up to 30 bar on pH-value, production kinetics and specific methane yield. Volume 138, 1 November 2017, pp. 659-667. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020]. Disponible: <https://sci-hub.do/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217312720>

RAJESHWARI, K., et al. State-of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. Volume 4, Issue 2, June 2000, pp. 135-156. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020]. Disponible: <https://sci-hub.do/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032199000143>

MAO, Chunlan., et al. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. Volume 45, May 2015, pp 540-555. Fecha De Consulta: 07 De octubre De 2020]. Disponible: <https://sci-hub.do/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115001203>

ACHINAS, Spyridon; EUVERINK, Gerrit Jan Willem. Rambling facets of manure-based biogas production in Europe: A briefing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2019, p. 109566. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119307749>

QUILLOS, Serapio A. et al. Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2018, vol.84, n.3 [citado 2020-04-25], pp.322-335. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n3/a06v84n3.pdf>. ISSN 1810-634X.

WANG, et al., 2016. CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and NO emissions from stored biogas digester effluent of pig manure at different temperaturas. / *Agriculture, Ecosystems and Environment* 217 1–12.

LEON TORRES, Carlos Alberto et al. Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol. *Arnaldoa* [online]. 2019, vol.26, n.3 [Fecha de consulta 2020-04-27], pp.1017-1032. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992019000300011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000300011&lng=es&nrm=iso). ISSN 1815-8242. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26311>.

RUPF GV, BAHRI PA Boer K, McHenry MP, Development of an optimal biogas system design model for Sub-Saharan Africa with case studies from Kenya and Cameroon, Published by Elsevier[en línea]. 15 March 2017 [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible en :<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148117302392>

SILAEN, Mariana . Environmental Innovation and Societal. Published by Elsevier[en línea]. 22 November 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.003>

DANIYAN, I. A., et al. Development and Optimization of a Smart System for the Production of Biogas using Poultry and Pig Dung. *Procedia Manufacturing*,[online]. 2019, vol. 35, p. 1190-1195. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308029>

FERRER-MARTÍ, Laia, et al. A multi-criteria decision support tool for the assessment of household biogas digester programmes in rural areas. A case study in Peru. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,[online]. 2018, vol. 95, p. 74-83. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118304970>

AREED, Marwa. A Keyless Entry System Based on Arduino Board with Wi-Fi Technology. Measurement. [online]. 2019, [Fecha de consulta 2020-04-28]. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119301460>

i-

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119301460](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119301460)

SHENGRONG Xue, JINGHIU Song y XIAOJIAO Wang .A systematic comparison of biogas development and related policies between China and Europe and corresponding insights . Published by Elsevier[en línea]. 22 October 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119306823>

SCARLAT, Nicolae, et al. A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 94, p. 915-930.

ZHANG, Quanguo; HU, Jianjun; LEE, Duu-Jong. Biogas from anaerobic digestion processes: Research updates. *Renewable Energy*, 2016, vol. 98, p. 108-119.

BOND, Tom., & TEMPLETON, Michael. . *History and future of domestic biogas plants in the developing world*. Published by Elsevier[en línea]. 26 October 2011. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible en <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082611000780>

ADEBAYO, A and JEKAYINFA, B. Linke, Effects of Organic Loading Rate on Biogas Yield in a Continuously Stirred Tank Reactor Experiment at Mesophilic Temperature, *British Journal of Applied Science and Technolog*. Published by Elsevier[en línea] 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible en [:https://sci-hub.tw/10.1016/j.promfg.2019.05.049](https://sci-hub.tw/10.1016/j.promfg.2019.05.049)

KAPOOR, Rimika., GHOSH, Pooja., KUMAR, Madan and SENGUPTA, Subhanjan . *Valorization of agricultural waste for biogas based circular economy in India*. Published by Elsevier[en línea]. 15 February 2020 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible en [:https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420303059](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420303059)

XUE, Shengrong, et al. A systematic comparison of biogas development and related policies between China and Europe and corresponding insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, vol. 117, p. 109474.

KHEDIM, Zeyneb, BENYAHIA, Boumediene, CHERKI Brahim. Effect of control parameters on biogas production during the anaerobic digestion of ^ protein-rich substrates, *Applied Mathematical Modelling*. Published by Elsevier[en línea]. 25 April 2018. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0307904X18302051>

NSAIRA Abdullah , CINARA Senem. Optimizing the performance of a large scale biogas plant by controlling stirring process: A case study. Published by Elsevier[en línea]. 9 August 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890419309227>

ACHINAS, Spyridon; ACHINAS, Vasileios; EUVERINK, Gerrit Jan Willem. A technological overview of biogas production from biowaste. *Engineering*[en línea]. 2017, vol. 3, no 3, p. 299-307.Disponible

en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917304228>

ARDEBILI,Safieddin. Green electricity generation potential from biogas produced by anaerobic digestion of farm animal waste and agriculture residues in Iran, *Renewable Energy*.Published by Elsevier[en línea].27 February 2020.[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].

Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120302974)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120302974](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120302974)

FERRER Laia, FERRER,Ivet , SANCHEZ,Elena.A multi-criteria decision support tool for the assessment of household biogas digester programmes in rural areas. A case study in Peru.Published by Elsevier[en línea].25 June 2018.[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].

Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118304970)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118304970](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118304970)

VEGA Cristhian , FONSECA Maria y ROMERO ,Hugo .The circular agriculture applied in neighboring countries: the case of biogas on the border between Ecuador and Perú.Published by Elsevier[en línea].27 February 2016.[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871678416317368)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871678416317368](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871678416317368)

KUMAR Sagor ,BINTI Fatihah , ZAIN,Shahrom.The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints.Published by Elsevier[en línea].21 August 2019 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].

Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19302002)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19302002](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19302002)

SILVA, Ivan, DUARTE Nathalia y BRUNI ,Luís.Assessment of potential biogas

production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement Published by Elsevier[en línea].9 December 2017 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344917304433>

LUI Yang,Junnan FANG y TONG Xinyu. Change to biogas production in solid-state anaerobic digestion using rice straw as substrates at different temperatures. Published by Elsevier[en línea].24 August 2019 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].  
Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419312969>

Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419312969>

CHASNYK,O.Historical, technical and economic aspects of biogas development: Case of Poland and Ukraine.Published by Elsevier[en línea].27 July 2015 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].  
Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115007698>

Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115007698>

FEIZ ,Roozbeh [et al].Key performance indicators for biogas production methodological insights on the life-cycle analysis of biogas production fromsource separated food waste.Published by Elsevier[en línea].23 March 2020 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].  
Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220305697>

Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220305697>

LOPEZ, Carlos; MARTINEZ, Fanny y PAREDES, Oscar. Automatización de un Proceso de Biodigestión Anaeróbica. *Rev cuba cienc informat* [online]. 2016, vol.10, suppl.1 [citado 2020-04-30], pp.01-16. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v10s1/rcci01517.pdf>

ARDEBILI, Seyed ,SAFIEDDIN ,Mohammad. Green electricity generation



potential from biogas produced by anaerobic digestion of farm animal waste and agriculture residues in Iran. *Renewable Energy*, [en línea] 2020, vol.154, p. 29-37.

Disponible

en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120302974>

PONCE, Ernesto. Métodos sencillos en obtención de biogás rural y su conversión en electricidad. *Idesia* [online]. 2016, vol.34, n.5 [citado 2020-04-30], pp.75-79. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v34n5/aop1116.pdf>. Epub 30-Ago-2016. ISSN 0718-3429.

GONZALEZ, Liliana[et al],. Microbial community distribution along a biodigester (lagoon type) for biogas production from livestock waste. *Journal of Biotechnology*. Published by Elsevier [en línea]. 2018 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].

Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165618302712)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165618302712](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165618302712)

JYOTHILAKSHMI, R., & PRAKASH, S. Design, Fabrication and Experimentation of a Small Scale Anaerobic Biodigester for Domestic Biodegradable Solid Waste with Energy Recovery and Sizing Calculations .Published by Elsevier [en línea]. 2018 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible:<https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616301748>

TAMKIN ,Abigail[et al].Impact of organic loading rates on the performance of variable temperature biodigesters.Published by Elsevier [en línea]. 12 June 2014 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].

Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741400250X)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741400250X](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741400250X)

RUPFA ,Gloria,[et al]. ,Development of a model for identifying the optimal biogas system design in Sub-Saharan Africa.Published by Elsevier [en línea]. June 2016 .[Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020].

Disponible:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116300405)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116300405](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116300405)

NEBA, Abunde, ADDOA, Ahmad y MORKEN, John. Use of attainable regions for synthesis and optimization of multistage anaerobic digesters. Published by Elsevier [en línea]. 8 March 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919305057>

YAO Yao, [et al]. Anaerobic digestion of livestock manure in cold regions: Technological advancements and global impacts. Published by Elsevier [en línea]. 14 October 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119307026>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Guía Teórica Práctica de Biogas y Biodigestores. [en línea]. Buenos Aires, 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo]. Capítulo 2. Etapas de la digestión anaeróbica. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=CV2mDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi>

[rn\\_i5HpAhVEc98KHQxmCP4Q6AEIWTAf#v=onepage&q=biogas%202019&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=CV2mDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDhtzaI5HpAhWynOAKHW3iBWQ4ChDrAQhcMAU#v=onepage&q=biogas%202019&f=false)

ISBN: 978-92-5-131559-0

TREICHEL, Helen. Improving Biogas Production: Technological Challenges, Alternative Sources. [en línea]. Brazil, Springer Nature Switzerland, 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo]. Capítulo 1. Waste biomass and blended bioresources in biogas production. Disponible

en: <https://books.google.com.pe/books?id=xzSDDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDhtzaI5HpAhWynOAKHW3iBWQ4ChDrAQhcMAU#v=onepage&q=biogas%202019&f=false>

ISBN: 978-3-030-10515-0

BOND, Tom; TEMPLETON, Michael R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development* [en línea]. 2011, vol. 15, no 4, p. 347-

354. Disponible

en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082611000780>

TABATABAEI, Meisam, GHANAVATI, Hossein. Biogas: Fundamentals, Process, and Operation. [en línea]. Irán, Springer International Publishing, 2019. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de Mayo]. Capítulo 1. Waste management strategies. Disponible

en: <https://books.google.com.pe/books?id=s4pWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiDhtza15HpAhWynOAKHW3iBWQ4ChDoAQh7MAk#v=onepage&q=biogas%202019&f=false>

HARRIS, Daniel. Analisis quimica cuantito. España, 2007. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 01 de Julio]. Chapter 3. Proyecto de Generaion de energía. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=H-\\_8vZYdL70C&pg=PA158&dq=ph+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjm863a963qAhX2IbkGHRo7D\\_cQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=ph%20definicion&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=H-_8vZYdL70C&pg=PA158&dq=ph+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjm863a963qAhX2IbkGHRo7D_cQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=ph%20definicion&f=false) ISBN:84-291-7224-6

SHUNCHANG Yang, et al. Low-cost, Arduino-based, portable device for measurement of methane composition in biogas. Published by Elsevier [en línea]. November 2019. [Fecha de consulta: 24 de Mayo de 2020]. Disponible: [https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119300965)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119300965](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119300965)

MANSER, Nathan D.; MIHELIC, James R.; ERGAS, Sarina J. Semi-continuous mesophilic anaerobic digester performance under variations in solids retention time and feeding frequency. Bioresource technology [en línea], 2015, vol. 190, p. 359-366. Disponible

en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852415006458>

BIOFUEL. Production Technologies :Critical Analysis for Sustainability. India. Springer, 2020. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de Mayo]. Chapter 7. Biogás upgrading Technologies. Disponible

en: [https://books.google.com.pe/books?id=cp\\_YDwAAQBAJ&pg=PA276&dq=types+of+biogas+2018&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjrttmE7q\\_pAhUvhuAKHbbU](https://books.google.com.pe/books?id=cp_YDwAAQBAJ&pg=PA276&dq=types+of+biogas+2018&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjrttmE7q_pAhUvhuAKHbbU)

DP4Q6wEITTAD#v=one page&q=types%20of%20biogas%202018&f=false.

PAN, Shiyu, et al. A novel hydraulic biogas digester controlling the scum formation in batch and semi-continuous tests using banana stems. *Bioresource technology*[en línea], 2019, vol. 286, p. 121372. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419306029>

MIRMOHAMADSADEGHI, Safoora, et al. Biogas production from food wastes: A review on recent developments and future perspectives. *Bioresource Technology Reports*[en línea]. 2019, vol. 7, p. 100202. Disponible en:[https://sci-](https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19300921)

[hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19300921](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19300921) BOND, Tom; TEMPLETON, Michael R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable development*[en línea]. 2011, vol. 15, no 4, p. 347-354. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082611000780>

SITORUS, Berlian, et al. Biogas recovery from anaerobic digestion process of mixed fruit-vegetable wastes. *Energy Procedia*[en línea]. 2013, vol. 32, p. 176-182. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213000258>

ORTIZ ,Hivy,et,al. .Modelo de negocio de aprovechamiento energético de biogás en frigoríficos .Buenos Aires .FAO,2019. [fecha de consulta: Fecha de consulta: 24 de Mayo]. Chapter 3. Proyecto de Generación de energía .Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=gUzHDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=biogas++agitacion+2019&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=gUzHDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=biogas++agitacion+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjn9PiTkrDpAhX2H7kGHQkVB4IQ6wEIOjAC#v=onepage&q=biogas%20%20agitacion%202019&f=false)

[419&sa=X&ved=0ahUKEwjn9PiTkrDpAhX2H7kGHQkVB4IQ6wEIOjAC#v=onepage&q=biogas%20%20agitacion%202019&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=gUzHDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=biogas++agitacion+2019&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjn9PiTkrDpAhX2H7kGHQkVB4IQ6wEIOjAC#v=onepage&q=biogas%20%20agitacion%202019&f=false) ANGELIDAKI, Irini, et al. Biogas Upgrading: Current and Emerging Technologies. En *Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels*. Academic Press[en línea], 2019. p. 817- 843. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128168561000336>

NEVZOROVA, Tatiana; KUTCHEROV, Vladimir. Barriers to the wider implementation of biogas as a source of energy: A state-of-the-art review. *Energy Strategy Reviews*[en línea], 2019, vol. 26, p. 100414. Disponible

en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X193010>.

## ANEXOS

Producción de biogás por tipo de residuo animal

Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m <sup>3</sup> /kg húmedo	m <sup>3</sup> /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

\* El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto

### Valores promedios aproximados de la relación carbono/nitrógeno de algunos residuos disponibles en el medio rural

Materiales	% C	% N	C/N
<b>Residuos animales</b>			
Bovinos	30	1.30	25:1
Equinos	40	0.80	50:1
Ovinos	35	1.00	35:1
Porcinos	25	1.50	16:1
Caprinos	40	1.00	40:1
Conejos	35	1.50	23:1
Gallinas	35	1.50	23:1
Patos	38	0.80	47:1
pavos	35	0.70	50:1
Excretas humanas	2.5	0.85	3:1

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, HUAMAN BORJA MARIBEL MADELEINE, HUAYLLANI VELASQUEZ YANETT YENIFER estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE ESTIÉRCOL", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
MARIBEL MADELEINE HUAMAN BORJA <b>DNI:</b> 47560819 <b>ORCID</b> 0000-0003-4082-0153	Firmado digitalmente por: MHUAMANB12 el 22-12-2020 22:42:44
YANETT YENIFER HUAYLLANI VELASQUEZ <b>DNI:</b> 73745177 <b>ORCID</b> 0000-0001-9890-1437	Firmado digitalmente por: YHUAYLLANI el 22-12-2020 22:44:25

Código documento Trilce: TRI - 0091689