



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Revisión bibliográfica de la generación de biogás a partir
del aprovechamiento de residuos orgánicos y estiércol**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniera Ambiental**

AUTOR:

Macetas Camargo, Rosa Luz (ORCID: 0000-0001-8800-3430)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (ORCID: 0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de residuos

LIMA-PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación es dedicado a mi familia y es especial a mi madre Carmela Camargo Cambillo por su apoyo incondicional durante toda mi etapa de estudios.

Agradecimiento

Doy gracias de mi asesor por su guía en el proceso de elaboración del presente trabajo, a mi hermano mayor por su apoyo y ánimos brindados. A todos mis profesores de la escuela de ingeniería ambiental.

Índice de contenidos

I INTRODUCCIÓN	1
II MARCO TEÓRICO	5
III MÉTODO	22
3.1 Tipo y diseño de investigación	23
3.2 Categorías, sub categorías y matriz de categorías apriorísticas.	23
3.3 Escenario de estudio	25
3.4 Participantes.....	25
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.6 Procedimientos	25
3.7 Rigor científico	28
3.8 Método de análisis de dato	29
3.9 Aspectos éticos.....	29
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	30
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	41
ANEXOS	50

Índice de gráficos

Gráfico 1 Generación disposición total de residuos municipales	3
Gráfico 2 Etapas de la digestión anaeróbica.....	9
Gráfico 3 Diagrama de metodológico de elaboración del trabajo de investigación	26
Gráfico 4 Parámetros de control de la digestión anaerobia según frecuencia	31
Gráfico 5 Tipos de estiércol	33
Gráfico 6 Tipos de residuos orgánicos	34

Índice de tablas

Tabla 1	Tipos de residuos empleados para la producción de biogás	6
Tabla 2	Parámetros de control y su influencia en la digestión anaerobia.....	10
Tabla 3	Composición del biogás	12
Tabla 4	Trabajos previos experimentales relacionados al aprovechamiento de sustratos orgánicos para la producción de biogás	14
Tabla 5	Categorías y Subcategorías del estudio.....	24
Tabla 6	Resumen de criterios de búsqueda documentaria	27
Tabla 7	Criterios de rigor científico	28

Índice de abreviaturas

CH₄: Metano

CIP: Colegio de Ingenieros del Perú

C/N: Relación de Carbono y Nitrógeno

CO₂: Dióxido de Carbono

DA: Digestor Anaeróbico

FAC: Fichas de Análisis de Contenido

FAO: Organización De Las Naciones Unidad Para La Agricultura y La Alimentación

GEI: Gases De Efecto Invernadero

H₂: Hidrogeno

H₂S: Sulfuro de Hidrogeno

IEA: International Energy Agency

MAPA: Ministerio De Agricultura Y Pesca, Alimentación

MINAM: Ministerio Del Ambiente

MS: Matéria Seca

N₂: Nitrógeno

O₂: Oxigeno

PH: Potencial de Hidrógeno

ST: Solidos Totales

SV: Solidos Volátiles

TRH: Tiempo De Retención De Hidráulica

Resumen

En esta investigación se tuvo como objetivos identificar los principales parámetros de control durante la digestión anaerobia, así como los tipos de estiércol y residuos más utilizados y conocer el uso del biogás. Para el cumplimiento de objetivos se realizó revisión literaria de 30 revistas indexadas, obtenidas de base de datos confiables, donde los resultados obtenidos fueron, la determinación de 13 parámetros de control que fueron identificados según frecuencia de medición en los artículos de revisión, destacando un 19.1% de temperatura, 14.5% de TRH, 13.6% de SV y 13.6% de pH; otros parámetros reportados como C/N, ST, SF, C, H, S, O, N y Humedad representan menos del 7%. Entre los estiércoles de animales más frecuentemente se identificó 10 tipos, de ellos resaltan: los estiércoles de porcino con un 29%, bovino con un 22.6% y vacuno con 16.1%. Entre los residuos orgánicos se identificó 15 tipos, de ellos se resaltan los residuos de frutas y verduras que representan un 17.2 % cada uno, seguido por los residuos de poda, tallos y hojas que representan un 10.3% cada uno. El potencial energético (del biogás) es empleado como fuente de energía eléctrica a pequeñas y grandes escalas, el uso doméstico del biogás representa el 55.4% y el uso industrial representa un 44.6%. El biogás obtenido de estiércol de animales presenta mejores resultados en comparación con los residuos orgánicos, ya que, este puede brindar un biogás de calidad según su porcentaje de metano. Se recomienda ampliar investigaciones abarcando temas de purificación del biogás, codigestión de sustratos orgánicos y analizar el uso de residuos líquidos para la obtención de biogás.

Palabras clave: Digestión anaerobia, obtención de biogás, aprovechamiento de residuos orgánicos, aprovechamientos de estiércol de animales

Abstract

The objectives of this research were to identify the main control parameters during anaerobic digestion, as well as the most used types of manure and waste and to know the use of biogas. In order to fulfill the objectives, a literature review of 30 indexed journals, obtained from reliable data bases, was carried out, where the results obtained were, the determination of 13 control parameters that were identified according to measurement frequency in the review articles, highlighting a 19.1% of temperature, 14.5% of TRH, 13.6% of SV and 13.6% of pH; other reported parameters such as C/N, ST, SF, C, H, S, O, N and Humidity represent less than 7%. Among the most frequent animal manures, 10 types were identified, of which the following stand out: pig manure with 29%, cattle manure with 22.6% and cattle manure with 16.1%. Among the organic wastes, 15 types were identified, of which fruit and vegetable wastes stand out, representing 17.2% each, followed by pruning wastes, stems and leaves, representing 10.3% each. The energy potential (of biogas) is used as a source of electrical energy on small and large scales, domestic use of biogas represents 55.4% and industrial use represents 44.6%. Biogas obtained from animal manure presents better results compared to organic waste, since it can provide a quality biogas according to its percentage of methane. Further research is recommended covering issues of biogas purification, co-digestion of organic substrates and analysis of the use of liquid waste for biogas production.

Keywords: Anaerobic digestion, biogas production, use of organic waste, use of animal manure

I INTRODUCCIÓN

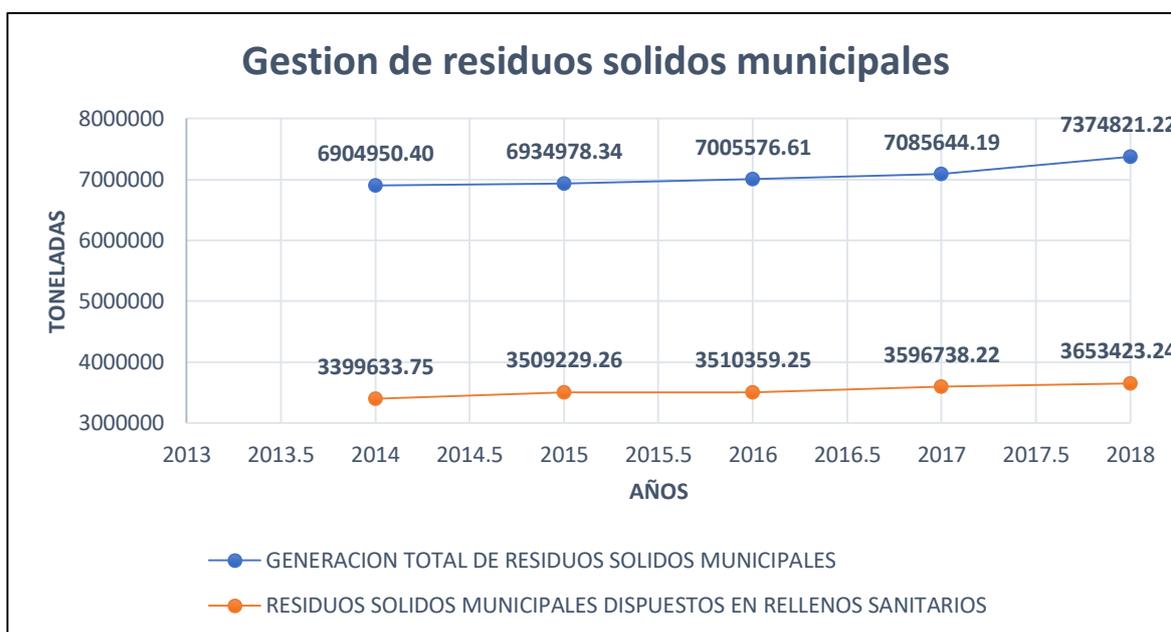
Durante años se habla de la problemática de los residuos sólidos orgánicos debido a la excesiva generación y la mala gestión de manejo. La problemática de los residuos sólidos no discrimina países ni estatus social, su impacto ambiental es de importancia mundial, debido a que los residuos sólidos forman focos infecciosos que contaminan el suelo, aire y aguas subterráneas.

El crecimiento poblacional y generación de residuos que todos los países enfrentan, cuentan con un déficit por falta de sistemas de gestión para el aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos. En las diferentes ciudades donde existen mayor número de habitantes o en los lugares donde se generan el 80% del producto interno bruto (PIB) del mundo, son las que mayor riesgo tienen en cuanto al impacto ambiental, es por ello la importancia de hacerle frente al problema común entre todos los países. (Banco Mundial,2018, párr.7).

Según los últimos estudios a nivel mundial arrojaron como resultados que la generación anual de residuos sólidos es de 10 mil millones de toneladas. El problema detectado fue que 2 mil millones de personas no tienen acceso a la recolección y 3 mil millones de personas no tienen acceso a instalaciones de disposición final de residuos. Estos problemas pueden ser ocasionados por múltiples factores desde la falta de continuidad de proyectos por los diferentes cambios de gobiernos y por un inadecuado ordenamiento territorial que dificulta la creación de rellenos sanitarios. (CEPAL ONU,2019, p. 2)

En el Perú las municipalidades son las responsables de gestionar y manejar los residuos sólidos que su territorio genere, para ello realizan estudios de caracterización para posteriormente contar con un adecuado plan de manejo de residuos sólidos. Según los últimos registros del ministerio del ambiente (MINAM) representados en el grafico 1 se puede observar el aumento de la generación de residuos sólidos municipales y lo dispuestos en los rellenos sanitarios.

Gráfico 1 *Generación disposición total de residuos municipales*



Fuente: Elaboración propia (adaptado MINAM 2018)

Según se muestra en el gráfico 1 se puede identificar que en el Perú la gestión de residuos sólidos municipales no es tan eficiente ya que se logra identificar insuficiencia en los procedimientos, por parte de las municipalidades y los mismos pobladores. La realidad del problema en el Perú se puede visualizar en los múltiples focos infecciosos que se hallan en las diferentes ciudades del país.

El aprovechamiento de los residuos orgánicos en mezcla de estiércol de animales contribuye al desarrollo sostenible que dan soluciones limpias al medio ambiente, una de ellas es la obtención de biogás como combustible renovable. En la actualidad los países desarrollados están apuntando en la utilización de biogás como recurso energético en sus industrias y cubrir la demanda de los servicios energéticos, sustituyendo la demanda de energía tradicional. Esto es debido al interés de solucionar dos grandes problemas ambientales que son: lidiar con la cantidad de desechos orgánicos generados y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (IEA. 2020, p. 3). Según la guía de las mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental del ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente (MAPA) nos dice que el aprovechamiento de estiércol de animales en forma líquida, sometidos un tratamiento anaeróbico contribuyen en la reducción de GEI (MAPA. 2017, p. 64).

Según estudios del International Energy Agency (IEA) el aprovechamiento de los residuos orgánicos está en tercer lugar y el estiércol de animales en el segundo lugar de los desperdicios más utilizados para la generación de biogás a nivel mundial (IEA. 2020, p. 7).

Frente a lo explicado en la realidad problemática del trabajo de investigación plantea como problema general ¿Cuáles son los aspectos más relevantes en el estudio de obtención del biogás a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos y estiércol? Como problemas específicos tenemos ¿Cuáles son los principales parámetros de control para la obtención de biogás?, ¿Cuáles son los tipos de estiércol y residuos más utilizados para la obtención de biogás? y ¿Cuál es el uso del biogás obtenido de la digestión anaerobia?

El objetivo general es: Analizar los aspectos más relevantes en el estudio de obtención del biogás a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos y estiércol. Entre los objetivos específicos tenemos. Identificar los principales parámetros de control para la obtención de biogás; Identificar los tipos de estiércol y residuos más utilizados para la obtención de biogás; identificar el uso del biogás obtenido de la digestión anaerobia.

El presente trabajo se realiza con el fin de brindar un aporte teórico sobre la actualización y recopilación de datos relacionados al tema a investigar. Demostrando la relación existente entre generación de estiércol de animales y residuos orgánicos en la obtención de biogás, además cuales son los principales parámetros de control y su influencia en el proceso de digestión anaeróbica, así mismo presentar el uso del biogás obtenido.

II MARCO TEÓRICO

Debido a la problemática existente por la generación excesiva de los residuos orgánicos y la búsqueda de soluciones limpias, es imprescindible realizar la búsqueda documentaria o revisión sistemática que nos permita responder las interrogantes del problema de investigación con el fin de lograr los objetivos trasados.

Los residuos sólidos son clasificados en orgánicos e inorgánicos, siendo los residuos orgánicos los residuos más generados y recolectados. Una fuente de estos residuos son los desperdicios agroindustriales, los cuales están compuestos por distintos sustratos orgánicos tales como: desperdicios de animales verduras, frutas, estiércol, restos de comida, poda de jardín, etc. (Reyes, 2017, p. 64). Todos estos residuos pueden ser reaprovechados y obtener un sub producto a partir de ellos como: bioabono, compost, biogás, etc (Ley N.º 3198-2018 CR, p.3). En la tabla 1 se presenta los diferentes tipos de residuos orgánicos empleados para la producción de biogás según diferentes autores.

Tabla 1 *Tipos de residuos empleados para la producción de biogás*

Tipo de residuos utilizados	Referencia
<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de Porcino 	Martínez (2015, pp. 97 - 113).
<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de Vacuno • Estiércol de Equino • Estiércol de Porcino • Estiércol de Ovino • Estiércol de aves 	Reyes (2017, pp 60 - 78)
<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de borrego • Estiércol de porcino • Estiércol de vaca • Biomasa de nopal 	Arreguin, Ramos, Carapia y Lezama (2016, pp 38 -41)
<p>1. Tipo de Biomasa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de poda. • Ramas secas, • Caña • Mucilago • Residuos de papa 	Montenegro, Rojas, Rojas y Hernández (2016, pp 25 - 37)

<ul style="list-style-type: none"> • Hojas y • Tallos. <p>2. Estiércol:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bovino • Porcino • Avícola. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Aceite de cocina residual. • Estiércol de bovino. • Estiércol de porcino. 	Da Silva et al (2018, pp 2-6)
<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de bovino • Residuos de cítricos 	Cendales y Jimenez (2014, pp 45 – 59)
<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de bovino • Estiércol de porcino 	Martinez (2015, pp 99- 113)
<ul style="list-style-type: none"> • Agua residual de porcino • Paja de trigo 	Álvarez, Garcia, Ulloa, Arellano y Garcia González (2019, pp 3-21)
<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de bovino 	Barrena, Cubas, Gosgot, Ordinola y Rascón (2019, pp 726- 732)
<ul style="list-style-type: none"> • Residuos de limón • Residuos de naranja • Residuos de cascara de plátano • Residuos de cebolla • Residuos de tallo de cilantro • Residuos de cascara de papa 	Sánchez, et al (2016, pp 192-198)

Fuente: Elaboración propia

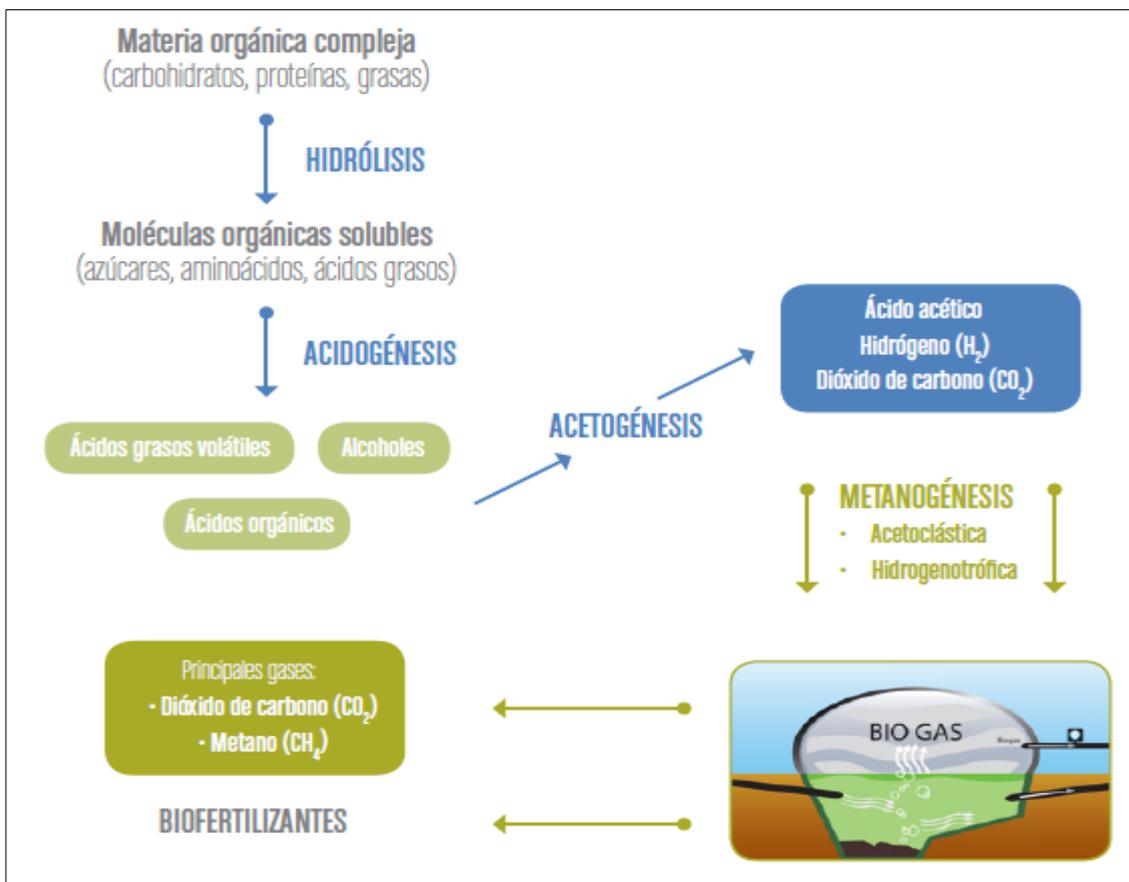
Los digestores anaeróbicos son considerados como la tecnología de tratamiento más usada para fines de producción energética a través del aprovechamiento de distintos tipos de residuos orgánicos. La utilización de esta tecnología como alternativa viable tiene como ventaja la reducción de los residuos. (Sarabia, Laines y Sosa, 2015, p.6). La digestión anaerobia (DA) hace posible la degradación de sustratos orgánicos convirtiéndolos en biogás (Reyes, 2017, p. 62). El emplear esta tecnología ayuda a reducir las emisiones de metano (CH₄) uno de los principales

gases de efecto invernadero (GEI) (MAPA, 2017, p. 67).

Dentro de los digestores anaeróbicos los residuos se degradan naturalmente debido a la acción bacteriana que los compuestos orgánicos contienen, este proceso se lleva a cabo debido a la ausencia de oxígeno (Tapia, 2016, p. 6). Dando como resultado un combustible limpio y favorable para el medio ambiente. Durante años esta tecnología ha sido considerada como la fuente de energía renovable más atractiva (Scarlat, Dallemand y Fahl, 2018, p. 458)

El biogás es obtenido por los sustratos degradados, que se depositan en el digestor, estos pasan por 4 cadenas tróficas distintas. (Parra, Botero Mónica y Botero Julián, 2018, p. 150). Según la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), los residuos orgánicos pasan por distintos procesos para poder convertirse en biogás, comenzando por las hidrólisis enzimáticas de polímeros que luego pasan al proceso de acidogénesis y acetogénesis etapa donde el residuo empieza a fermentarse, estos tres procesos son condescendientes a los cambios de pH y temperatura. Los ácidos orgánicos que se generan en el proceso son consumidos por los microorganismos metalogénicos que dan origen a la formación del biogás. (FAO, 2019, p.5). La metanogénesis es la última etapa del proceso digestivo anaeróbico, donde los acetados se transforman en metano (CH_4) o dióxido de carbono (CO_2) (Reyes, 2017, p. 69). En el gráfico 2 se presenta las etapas de la digestión anaeróbica.

Gráfico 2 Etapas de la digestión anaeróbica



Fuente: FAO, (2019 p. 4)

Antes de llevar a cabo el tratamiento anaeróbico es importante realizar análisis de caracterización de la materia prima y conocer sus propiedades fermentativas de cada uno. Asimismo, durante el proceso anaeróbico es importante ir monitoreando parámetros influyentes en las distintas etapas, cabe recalcar que la metanogénesis es la etapa más susceptible a los cambios. El parámetro que va variando según el ambiente es la temperatura, por ello es importante monitorear el comportamiento de este parámetro, ya que de este depende el mejoramiento o retraso de los microorganismos, evitando el crecimiento celular. El pH es el parámetro que influye en el desarrollo microbiano anaerobio, por ello es necesario que este parámetro este en el rango de 6 a 8, si el pH varía de este rango se corre el riesgo de invalidar el proceso anaerobio. (Reyes, 2017, p.70). Según la guía teórica- práctica sobre el biogás y biodigestores de la FAO, nos indica que los parámetros físico químicos de control son: el pH, potencial redox, temperatura, tiempo de retención de hidráulica (TRH), velocidad de carga orgánica, materia seca, presencia de inhibidores, sólidos

volátiles, relación carbono / nitrógeno, relación de ácidos orgánicos volátiles (FAO, 2019, p. 8). En la tabla 2 se presenta los parámetros de control y su influencia en la DA.

Tabla 2 *Parámetros de control y su influencia en la digestión anaerobia*

Parámetros de control	Influencia de parámetros	Referencia
pH	Influye en la degradación y generación de los ácidos orgánicos y de este depende el comportamiento de los microorganismos para la producción del biogás, el rango óptimo para la DA es de 6.5 y 7.5. si esta baja de 5 ocurre el riesgo que se produzca más CO ₂ y aparición de olores desagradables	Tapia (2016, pp. 6-10)
Inhidores	Son aquella población microbiana presente en la mezcla que pueden neutralizar el proceso digestivo, a mayor presencia de estos hay un alto potencial que el proceso digestivo no se lleve a cabo. Entre estos compuestos podemos tener a los metales pesados, desinfectantes, etc.	
Temperatura	Influye directamente en todo el proceso de la obtención del biogás. Existen tres rangos Termofílica 40-50 °C, psicrófilicos 10 a 25°C y mesofílica 25 a 40 °C. Este puede influir mucho en el tiempo de obtención de biogás.	Fao (2019, pp.8-12)
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	Este parámetro ve relacionado con la temperatura, capacidad del reactor. Nos indica el tiempo de permanencia de materia orgánica en el digestor, nos ayuda saber la cantidad de carga diaria.	
Co digestión	Son aquellas mezclas de sustratos orgánicos que ayudad a estabilizar otros parámetros y dar mayor eficiencia en la producción de biogás.	

Potencial redox	Influye en el desarrollo de los microorganismos metanogénicos el rango optimo es entres -220mV / - 350mV	Moraga (2017, pp. 13-16)
Relación carbono y nitrógeno (C/N)	Influye en el crecimiento poblacional de los microorganismos, ya que son la fuente de alimentación de las bacterias metanogénica. El nitrógeno hace posible la formación de células y el carbono funciona como fuente de energía. El rango optimo es de 16:1 – 25:1	
Solidos Totales (ST)	Es el sustrato sin humedad, es peso de este es la cantidad de materia que ingresara a la mezcla de tratamiento. En él se puede encontrar los sólidos fijos y solidos volátiles.	Reyes (2017, p. 73)
Solidos volátiles (SV)	Es la cantidad o porción de sustratos que se transforma en biogás.	
Solidos fijos (SF)	Cantidad de sustrato que no se transforma en biogás. (cenizas)	

Fuente: Elaboración propia

Existen distintos tipos de biodigestores, la clasificación de estos es aún compleja, ya que muchos autores los clasificas por diferentes factores, ya sea por su tamaño, por su costo y por su tecnología. La clasificación de los biodigestores anaeróbicos se da según sus características de obtención de biogás, entre ellas tenemos a los digestores semicontinuos, continuos y discontinuos. Según su modelo se tiene los biodigestores modelo chinos y tabulares, hindú. Ningún digestor es mejor que otro estos digestores están diseñados para ser adaptados al tipo de actividad, realidad económica y tipo de residuo. (FAO, 2019, p. 14).

Los digestores continuos tratan de ir desplazando el sustrato ya utilizado por el sustrato fresco, mientras que los digestores discontinuos son cargados una sola vez y sellados herméticamente hasta que el proceso de DA culmine. (Moraga,2017, pp. 18-19). Los digestores semicontinuos son cargados dos veces, siendo la segunda carga la que se va desplazando según el consumo del sustrato (FAO, 2011, p. 97).

Los digestores de modelo chino también llamados campana fija son fabricados a grandes dimensiones, con materiales como PVC o sólidos, a menudo son construidos de manera fija (FAO,2019 p. 16) tiene una vida útil de aproximadamente 20 años (FAO,2019 p. 16). Los digestores de cúpula móvil son llamados también como modelo hindú y cúpula flotante, son digestores subterráneos, con cupulas móviles en la superficie que almacenan el biogás producido. (Azahares, Leyet y Rodríguez, 2018 p. 150). Los digestores de modelo tubulares son mangas herméticas fabricadas de material PVC, poseen una cobertura que los protegen de los rayos solares (Tapia, 2016, p. 6).

El biogás obtenido del proceso anaeróbico está compuesto por distintos gases, entre los principales gases tenemos al metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrogeno (H₂), nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂) y sulfuro de hidrogeno(H₂S). La cantidad de metano que obtenga el biogás es quien va a determinar el poder calorífico y calidad del producto obtenido. (Garcia, 2015, p. 13). En la tabla 3 presenta la composición del biogás según diferentes autores.

Tabla 3 *Composición del biogás*

CH ₄	CO ₂	H ₂ S	Otros	Referencia
54 -70 %	27-45%	0,15 ppm	1-10 %	Reyes (2017, p. 76)
60-70 %	30 – 40 %	1 %	-	Tapia (2016, p. 7)
50-70%	25 – 45 %	20–20.00 ppm	6 %	Moraga (2017, p. 7)
50-70 %	30- 50%	20 ppm	-	Ávila, Sotomayor, Erwein y Cerca (2014, p. 18)
50- 70 %	30-50 %	10 ppm	2 -3 %	Parra, et al (2019, p. 154)

Fuente: Elaboración propia

Existen diferentes técnicas que ayudan a la purificación del biogás una de ellas es la utilización de cartuchos de PVC rellenos de clavos o quelatos de hierro, que son instalados en la parte exterior del biodigestor, esta técnica ayuda a captar el sulfuro de hidrogeno (H₂S) (Barrena et al. 2019, p 728). Para la remoción de H₂S existen

diferentes técnicas tales como la utilización de microorganismos thiobacillus dentro del biodigestor, remoción por oxidación que consiste en adicionar oxígeno y nutrientes de manera discontinua al almacenamiento del biogás mediante biofiltros. (Barrera, Carabeo, Odales, Contreras y López, 2018, pp 8-10). La utilización de aminas como MDEA, DEA y MEA son empleadas para eliminar la humedad existente del biogás, haciendo posible la obtención de hasta un 90 % de CH₄ (Sepúlveda, Jaimes, Pacheco y Alirio, 2017, pp 51-52). Para la remoción de dióxido de carbono se tiene tres métodos que son: 1. La utilización scrubber por medio de recirculación de agua, capturando el CO₂. 2. Empleando aminas con agua constituyendo un líquido lavador. 3. Adsorción por variación de presión, trata de la separación de gases y su comportamiento al ser mezclados, como medio adsorbente se utiliza zeolitas o carbón activado. (Barrera et al. 2018 pp 11-13).

La cantidad de metano que el biogás pueda obtener va a depender mucho del tipo de residuos que se utilice en el proceso digestivo y del comportamiento de los microorganismos frente a los parámetros de control, este producto puede emplearse en estufas, cocina, calefones, pantallas infla rojas (Indiveri y Marato, 2017, p. 8) Si se emplea en zonas de temperaturas frías se emplea como generador de calor en un ambiente determinado. (Tapia, 2016, p. 21). El uso de biogás puede ser aplicado y utilizado de distintas formas, como combustible vehicular, generador de electricidad a partir de turbinas, energía térmica y gas natural previamente tratado como material base (Moraga, 2017, p. 30). La utilización de biogás favorece las condiciones ambientales debido a la energía limpia que este produce y puede ser empleada en las zonas rurales (León, Nomberto y Mendoza, 2019, p. 1019)

Con la finalidad de conocer los resultados de obtención de biogás, cuáles son los sustratos orgánicos más utilizados, parámetros influyentes en el proceso y el uso del biogás se realiza una revisión sistemática de trabajos de investigación de diferentes autores. En la tabla 4 se presentan los trabajos previos experimentales relacionados al aprovechamiento de sustratos orgánicos para la producción de biogás

Tabla 4 Trabajos previos experimentales relacionados al aprovechamiento de sustratos orgánicos para la producción de biogás

TIPO DE RESIDUO Y CARACTERIZACIÓN			CONDICIONES DE OPERACIÓN	RESULTADO	REFERENCIA
1. Residuos de frutas y verduras (FV) 2. Residuos de poda 3. Inoculo lodo anaeróbico			1.Reduccion de volumen de muestra 2. Se empleo un reactor anaeróbico de botella de vidrio 5000 ml (V, efectivo 450 ml y 50 ml para el biogás 3.Carga: 2 y 4 g solidos volátiles. 4.Parametros del proceso: Temperatura 37°C en laboratorio, agitados dos veces al día. 5.TRH: 60 días	1. Frutas y verduras 0.710 m3 CH4/kg	Cadavid y Bolaños (2015, pp 24-26)
Caracterización					
	F. V	Poda			
C %	43.21	31.15			
O %	35.31	27.22			
H%	7.38	5.35			
N%	2.32	1.91			
S%	0.22	0.23			
Cenizas %	11.56	34.14			
Celulosa	-	31			
Hemicelulosa %	-	29			
Lignina %	-	10			
Solidos Totales ST%	90.3	90.5			
SV %	85.96	78.9			
1. Estiércol de borrego			1. Tipo de reactor: DA, se empleó 3 botellas de 1L 2. Carga: Mezcla total de 800 ml con 10% de SV 3. Parámetros del proceso pH 6.5 - 7.5; Conductividad 1.500µs/cm; DQO (remoción) 26.233 / 90.37%; SV. (remoción) 43.84% 4. TRH 98 días	Biogás 43.84 L CH4 = 61% CO2 = 33.12 % O2 = 5.81 H2S = 133.95ppm	Sarabia, Laínez y Sosa (2015, pp 2-7)
Caracterización					
Humedad %	49.35				
SV %	82.12				
Cenizas %	12.51				
ST %	87.49				
DQO	272,667				

1. Residuo de olivícolas (alperujo) 2. Residuo de hortaliza 3. Inoculo: Estiércol de bovino			1. Tipo de reactor: Batch de 60L 2. Carga: 8% de ST compuesto por (27% alperujo y 68% hortalizas). Dos tipos de tratamientos, T0 (sin inoculo) y T1 (con inoculo). 3. Parámetros del proceso: Temperatura controlada de 30°C 4. TRH (T0) 72 días TRH (T1) 20 días	T0: 0.7 L de biogás CH4 = 13% CO2 = 60 % Otros = 27%	Varnero, Galleguillos, Guerrero y Suarez (2014, pp 74-77)
Caracterización					
	Alperujo	Hortalizas			
ST %	57	15			
SV %	93.1	75.6			
C/N	79.6	12.1			
pH	6	6.5			
1. residuos de secado de arroz (RS) 2. Estiércol de porcino (RP) 3. Inoculo: Residuos de porcino			1.Reduccion de volumen de muestra 2. Tipo de reactor: Botellas de polipropileno de 2L 3. Carga: RP (600 g de inoculo + 2g SV) / RS (600 g de inoculo + 2g SV) 4. Parámetros del proceso: Temperatura de 37 °C y presión ambiente 5. TRH 30 días	Biogás de RP =488.87 L CH4/kg S. V	López, Ruiz, Contreras, Pedraza y Hermida. (2019, pp 286-294)
Caracterización					
	RS	RP			
pH	6.43	8.06			
ST %	83.12	6.68			
SV %	92.83	84.43			
Cenizas %	7.17	15.57			
Nitrógeno amoniacal	0.07	15.57			
Hemicelulosa %	18.31	N. A			
Celulosa	19.06	N. A			
Lignina %	6.96	N. A			
1.hierba de búfalo 2. Estiércol de búfalo 3.Inoculo de porcino			1. Preparación de sustratos de carga 2.Tipo de reactor: Batch 3. Carga: 1:1 de hierba de búfalo y 1:1 de estiércol de búfalo ambos con	Composición de biogás obtenido CH4= 90.42% CO2= 8.04	
Caracterización					

	HB	EB	inoculo	O2= 1.43% Otros=0.11%	Ajcharapa y Rameshprabu (2018, pp 2-10)
Celulosa %	40 -44	-	4. Parámetros del proceso: Temperatura de 30 °c +- 2		
Hemicelulosa%	18-22	-	5. TRH		
Lignina %	18-21	-	30 días		
PH	8.26	8.02	6.Purificación del biogás: Se utilizo microalgas		
Cenizas %	2.79	2.9			
Humedad %	77.3	83			
ST mg	349.831	246.397			
SV mg	128.275	195.253			
1. Estiércol de ganado lechero 2. Residuos líquidos de incubación (huevos)			1Reparación de sustratos de carga 2. Tipo de reactor: DA se utilizó cilindros de PVC rectos de 150 y 100 mm con un volumen promedio de 1.3 L 3. Carga: Se realizaron 7 tipos de tratamiento en relación de RLI: EG (0:100, 5:95, 10:90, 15:85,20:80,25:85 y 30:70) 4. Parámetros del proceso: Temperatura ambiente 20 -24 °c 5.TRH 105 días	Biogás de (30:70) = 420 L de biogás / SV	Lopes, et al (2016, pp 66- 70)
Caracterización					
	Estiércol	RLI			
ST %	19	26.7			
SV%	79.23	96.2			
N%	2.25	7.9			
C%	23.4	40.27			
NDF %(fibras de detergente	58.93	-			
1. Suero de queso 2. Inoculo: Agua residual de porcino			1.Preparacion de la muestra: se añadió hidróxido de sodio (NaOH) 2.Tipo de reactor: DA discontinuos de tubos de cloruro de polivinilo volumen de 2.350 ml. Trabajo realizado en laboratorio. 3. Carga: 80% del volumen total de	T de 32 °C: 270 L CH4= 63 %	Antonelli, et al (2016, pp 464-664)
Caracterización					
Lactosa	10%-15%				
DQO	60 - 100 g L				
pH suero acido	5				
			T de 26°C: 171 L		

			reactor 1.88 ml. Carga de 20 % inoculo y 80 % de suero de queso	CH4= 61.33 %	
pH suero dulce	6	7	4. Parámetros del proceso: se utilizó dos tipos de temperatura de 26- 32 ° C		
DBO	30 - 50 g L		5. TRH 5 días		
1. Estiércol de porcino (EP) 2. Estiércol de gallina (GJ)			1.Tipo de digestor: Tubular semicontinuo 2. Carga: Se realizaron tres tipos de tratamiento en relación de sustrato y agua. Para EP la mezcla fue de 1:3 y para GJ fue de 1:3 y 1:5. 3. Parámetros del proceso: Temperatura de 25 °C 4. TRH de 25 días	EP (1:3): 0.137 m3/kg S. V	Martínez y Garrido (2018, pp 167- 175)
Caracterización					
	E. P	GJ			
SV (gSV/ muestra)	250.24	461.3		GJ (1:3): 0.017 m3/kg S. V	
pH (6.5 -8)	8.18	7.79			
Ácidos grasos volátiles AGV / Alcalinidad total AT (0.2-0.6)	0.45	0.87	GJ (1:5): 0.071 m3/kg S. V		
1. Glicerina cruda (CG) 2. Estiércol de ganado lechero			1. Tipo de reactor: DA discontinuo, se utilizó cilindros de PVC rectos de 150 y 100 mm con un volumen promedio de 1.3 L 2Carga: Se empleo 5 tratamientos con dosis diferentes de glicerina cruda (0, 5, 10,15 y 20 %) y 4 % ST 3. Parámetros del proceso: Temperatura de 20 a 24 4. TRH: 112	Los mejores resultados salieron de la mezcla de 5 % de glicerina Biogás obtenido 0.36 L con 74 % deCH4	Simm, et al (2017, pp 175 -179)
Caracterización					
	CG	EB			
DQO	1532 g deo2 L	592 g o2 kg			
Glicerol	14%	-			
Lípidos	78%	-			
Metanol	6%	-			
ST	-	19%			
SV	-	83%			
NDF	-	57%			

Coliformes totales	-	3.48 x 10 ⁸ por 10 g de estiércol			
1. Estiércol de burro			1. Reducción de muestra 2. Tipo de reactor: Discontinuo de lote de campo cilíndrico 3. Parámetros del proceso: Temperatura de 20 a 35 ° C 4. TRH 28 días	Biogás: 3.8 m ³ CH4 = 55% CO2= 40 % Otros = 5%	Makumba, Makaka y Mamphweli (2016, pp 2-4)
Caracterización					
ST mg/ L		198778.83			
SV mg/ L		144189.99			
Total, de alcalinidad (TA) mg/ L		6672 - 6344			
Nitrógeno amoniacal mg/L		940 - 1224			
Valor calorífico MJ/g		29.83			
SV/ST %		72.54			
DQO mg/L		25110			
1. Vinaza			2. Toma de muestras 3. Tipo de digestor: Biorreactor discontinuo, sin agitación. 4. Carga: Se realizo 7 tipos de mezclas (A, B, C, AB, AC, BC y ABC) 5. TRH: 18 días	Biogás: 674.5 ml Biogás según remoción: 0.2 g DQO CH4/ gSSV	Ariza, Rincón, Paz y Gutierrez (2019, pp 119 – 128)
2. Inoculo: lodo residual					
Caracterización					
	Vinaza	Inoculo			
ST g/L	19.78 +- 0.3	15.50			
SF g/L	6.2+- 0.06	4.75			
TVS g/l	13.6 +- 0.21	10.74 +- 0.21			
pH	4.23	4.42			
Conductividad ms/cm	39.7	36.7			
DQO	262.000	-			

1. Glicerina Bruta					1. Recolección de muestras 2. Tipo de digestor: Nivel de laboratorio (3.5 L de volumen utilizado), Material tubo de PVC de 100 mm 3. Temperatura: 30 °C (mesofílicos) 4. Carga: Glicerina al 0,2, 4 y 6) 5. TRH: 30 días	Biogás obtenido según cantidad de glicerina G0%: 7063.871 ml G2%: 6827.790 ml G4% 9307.838 ml G6% 4123.253 ml	Pazuch, et al (2017, pp 150-156)
2. Estiércol de ganado Vacuno							
	G 0%	G 2%	G 4%	G 6%			
ST mg L	16.24	16.78	20.64	28.06			
STF mg L	7.17	4.31	5.81	9.78			
SV mg L	9.06	12.46	14.81	18.28			
pH	6.43	6.56	6.68	6.5			
1. Residuos de comida					1.Recolección de muestras 2. Reducción de tamaño de sustratos 3. Homogenización de muestras 4. Tipo de reactor: Nivel de laboratorio con un volumen de 3L sin necesidad de agitación. 5 Carga: Poda, Comida y Lodo 6 Temperatura: Controlada de 37°C 7TRH: 40 días	Biogás obtenido según sustrato Poda: 0.34 m3/kg CH4: 49.9% CO2: 45.1% NH3: 5 Comida: 0.45 m3/kg CH4: 52.5% CO2: 43.9% NH3: 3.6 % Inoculo: 0.60% CH4: 42.6% CO2: 53.6% NH3: 3.8 %	Solarte, Mariscal y Aristizábal (2017, pp 106 – 113)
1. Residuos de poda							
3. Inoculo: Lodo proveniente de reactor anaeróbico de relleno sanitario							
Caracterización							
	Poda	Comida	Inoculo				
ST %	88.7	29	2.2				
SV %	81.7	25.3	0.5				
SV/ST	92.1	87.2	22.7				
C %	44.7	48.3	12.5				
H %	5.9	6.8	1.9				
N %	2.7	2.1	1.6				
S %	0.2	0.2	3.2				
O %	35.9	39	9.6				
Celulosa	26.9	N. A	N. A				
Hemicelulosa	48.6	N. A	N. A				
Lignina	24.5	N. A	N. A				
C/N	19	27	9.1				
Densidad kg/m3	N. A	N. A	990				

1. Estiércol de Bovino (EB) 2. Estiércol de Porcino (EP) 2. Estiércol de Equino (EE)				1. Recolección de muestra 2. Caracterización de muestra 3. Carga: La relación de mezcla de Los diferentes tipos de estiércol y agua fueron en la siguiente relación EE (1:3), EP (1:3) y EB (1:7). Cada prueba tubo tres muestras 4. Tipo de digestor: Anaeróbico, volumen de 100 ml (volumen de operación fue de 60 ml y 40 ml para biogás) 5. TRH: 30 días	Biogás obtenido según tipo de muestras EB: 10.44 N I CH4/kgSV EP: 14.50 N I CH4/kgSV EE: 17, 09 N I CH4/kgSV	Castro, PARRALES y ESCALANTE (2019, pp 29 – 38)
Caracterización						
	EE	EB	EP			
Densidad (g/ml)	0.97	0.99	0.94			
SV (g SV/kg)	169.19	151.23	203.99			
Fracción de materia orgánica (g SV/ST)	83.21	80.92	85.77			
1. Citrus sinensis 2. Inoculo: Residuos de verduras.				1. Recolección de muestras 2. Caracterización 3. Tipo de digestor: Anaeróbico escala de laboratorio 4. TRH: 30 días	Biogás obtenido 560 ml por gramo de SV	Alvarado y Hernández (2018, pp 10- 27)
Caracterización						
	Resíduos de cascara de naranja					
pH	3.42					
N %	0.76					
Humedad	79.83					
ST %	20.17					
SV %	19.31					
C %	44.33					
H %	5.90					
N %	0.76					
Cenizas %	3.2					

1. Vinaza			1. Recolección de muestra 2. Caracterización 3. Carga: 7:3 (lodo activado y vinaza) 4. Tipo de reactor: Semicontinuo anaeróbico a 39 °C 5. TRH: 30 días	Biogás obtenido 217 L/kg SV Metano 55 %	López, Ventura, Rodríguez y Hensel (2019, pp 447- 458)
2. Lodo activo					
	Caracterización				
	V	LA			
pH	4.77	8.24			
ST %	4.9	0.53			
ST g/L	49.17	5.34			
SV %	3.5	0.34			
SV g/L	14.58	1.97			
Nitrógeno g/L	0.126	0.042			
DQO g/L	59	5.70			

Fuente: Elaboración propia

III MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo básica, según Hoffmann la investigación básica es más amplia y puede ser usada en diferentes campos de investigación, ya que esta busca explicar el por qué puede ocurrir un fenómeno o transformación dando paso a nuevas investigaciones (2017, párr. 7-8).

Se empleó el diseño de investigación narrativo de tópicos, Según Hernández, Fernández y Del Pilar este diseño trata de explicar o relatar la sucesión de los procesos vividos, por aquellos individuos que experimentaron el proceso de obtención de un producto, a través de resultados obtenidos. (2003, p. 487).

3.2 Categorías, sub categorías y matriz de categorías apriorísticas.

El objetivo general es Analizar las diferentes etapas del proceso de obtención de biogás a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos y estiércol.

En la tabla 5 se muestra cuáles son las categorías y subcategorías del estudio.

Tabla 5 Categorías y Subcategorías del estudio

Objetivos Específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Identificar los principales parámetros de control para la obtención de biogás	¿Cuáles son los principales parámetros de control para la obtención de biogás?	Parámetros de control	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros físicos - Parámetros químicos - Parámetros biológicos 	Moraga (2017, p. 13-16). Tapia (2016, p. 6-10). Fao (2019, p. 8-12) Reyes (2017, p. 73) (Garcia, 2015, pp. 18-25).
Identificar los tipos de estiércol y residuos más utilizados para la obtención de biogás	¿Cuáles son los tipos de estiércol y residuos más utilizados para la obtención de biogás?	Residuos orgánicos Estiércol	Tipo de estiércol <ul style="list-style-type: none"> - Rumiantes - Aves Tipos de residuo <ul style="list-style-type: none"> - Poda - Frutas - Verduras 	Cadavid y Bolaños (2015, pp 24-26) Sarabia, Laínez y Sosa (2015, pp 2-7) Venero, Galleguillos, Guerrero y Suarez (2014, pp 74-77) López, Ruiz, Contreras, Pedraza y Hermida. (2019, pp 286-294) Ajcharapa y Rameshprabu (2018, pp 2-10) Antonelli, et al (2016, pp 464- 664) Martínez y Garrido (2018, pp 167-175)
Conocer las eficiencias obtenidas del uso del biogás.	¿Cuál es el uso del biogás obtenido de la digestión anaerobia?	Uso del biogás	<ul style="list-style-type: none"> - Composición del biogás - Uso eficiente del biogás 	Reyes (2017, p. 76) Tapia (2016, pp. 7-21) Moraga (2017, p. 7-30) Ávila, Sotomayor, Erwein y Cerca (2014, p. 18) Parra, et al (2019, p. 154) Indiveri y Marato (2017, p. 8) León, Nomberto y Mendoza (2019, p. 1019)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

Según la guía de productos observables de la universidad cesar vallejo nos indica que los trabajos cualitativos pueden desarrollarse a través de referencias indexadas, es por esa razón que el presente trabajo no cuenta con un escenario de estudio específico que delimite la zona de estudio.

Se realizó revisión sistemática de documentos nacionales e internacionales de diferentes artículos de investigación, libros, manuales, documentos técnicos y páginas web institucionales, obteniendo un escenario de estudio extensivo.

3.4 Participantes

En esta investigación los participantes están formados por todos los artículos científicos, capítulos de libros, documentos técnicos, páginas web institucionales y manuales. Toda información ha sido obtenida de bases de datos tales como: Scielo, Science Direct, EBSCO, ProQuest y Redalyc

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

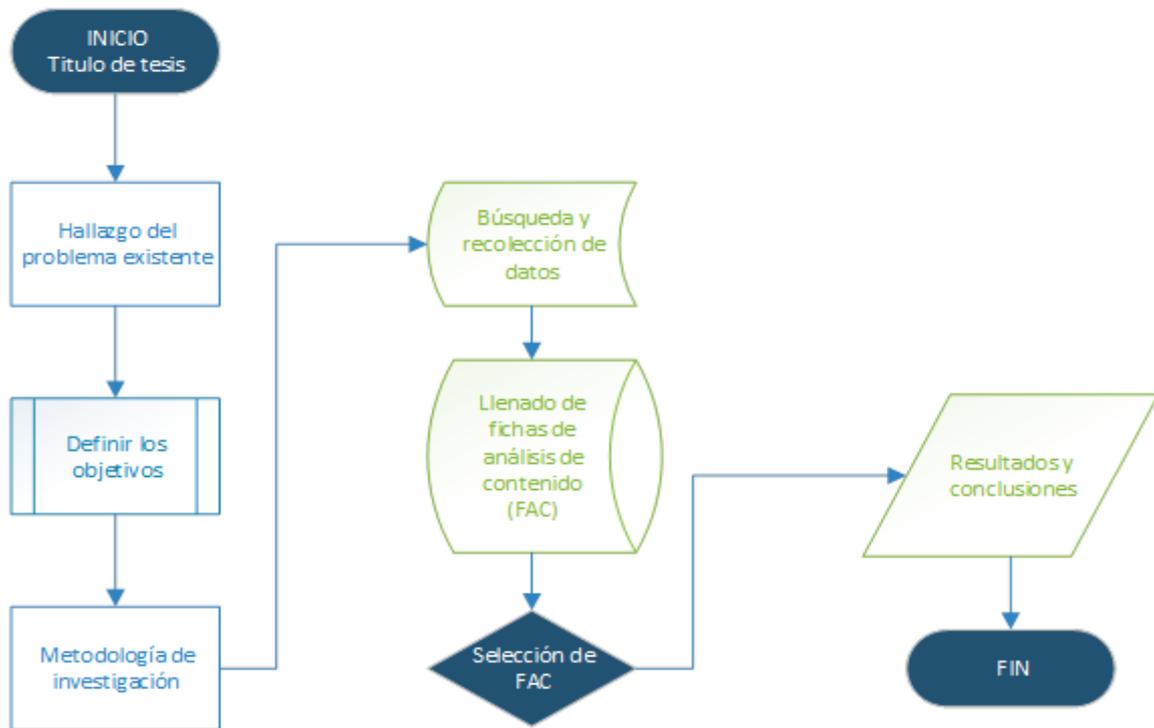
Se empleó la técnica de análisis de documentos a través de revisión bibliográfica de diferentes trabajos de investigación, utilizando como instrumento de recolección de datos las fichas de análisis de contenido (FAC), en ella se extrajo los datos más resaltantes de cada artículo científico. Las fichas contienen los siguientes datos: Título, autores, año de publicación, lugar de publicación, tipo de investigación, palabras claves, tipo de residuo, inoculo, parámetros medidos, condiciones de operación, resultados y técnicas de mejoramiento.

En el **anexo 1** se encuentra el formato de ficha de análisis de contenido.

3.6 Procedimientos

En el gráfico 3 se presenta el diagrama metodológico de elaboración del trabajo de investigación que inició con la identificación de los problemas, definición de objetivos, búsqueda de información, selección documentaria, resultados y conclusión.

Gráfico 3 Diagrama de metodológico de elaboración del trabajo de investigación



Fuente: Elaboración propia

Para la búsqueda de información se empleó palabras claves en español, inglés y portugués tales como, “digestión anaeróbica”, “obtención de biogás”, “aprovechamiento de residuos orgánicos”, “aprovechamiento de estiércol de animales”, “use of animal manure”, “anaerobic digestion”, “biogás production”, “use of estrume animal”, “digestão anaeróbica” y “produção de biogás”. Se empleo muestreo de documentos como: artículos científicos, libros, capítulos de libros, revistas indexadas, documentos técnicos, manuales y páginas web institucionales. Todos los documentos utilizados fueron extraídos de base de datos tales como: Scielo, Science Direct, EBSCO, ProQuest, Redalyc; Fao, MINAN, MAPA y Energy Agency. Considerando como antigüedad no mayor a los últimos 5 años. Se empleo fichas de análisis de contenido que facilito la obtención de datos relevantes para la elaboración del trabajo, Se empleo criterios de inclusión y exclusión para la selección de fichas de análisis de contenido. En la tabla 6 se presenta el resumen de criterios de búsqueda.

Tabla 6 Resumen de criterios de búsqueda documentaria

Tipo de documentos	Documentos referidos	N.º de documentos	Palabras Claves	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión	N.º de documentos Utilizados
Artículos científicos	Obtención de biogás/ Aprovechamiento de residuos orgánicos y estiércol de animales	69	“Digestión anaeróbica”, “Anaerobic digestión”, “Obtención de biogás”, “Aprovechamiento de residuos orgánicos”, “Aprovechamiento de estiércol de animales” “Use of animal manure” “biogás production”	- Últimos 5 años. - Resultados - Metodología de trabajo. - Información clara y coherente	- Mayor a 5 años de antigüedad - Resultados incompletos - Falta de información	30
Libros	-Residuos agropecuarios -Reducción de impacto ambiental en la ganadería	5	“Aprovechamiento de estiércol de animales” “Use of animal manure”	- Información relevante. - Últimos 5 años	- Mayor a 5 años de antigüedad	2
Manuales	-Proceso de obtención de biogás -Parámetros influyentes en DA	6	“Obtención de biogás” “biogás production”	-Últimos 5 años. -Cantidad de información	- Mayor a 5 años de antigüedad	4
Paginas institucionales	-Eficiencia del aprovechamiento de residuos orgánicos - Uso del biogás.	7	Obtención de biogás”, “Aprovechamiento de residuos orgánicos”, “Aprovechamiento de estiércol de animales” “Use of animal manure”	-Últimos 5 años. -Cantidad de información	- Mayor a 5 años de antigüedad - Falta de información	5
Normas, leyes o decretos	-Uso del biogás - Manejo de residuos	4	“Aprovechamiento de estiércol de animales” “Use of animal manure”	-Cantidad de información - Vigencia	- Falta de información	1
Documentos técnicos	Parámetros influyentes en la DA	8	“Digestión anaeróbica”, “Anaerobic digestión”, “Obtención de biogás”, “Biogás production” “Aprovechamiento de residuos orgánicos”, “Aprovechamiento de estiércol de animales” “Use of animal manure”	- Últimos 5 años. - Resultados - Información clara y coherente	- Mayor a 5 años de antigüedad - Falta de información	4

Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

El presente trabajo cumplido con los 7 criterios de rigor científico para investigaciones de tipo cualitativas, en la tabla 6 se muestra los 7 criterios y sus definiciones.

Tabla 7 *Criterios de rigor científico*

CRITERIO	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Credibilidad	Recolección de datos verdaderos expresados por autores que han vivido el fenómeno a estudiar.	Castillo y Vásquez (2003, p. 165-166)
Transferencia o Aplicabilidad	Extensión de resultados, transferencia de hallazgos identificados que dan origen a otros estudios.	
Auditabilidad o Conformabilidad	Habilidad o criterios de seguir la ruta de estudio de lo que el autor de origen trata de demostrar	
Consistencia o dependencia	Estabilidad de datos a través de métodos de análisis e interpretación que permiten realizar comparación de datos.	Noreña, Alcaraz, Rojas y Rebolledo (2012, p. 265-268)
Reflexibilidad o Confirmabilidad	Ética del investigador, los resultados garantizan la veracidad del estudio. Interviene el instrumento de recolección de datos y objetivos del estudio	
Relevancia	El logro o cumplimiento de los objetivos planteados que dan paso a nuevos estudios.	
Concordancia teórica - epistemológica	Relación e Identificación del problema o realidad problemática con el tema de investigación, garantizando la concordancia de las teorías utilizadas en todo el trabajo de investigación.	

Fuente: Elaboración propia

El cumplimiento de los criterios de rigor científico se dio de la siguiente manera:

1. Concordancia teórica – Epistemológica: Al inicio del presente trabajo de investigación se identificó los problemas, objetivos y teorías relacionadas al tema de investigación, en concordancia a la realidad problemática.

2. Relevancia: Según se fue avanzando el trabajo de investigación se fue alcanzando el cumpliendo objetivos planteados.

3. Consistencia: Se realizó revisión bibliográfica de diferentes artículos científicos donde se pudo comparar resultados obtenidos por los diferentes autores referenciados, para el análisis y selección de trabajos se tomaron criterios de confiabilidad y actualización de estudios.

4. Reflexibilidad: Como instrumento de recolección de datos se empleó fichas de

análisis de contenido, donde se extrajo toda información relevante que aporte a la investigación. Se respetó el derecho de autor de cada artículo científico analizado.

5. Auditabilidad: Según el análisis de conclusiones realizado a diferentes estudios, se puede tener una idea clara de la ruta de estudio por el cual se debe de ir investigando.

6. Aplicabilidad: Se analizaron resultados de diferentes trabajos de investigación, identificando la extensión de posibles mejoras a cada proceso experimental analizado. Para dar origen a nuevos trabajos de investigación que mejoren la calidad de resultados.

7. Credibilidad: Todos los datos y resultados obtenidos fueron extraídos de base de datos confiables, que garantiza resultados verdaderos sobre la experiencia que cada autor demostró en sus trabajos.

3.8 Método de análisis de dato

Para el método de análisis de datos se utilizó fichas de análisis de contenido, en ellas se extrajo toda información valiosa para el presente trabajo de revisión bibliográfica.

Para la selección de fichas se tomó en cuenta los siguientes criterios: Información actualizada, nivel de especialización del autor, relevancia con el tema a tratar, por su origen y naturaleza del contenido. El análisis documental se realizó a través de la revisión rigurosa de múltiples trabajos de investigación, realizando comparación de tipo de biodigestor empleado, caracterización de residuos, parámetros influyentes y resultados.

3.9 Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se desarrolló respetando el derecho de auditoría de todos los autores referenciados, cumpliendo con las normas de ética de la universidad Cesar Vallejo.

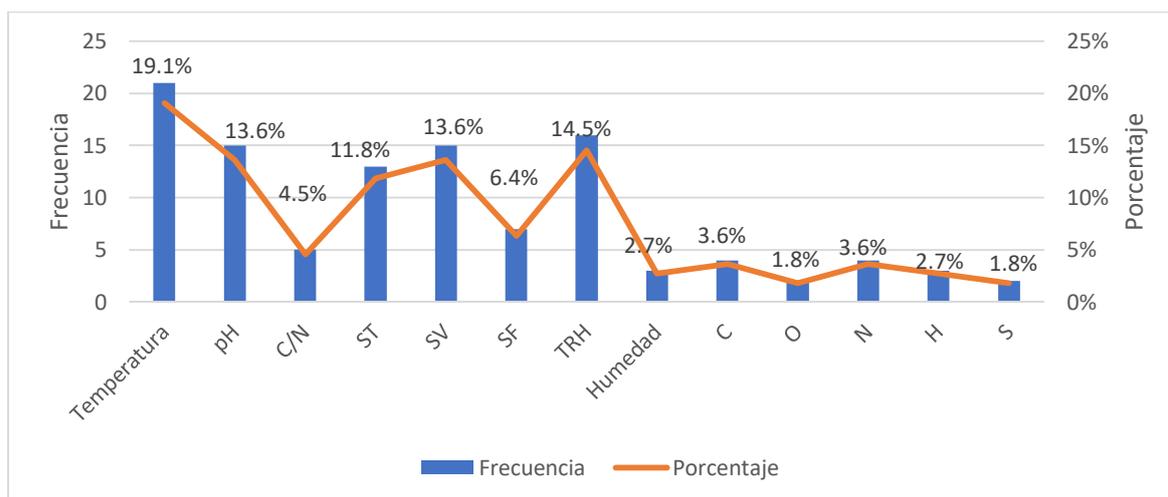
No hubo plagio de trabajos de investigación, toda la información recaudada fue analizada e interpretada manteniendo el derecho de cada autor. La obtención de los documentos o trabajos realizados por los diferentes autores, fueron extraídas de base de datos confiables y descargadas con fines académicos.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Parámetros de control

En el gráfico 4 se presenta los parámetros de control de la digestión anaerobia para distintos tipos de residuos y estiércol de animales, estos datos fueron obtenidos de acuerdo con la frecuencia reportada por los artículos revisados en este estudio.

Gráfico 4 *Parámetros de control de la digestión anaerobia según frecuencia*



Fuente: Elaboración propia (Datos obtenidos de 30 referencias)

Se determinó que la temperatura representa un 19.1% de frecuencia. El TRH representa un 14.5% de frecuencia, la temperatura cuenta con 3 rangos que son: psicrófilico (10-25 °C), mesofílica (25-40 °C) y termofílica (40-50 °C), cuando se tiene temperaturas mayores como las de rango termofílicas el TRH es menor en rangos de 15 -25 días, si el rango de temperatura es psicrófilico el TRH es mayor en rangos de 50-120 días. En el caso que el rango de la temperatura sea mesofílico el TRH estará en rangos de 25-50 días.

El pH representa 13.6% de frecuencia, el control de este parámetro es importante para evitar la inhibición del proceso digestivo, el rango óptimo del pH es de 6.5 – 7.5, si el pH baja a rangos ácidos se produce mayor cantidad de hidrogeno y CO₂ dando como resultado un biogás de bajo contenido de metano, si el pH sube a un rango básico se genera amoníaco ocasionando la inhibición del proceso digestivo.

Los sólidos volátiles (SV) representan un 13.6% de frecuencia, los sólidos totales (ST) representa el 11.8% de frecuencia, seguido por los sólidos fijos (SF) o también

conocidos como cenizas con un 6.4% de frecuencia. Los ST están constituidos por SV y SF, la cantidad de SV va a determinar la cantidad de materia orgánica que se convertirá en biogás, mientras que los SF representa la materia orgánica que no será aprovechada por los microorganismos anaeróbicos, la cantidad de uso de los sólidos totales va a depender mucho del volumen y tipo de biodigestor, mientras que los sólidos volátiles dependerán del tipo de sustrato y tipos de mezcla a trabajar. Según la revisión literaria el rango de porcentaje de SV es de 75% - 98%, según el porcentaje de SV se puede concluir la cantidad de biogás que se obtendrá del proceso de digestión anaerobia.

La relación de C/N representa el 4.5% de frecuencia este parámetro tiene un rango óptimo de 16:1 – 25:1, la medición de este parámetro es importante, debido a que es fuente de alimentación para los microorganismos, El carbono representa la fuente de energía mientras que el nitrógeno se encarga de generar nuevas células, si la relación de C/N es muy baja ocurre la formación de amonio ocasionando la inhibición de la DA, si la relación de C/N es mayor la generación de microorganismos es lenta por lo tanto afecta al TRH del biogás. El carbono y nitrógeno representan un 3.6% de frecuencia cada uno, influyendo en el proceso por medio del parámetro de relación C/N.

La humedad y el hidrogeno representan el 2,7% de frecuencia cada uno, la humedad del sustrato orgánico es medido según el tipo de biodigestor empleado, no se identifica rangos óptimos de humedad, el hidrógeno es medido para identificar la cantidad de hidrogeno que el sustrato cuenta, sin embargo, no se identifica rangos óptimos de contenido de H₂. El oxígeno y azufre representan el 1.8% de frecuencia cada uno, no se identificó rango óptimo del contenido.

En el **anexo 2** se indica los valores de frecuencia de parámetros de control reportados por diferentes autores.

La medición de parámetros durante el estudio de caracterización y durante el proceso de digestión anaerobia es importante debido a que se puede identificar que tan eficiente es el sustrato orgánico para la producción de biogás, el estudio de caracterización es medido antes del proceso digestivo, los parámetros más resaltantes es esta etapa son los ST, SV, SF, C/N, ya que con los resultados de

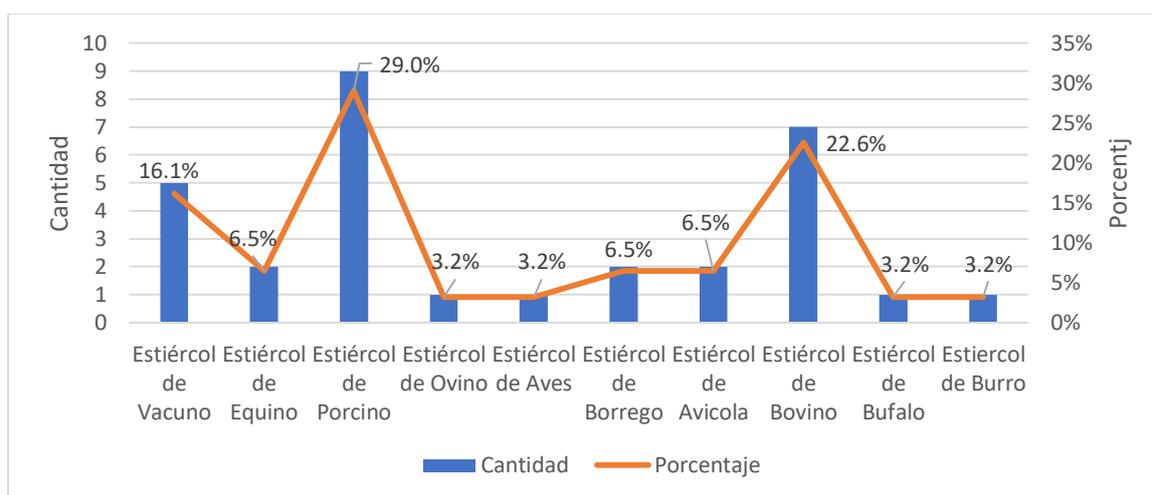
estos parámetros se puede ir identificando que cantidad del sustrato orgánico se convertirá realmente en biogás, el biogás obtenidos puede ser medido en referencia a los sólidos volátiles.

Durante el proceso de DA se va monitoreando los parámetros de temperatura y pH, el monitoreo del comportamiento de estos parámetros es importante debido a que se puede controlar el avance efectivo del proceso evitando así la inhibición del proceso digestivo. El TRH es importante, ya que mediante este parámetro se puede identificar el tiempo que tardara la digestión anaerobia o que cantidad de materia orgánica se va a emplear de acuerdo con el volumen del digestor.

4.2 Tipos de sustrato

Los sustratos orgánicos empleados para la digestión anaerobia fueron divididos en tres grupos, el primer grupo se trata de estiércol de animales que representa el 47.7 % de los sustratos empleados, en el gráfico 5 se presenta los tipos de estiércol que se emplean para la producción de biogás. Los residuos orgánicos representan el 44.6% de los sustratos empleados, en el gráfico 6 se presenta los tipos de residuos orgánicos. El 7.7% de los sustratos empleados representa los residuos líquidos.

Gráfico 5 Tipos de estiércol

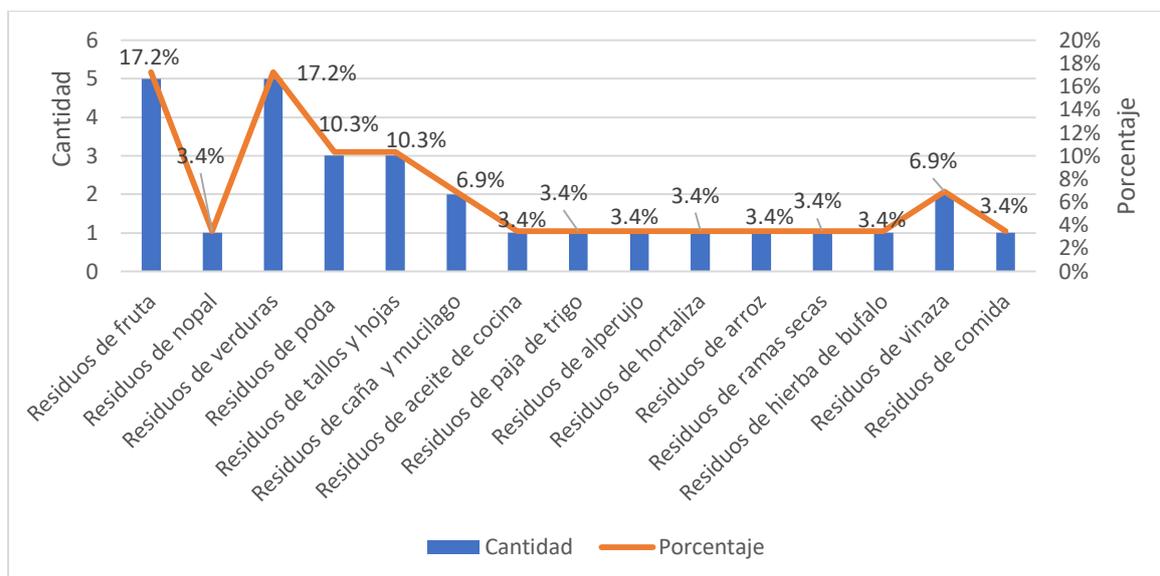


Fuente: Elaboración propia (Datos obtenidos de 30 referencias)

Los tipos de estiércol de animales que fueron empleados por diferentes autores están identificados en 10 tipos, el estiércol de porcino es el más empleado representando un 29%, seguido por el estiércol de bovino que representa en 22.6

%, en tercer lugar, se tiene al estiércol vacuno con un 16.1%, el estiércol de equino, borrego, avícola representan el 6.5 % cada uno, el estiércol de búfalo, burro, ovino y aves representan el 3.2% cada uno.

Gráfico 6 *Tipos de residuos orgánicos*



Fuente: Elaboración propia (Datos obtenidos de 30 referencias)

Según la revisión bibliográfica realizada se pudo identificar 15 tipos de residuos utilizados por diferentes autores, entre los residuos más empleados tenemos los residuos de frutas y verduras que representan un 17.2 % cada uno, seguido por los residuos de poda y tallos que representa un 10.3% cada uno, los residuos de caña, mucilago y vinaza representan el 6.9% cada uno, los residuos de nopal, aceite de cocina, trigo, alperujo, hortaliza, arroz, ramas secas, hierba de búfalo y residuos de comida representan el 3.4% cada uno.

En el **anexo 3** se encuentra la base de datos de los tipos de sustratos orgánicos.

Se identificó que el estiércol de búfalo brinda hasta un 90.42% CH₄, es decir el biogás obtenido es de alta calidad, la mezcla de glicerina con estiércol vacuno brinda 74 % CH₄, la mezcla de alperujo, hortaliza e inculo de estiércol bovino brinda 69% CH₄, la mezcla de suero de queso e inculo de porcino brinda 63% CH₄, el estiércol de borrego brinda 61% CH₄, el estiércol de burro brinda 55% CH₄ y los residuos de comida brindan hasta un 52.5 % CH₄. Para que el proceso de

digestión anaerobia sea considerada eficiente, el biogás obtenido debe contar con el 50% CH₄, si el metano obtenido es menor al 50% se considera un biogás de baja calidad, los sustratos orgánicos que han obtenido menor porcentaje de metano son: residuos de poda con un 49.9% CH₄ y la mezcla de alperujo con hortaliza brindan 13% CH₄.

En el **anexo 4** se encuentra la base de datos de la generación de metano según sustrato orgánico.

Según los datos obtenidos por diferentes autores se entiende que el sustrato más empleado para la producción de biogás es el estiércol de animal, esto se debe a su alto contenido de microorganismos biodegradables, seguido por los residuos orgánicos. Se identificó que el biogás obtenido de la degradación de los distintos tipos de estiércol son los que mejor resultados dan en comparación con los residuos orgánicos, según los estudios realizados por diferentes autores se logra identificar que muchos de los residuos orgánicos por si solo tardan más tiempo en biodegradarse, la cantidad de biogás es mínima y el porcentaje de metano es menor del 50%, sin embargo, el uso de estiércol de animales como sustrato principal o como inóculo siempre da mejores resultados, ya que el tiempo de biodegradación es menor en rangos de 25-50 días obteniendo mayor cantidad de biogás con un metano por encima del 50%.

4.3 Uso del biogás

El biogás obtenido de la digestión anaerobia es empleado en diferentes actividades, el uso del biogás va a depender de su purificación y la cantidad de metano que pueda contener.

Según la revisión de 21 referencias el uso del biogás se divide en dos grupos que son de uso doméstico y uso industrial, se identificó que el uso doméstico representa un 55.4% del uso del biogás obtenido de la digestión anaeróbica y el uso industrial representa un 44.6%. otra forma de interpretar el uso del biogás es según su actividad de uso, entre las actividades se obtuvo que el 42.6% representa a la generación de energía, el 27.8% se emplea para cocinar, el 11.1 % es empleado como combustible y el 9.3% representa energía térmica y calefacción cada uno.

En el **anexo 5** se presenta la base de datos del uso de biogás

Según los resultados obtenidos se identificó que la generación de biogás como fuente de energía limpia es factible, ya que es empleada en diferentes actividades tanto de uso doméstico como de uso industrial, el 44.6% de las actividades está dirigido a impulsando el uso del biogás como principal fuente de energía que logre satisfacer las necesidades del ser humano, reemplazando la energía tradicional con la energía obtenida por el biogás.

V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que los principales parámetros de control para la digestión anaerobia durante el proceso de caracterización de los sustratos son: TRH, ST, SV, SF, C/N, C, N, O, S, H y humedad. Durante el proceso digestivo se va monitoreando el comportamiento del pH y la temperatura, el control de estos parámetros ayuda a evitar la inhibición del proceso e ir controlando de manera eficiente el proceso de digestión anaerobia.
2. Se identificó que los tipos de estiércol más empleados para la obtención de biogás son: estiércol de porcino con un 29% de frecuencia, estiércol de bovino con un 22.6% de frecuencia y estiércol vacuno con un 16%. Entre los principales residuos orgánicos empleados para la obtención de biogás tenemos a los residuos de frutas y verduras que representan un 17.2% de frecuencia y los residuos de poda, tallos y hojas que representan un 10.3% de frecuencia. Se halló que existen otros tipos de estiércol y residuos orgánicos que están por debajo del 8% de frecuencia.
3. Se identificó que el biogás obtenido de la digestión anaerobia es empleado en un 55.4% de uso doméstico y el 44.6% para uso industrial, esto se debe a su potencial energético que es aprovechado como fuente de energía. Según el alto contenido de metano que el biogás contenga se considera el uso a grandes escalas que busca reemplazar la energía tradicional.
4. Se identificó que entre las principales etapas de obtención de biogás se tiene, a la elección de sustrato orgánicos que deben contar con características biodegradables hallados en los resultados de caracterización del sustrato orgánico, seguido por la medición de parámetros como el pH y temperatura durante las etapas de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

VI. RECOMENDACIONES

1. Ampliar la investigación de revisión sistemática abarcando los métodos de purificación del biogás, llevando a cabo con una muestra más amplia de documentos indexados y trabajos experimentales.
2. Desarrollar la investigación implementando el tipo de residuos líquidos como aguas residuales, líquido de incubación, etc. Debido a sus propiedades orgánicas que se puede emplear para la obtención de biogás, llevando a cabo con una muestra más amplia de documentos indexados y trabajos experimentales.
3. Desarrollar la investigación implementando la codigestión de sustratos orgánicos para la obtención de biogás, llevando a cabo con una muestra más amplia de documentos indexados y trabajos experimentales.

REFERENCIAS

- 1) AJCHARAPA, Chuanchal y RAMESHPRABU, Ramaraj. Sustainability assessment of biogas production from buffalo grass and dung: biogas purification and bio-fertilizer. [en línea]. Vol. 8 n° 3. February 2028 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2020].
Disponible en:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=de2fd6ed-9b94-45d0-9964-47e6eb91aa58%40pdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=29616183&db=cmedm>
DOI: 10.1007/s13205-018-1170-x
- 2) ALVARADO, Tatiana y HERNÁNDEZ, Alba. Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. [en línea]. Vol. 5 n° 2. Julio 2018. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2020]. Disponible en:
<https://search.proquest.com/docview/2126524182/5D4F0E8E14CC485FPQ/22?accountid=37408>
DOI:10.23850/24220582.1393
- 3) Anaerobic co- digestion of animal manure at defferent waste cooking oil concentrations. por Natalia Da Silva Sunada [et al]. [en línea]. Vol. 48 n° 07. junio 2018 [Fecha consulta: 19 de mayo de 2020]. Disponible en:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782018000700351&lang=es
ISSN: 1678-4596
- 4) Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa por Ana Lucia Noreña [et al]. [en línea]. Vol. 12 n° 03. Setiembre 2012. [Fecha consulta: 11 de julio de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=es
ISSN: 1657-5997
- 5) AZAHARES, Esteban, LEYET, Emilio y RODRIGUEZ, Amable. Beneficios de la aplicación del biogás en el segundo frente. [en línea]. Diciembre 2018 [Fecha de consulta: 5 junio de 2020]. Disponible en:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=21c34ff1-b541-44e2-89a0-6aa5dd5a463b%40pdc-v-sessmgr04>
ISSN: 2227-6513

- 6) BANCO MUNDIAL, Birf. 20 de setiembre de 2018. Disponible en:
<https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- 7) Biogas production by the anaerobic digestion of whey. Por Jhonatas Antonelli [*et al*]. [en línea]. Vol. 39 n° 3, Setiembre, 2016 [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2016000300016&lang=es
ISSN: 0871-018X
- 8) Biodigestor móvil para la producción de biogás utilizando estiércol de ovino. Por Gonzales Medina [*et al*]. [en línea]. Vol. 10 n° 12. junio 2017. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2020]. Disponible en:
<http://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/46>
- 9) CADAVID, Luz y BOLAÑO, Ingrid. Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad Colombia [en línea]. Diciembre 2015 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/energetica/article/view/46142>
ISSN: 2357-612X
- 10) CASTRO, Liliana, PARRALES, Yilber y ESCALANTE, Humberto. Co-digestión anaerobia de estiércoles bovino, porcino y equino como alternativa para mejorar el potencial energético en digestores domésticos [en línea]. Vol. 32 n°.02. Noviembre 2019 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020]. Disponible en:
<https://search.proquest.com/docview/2412494131/5D4F0E8E14CC485FPQ/14?accountid=37408>
ISSN: 2145-8480
- 11) CASTILLO, Edelmira y VÁSQUEZ, Martha. El rigor metodológico en la investigación cualitativa [en línea]. Vol. 34 n°.03. 2003. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2020]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/283/28334309.pdf>
ISSN: 0120-8322

- 12) CENDALES, Edwin y JIMÉNEZ, Silvio. Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino [en línea]. n°.77. Julio 2014 [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200002&lang=es
ISSN: 0120- 8160
- 13) CEPAL. ONU. 7 de febrero de 2019. Disponible en:
<https://www.cepal.org/es/eventos/taller-regional-instrumentos-la-implementacion-efectiva-coherente-la-dimension-ambiental-la>
- 14) Codigestión anaerobia del residuo del secado de arroz y excreta porcina en sistema discontinuo por Lisbet Mailin López Gonzales [et al]. [en línea]. Vol. 39 n° 02. marzo 2019. [Fecha consulta: 15 mayo de 2020]. Disponible en:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=a588e5f5-45ed-4f4e-b18d-0c2d0848cade%40sessionmgr4006>
ISSN: 2224-6185
- 15) Co- digestion of crude glycerin associated with cattle manure in biogas production in the State of Parana, Brazil por Felix Augusto Pazuch [et al]. [en línea]. Vol. 39 n° 02 Junio 2017. [Fecha consulta: 29 mayo de 2020]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/3032/303250905004/index.html>
ISSN: 1806-2563
- 16) Crude glycerin in anaerobic co-digestion of dairy cattle manure increases methane production. Por Silvana Simm [et al]. [en línea]. Vol. 74 n° 03 junio 2017 [Fecha consulta: 15 mayo de 2020]. Disponible en:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162017000300175
ISSN: 1678-992X
- 17) Determinación del potencial bioquímico de metano (PBM) de residuos de frutas y verduras en hogares por Claudian Sánchez Reyes [et al]. [en línea]. Vol. 32 n° 02. mayo 2016 [Fecha consulta: 15 mayo de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992016000200191
ISSN: 0188- 4999
- 18) Evaluación de producción de biogás y reducción de carga orgánica de vinaza mediante

digestión anaerobia por Dayanis Ariza Calvo [et al]. [en línea]. Vol. 21 n° 02. diciembre 2019. [Fecha consulta: 17 de mayo de 2020]. Disponible en:

<https://search.proquest.com/docview/2329589376/5D4F0E8E14CC485FPQ/1?accountid=37408>

DOI: 10.15446

- 19) GARCIA, Virginia. Manual de biogás: conceptos básicos. Beneficios de su producción y aplicación de sus sub- productos. Buenos Aires, 2015. Disponible en:
https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_de_Biogas01.pdf
- 20) HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y DEL PILAR, María. Metodología de la investigación. 6.ta ed. México: Mc Graw Hill, 2003. 634 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- 21) HOFFMANN, Thomas. What is basic research? [en línea]. ScienceNordic. 10 de January de 2017. Disponible en:
<https://translate.google.com/translate?hl=es-419&sl=en&tl=es&u=https%3A%2F%2Fscienordic.com%2Fa%2F1440003&anno=2&prev=search&sandbox=1>
- 22) IEA (2020), Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth, IEA, Paris. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/annex#abstract>
- 23) INDAP. Biogás de residuos agropecuarios en la región de los ríos. Chile: 2014.
- 24) INDIVERI, Elisa y MARATO, Carina. Biogás: Manual para la construcción. Programa de biodigestores UNCUYO. Mendoza, 2017. Disponible en:
<http://imd.uncuyo.edu.ar/manual-de-uso-de-biodigestores>
- 25) Inoculum adaptation for the anaerobic digestion of mezcals vinasses. Por Mónica López Velarde Santos. [en línea]. Vol. 35 n° 02. August 2019. [Fecha de consulta: 25 mayo de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000200447&lang=es
ISSN: 0188-4999
- 26) FAO. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección Documentos Técnicos N° 12. Buenos Aires. 2019. Disponible en:
<http://www.fao.org/publications/card/es/c/CA5082ES/>
ISBN: 978-92-5 131559-0
- 27) LEÓN, Carlos, NOMBERTO, Carlos y MENDOZA, Gerson. Diseño e implementación

de una planta piloto de producción de biogás, biol y biosol. [en línea]. Diciembre 2019 [Fecha de consulta: 18 mayo de 2020]. Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=200909df-1766-4b02-9e2d-e351faf6f0db%40sessionmgr4007>

ISSN: 2413-3299

28) Ley n° 3198. Ley que declara de necesidad pública y de preferente interés nacional, la promoción y desarrollo de plantas de tratamiento de bioenergéticos en los gobiernos locales, para diversificar el portafolio de opciones productivas, Diario el peruano. Lima, Perú, 2018.

29) MAPA. Guía de las mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería. España. 2017. Disponible en:

<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/default.aspx>

30) MARTÍNEZ, Alejandro y GARRIDO, Gianina. Uso de la biomasa de residuos orgánicos para el digestor de una estación eléctrica. [en línea]. Vol. 18 n° 1. agosto 2018 [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020]. Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=6ced5dd2-4efa-41f3-a1e1-f0a1db0cb407%40sdc-v-sessmgr01>

ISSN: 2145-8456

31) MARTÍNEZ, Miguel. Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. [en línea]. Vol. 7 n° 15. agosto 2015. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020]. Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=98b3d5b7-3dc4-40d8-bcb8-7466a04e3e20%40sessionmgr4008>

ISSN: 2007-0705

32) MORAGA, Andrea. Guía del instalador de biogás. Chile: EBP. 2017. Disponible en:

<https://www.ebpchile.cl/es>

33) MUKUMBA, Patrick, MAKAKA, Golden y MAMPHWELI, Sampson. Anaerobic digestion of donkey dung for biogas production. [en línea]. Vol. 112 n° 7. mayo 2016. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2020]. Disponible en:

http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532016000400026&lang=es

ISSN 1996-7489

34) Obtención de biogás a base de biomasa de nopal a nivel laboratorio (Opuntia ficus –

indica) variedad Atlixco por Javier Arreguin [et al]. [en línea]. Vol. 3 nº 6. marzo 2016. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en:

file:///C:/Users/depar/Downloads/Revista_Sistemas_Experimentales_V3_N6_5.pdf

- 35) PARRA, David, BOTELO, Mónica y BOTERO, Julián. Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos. [en línea]. Vol. 18 nº 1. Agosto 2018. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2020]. Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=0c6927f2-2af4-4a3c-95cc-2bb958f72ede%40sdc-v-sessmgr03>

ISSN: 2145-8456

- 36) Potencial biotecnológico para la valorización de residuos generados en granjas porcinas y cultivos de trigo. Por Luis Humberto Álvarez Valencia [et al]. Vol. 7 nº. 21. noviembre 2019. [Fecha de consulta: 15 junio de 2020]. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-80642019000300001&lng=es&nrm=iso

ISSN: 2007-8064

- 37) Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. Por Karen Montenegro Orozco [et al]. [en línea]. Julio 2016. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-100X2016000200023&lng=e&nrm=iso&tlng=e

ISSN: 0120-100X

- 38) Producción de biogás y Enmiendas orgánicas a partir del residuo Olivícola (Alperujo) por María Varnero [et al]. [en línea]. Vol. 25 nº 05. mayo 2014. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020]. Disponible en:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=21c34ff1-b541-44e2-89a0-6aa5dd5a463b%40pdc-v-sessmgr04>

DOI: 10.4067/S0718-07642014000500011

- 39) REYES, Edwin. Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos [en línea]. nº 24 diciembre 2017 [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. Disponible en:

<file:///C:/Users/jdeag/Desktop/ucv/informacion%20para%20tesis/Documentos%20de%20referencia/documentos%20para%20hacer%20bibliografia/LEY/Articul>

[o%20cientifico/Reyes%20Revista%20cientifica%202017.pdf](#)

- 40) SARABIA, Marco, LAINES, José y SOSA, José. Generación de biogás mediante la digestión anaerobia de excretas de borrego. [en línea]. Kuxulkab. XXI (41). Julio 2015. [Fecha de consulta:01 de mayo de 2020]. Disponible en:
<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/1425/1230>
ISSN: 2448-508X
- 41) SCALAT, Nicolae, DALLEMAND, Jean y FAHL, Fernando: Biogas: Developments and perspectives in Europe. [en línea]. Italy: Renewabel energy. March 2018. [Fecha de consulta 4 de mayo 2020]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811830301X>
- 42) SENOL, Halil, DEMIR, Serkan y ASKIN, Emre. Investigation of biogas production by applying thermal pretreatments from mixtures of different fruit wastes and organic raw chicken waste. [en línea]. Vol. 35 n° 2. July 2019. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2020]. Disponible en:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=25d6429e-d959-45c4-9eab-5df1acbc1952%40sdc-v-sessmgr02>
ISSN: 1300-1884
- 43) Simulation of a biogás cleaning process using different amines por Guillermo Sepulveda [et al]. [en línea]. Vol. 27 n° 47. Octubre 2017. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292018000100051
ISSN: 0121-1129
- 44) Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa Chachapoyas, Amazonas, Perú por Miguel Ángel Barrena Gurbillon [et al]. [en línea]. Vol. 26 n° 02. Agosto 2019. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020]. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000200014&script=sci_arttext
ISSN: 1815-8242
- 45) Sistematización de aspectos teóricos sobre las tecnologías de producción de biogás a escala industrial por Ernesto Barrera Cardoso [et al]. [en línea]. Vol. 38 n° 01. enero 2018. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2020]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445558421003>

ISSN: 2224-6185

- 46) SOLARTE, Juan, MARISCAL, Juan y ARISTIZÁBAL, Beatriz. Evaluación de la digestión y co-digestión anaerobia de residuos de comida y de poda en biorreactores a escala laboratorio [en línea]. Vol. 30 n° 01. Mayo 2017. [Fecha de consulta: 6 de junio de 2020]. Disponible en:

<https://search.proquest.com/docview/1939747733/5D4F0E8E14CC485FPQ/7?accountid=37408>

DOI: 10.18273

- 47) TAPIA, Valerio. Manual técnico de instalación y uso de biogás. Ganadería puneña, generando energía limpia “biogás” para la calefacción y cocina familiar. Puno: Care Perú, 2016. Disponible en:

<https://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2016/11/Manual-de-Biodigestores-Final.pdf>

- 48) The addition of Hatchery Liquid waste to dairy Manure Improves Anaerobic Digestion por Lopes WRT [*et al*]. [en línea]. Vol. 18 n° 2. Setiembre – diciembre 2016 [Fecha de consulta: 11 de junio de 2020]. Disponible en:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2016000600065&lang=es

[ISSN: 1516-635X](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2016000600065&lang=es)

ANEXOS

Anexo 1 Ficha de análisis de contenido

 UCV <small>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</small>	<h3 style="margin: 0;">FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</h3>
TÍTULO:	
PAGINAS UTILIZADAS:	AÑO DE PUBLICACIÓN <input style="width: 80px;" type="text"/>
LUGAR DE PUBLICACIÓN <input style="width: 150px;" type="text"/>	
TIPO DE INVESTIGACIÓN:	AUTOR (ES):
CÓDIGO :	
PALABRAS CLAVES :	
TIPO DE RESIDUO :	
INOCULO :	
PARÁMETROS DE MEDICIÓN (CARACTERIZACIÓN) :	
CONDICIONES DE OPERACIÓN :	
RESULTADOS :	
TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO EMPLEADAS :	

Anexo 2 Base de datos de frecuencia de parámetros

Principales parámetros de control		
Parámetros	Frecuencia	Porcentaje
Temperatura	21	19.1%
pH	15	13.6%
C/N	5	4.5%
ST	13	11.8%
SV	15	13.6%
SF	7	6.4%
TRH	16	14.5%
Humedad	3	2.7%
C	4	3.6%
O	2	1.8%
N	4	3.6%
H	3	2.7%
S	2	1.8%
Total	110	100%

TOTAL, DE REFERENCIAS EMPLEADAS: 30

Parámetros para residuos vegetales		
Parámetros	Cantidad	Porcentaje
Celulosa	4	33.33%
Hemicelulosa	4	33.33%
Lignina	4	33.33%
Total	12	100%

Anexo 3 Base de datos tipo de sustratos orgánicos

Tipo de estiércol	Cantidad	Porcentaje
Estiércol de Vacuno	5	16.1%
Estiércol de Equino	2	6.5%
Estiércol de Porcino	9	29.0%
Estiércol de Ovino	1	3.2%
Estiércol de Aves	1	3.2%
Estiércol de Borrego	2	6.5%
Estiércol de Avícola	2	6.5%
Estiércol de Bovino	7	22.6%
Estiércol de Búfalo	1	3.2%
Estiércol de Burro	1	3.2%
Total	31	100%
Tipo de residuos orgánicos	Cantidad	Porcentaje
Residuos de fruta	5	17.2%
Residuos de nopal	1	3.4%
Residuos de verduras	5	17.2%
Residuos de poda	3	10.3%
Residuos de tallos y hojas	3	10.3%
Residuos de caña y mucilago	2	6.9%
Residuos de aceite de cocina	1	3.4%
Residuos de paja de trigo	1	3.4%
Residuos de alperujo	1	3.4%
Residuos de hortaliza	1	3.4%
Residuos de arroz	1	3.4%
Residuos de ramas secas	1	3.4%
Residuos de hierba de búfalo	1	3.4%
Residuos de vinaza	2	6.9%
Residuos de comida	1	3.4%
Total	29	100%
Otros	Cantidad	Porcentaje
Lodo activado	1	20%
Líquido de incubación	1	20%
Suero de queso	1	20%
Glicerina	2	40%
Total	5	100%
Residuos y estiércol	Cantidad	Porcentaje
Estiércol de animales	31	47.7%
Residuos orgánicos	29	44.6%
Otros	5	7.7%
Total	65	100%

Anexo 4 Base de datos de la generación de metano según sustratos orgánicos

Tipo de residuo	Metano producido
Estiércol de búfalo	90.42%
Glicerina y estiércol vacuno	74%
Alperujo, Hortaliza e Inoculo de estiércol de bovino	69%
Suero de queso e inoculo de porcino	63%
Estiércol de borrego	61%
Estiércol de burro	55%
Comida	52.50%
Poda	49.90%
Alperujo y Hortaliza	13%

Anexo 5 Base de datos del uso del biogás

Uso del biogás		
Uso domestico	Cantidad	Porcentajes
Cocina	15	48.4%
energía	13	41.9%
calefacción	3	9.7%
Total Uso domestico	31	100%
Uso Industrial	Cantidad	Porcentajes
Combustible vehiculas	6	24.0%
Energía térmica	4	16.0%
Generador de electricidad	10	40.0%
calefacción	5	20.0%
Total Uso Industrial	25	100%
Uso de biogás	Cantidad	Porcentajes
Uso domestico	31	55.4%
Uso industrial	25	44.6%
Total	56	100%
Actividad		
Cocina	15	27.8%
Generación de energía	23	42.6%
Combustible	6	11.1%
calefacción	5	9.3%
energía térmica	5	9.3%
Total	54	100%