



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Revisión sistemática de los diseños de biodigestores utilizados  
en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Huayapa Quispe, Lourdes Lucero (orcid.org/0000-0003-1843-3667)

Riveros Paz, Yelissa Yelena (orcid.org/0000-0003-1808-3281)

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis con eterna gratitud, amor y cariño a mis padres Filomena Quispe C. y Jose Huayapa M. por sus constantes esfuerzo y muchos sacrificios, quienes supieron actuar, motivarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos por sus palabras y su compañía, mis amigos, compañeros y todos aquellos que de una u otra forma han contribuido al logro de mis metas, espero poder contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

*Lourdes Lucero Huayapa Quispe*

Dedico esta tesis primeramente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Yelena Paz G. y Augusto Riveros R. por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder los valores y principios que siempre me inculcaron.

A mis demás familiares por el apoyo moral y consejos que me han servido a lo largo de vida .

*Yelissa Yelena Riveros Paz*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida, por permitirnos llegar a este punto, por no faltarnos nunca, estar presente en todo momento y circunstancias.

A nuestra familia y a todas las personas que nos animaron y apoyaron en este taller para la realización de nuestro proyecto de tesis.

A la Universidad César Vallejo y a nuestro asesor Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez, por su orientación, tiempo, dedicación y el intercambio de sus conocimientos, que se refleja en el presente trabajo de investigación.

## Índice de contenidos

<b>Carátula</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de contenidos</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>v</b>
<b>Índice de gráficos y figuras</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract</b>	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización</b>	<b>12</b>
<b>3.3. Escenario de estudio</b>	<b>12</b>
<b>3.4. Participantes</b>	<b>13</b>
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>13</b>
<b>3.6. Procedimiento</b>	<b>14</b>
<b>3.7. Rigor científico</b>	<b>17</b>
<b>3.8. Método de análisis de datos</b>	<b>17</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>20</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>76</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Producción de biogás según biomasa	7
Tabla 2. Características de biogás	9
Tabla 3. Características de los componentes del biogás	10
Tabla 4. Valoración de instrumento	14
Tabla 5. Diseño en comparación con el aprovechamiento de biomasa	19
Tabla 6. Principales parámetros de funcionamiento	31
Tabla 7. Principales características de los productos finales	46
Tabla 8. Características del Biodigestor tipo Tubular	52
Tabla 9. Características del Biodigestor tipo Discontinuo	57
Tabla 10. Características del Biodigestor tipo Semicontinuo	59
Tabla 11. Características del Biodigestor tipo Continuo	61

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Tipos de biomasa	7
Figura 2. Diagrama de flujo para la producción de biogás, biol y biosol	8
Figura 3. Diagrama de flujo Prisma.	16
Figura 4. Método de análisis.	18
Figura 5. Tipo de diseño para el aprovechamiento de biomasa de biogás.	23
Figura 6. Biodigestor tubular para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás.	24
Figura 7. Biodigestor Discontinuo para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás.	25
Figura 8. Biodigestor Semicontinuo para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás.	26
Figura 9. Biodigestor Continuo para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás.	27
Figura 10. Costo por tipo de diseño.	28
Figura 11. Costo del biodigestor tipo Tubular.	29
Figura 12 Costo de biodigestor tipo Discontinuo	30
Figura 13. Costo del biodigestor tipo Semi Continuo	30
Figura 14. Costo de biodigestor tipo Continuo.	31
Figura 15. pH como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.	35
Figura 16. pH para biodigestor tipo tubular.	35
Figura 18. pH para biodigestor tipo Semicontinuo.	37
Figura 19. pH para biodigestor tipo Continuo.	37

Figura 20. Temperatura en el biodigestor como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.	38
Figura 21. Temperatura biodigestor tipo tubular	39
Figura 22. Temperatura biodigestor tipo Discontinuo.	40
Figura 23. Temperatura biodigestor tipo Semicontinuo.	40
Figura 24. Temperatura biodigestor tipo Continuo.	41
Figura 25. Temperatura ambiente como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.	42
Figura 26. Temperatura ambiente para el biodigestor tipo tubular.	42
Figura 27. Temperatura ambiente para el biodigestor tipo discontinuo.	43
Figura 28. Temperatura ambiente para el biodigestor tipo Semicontinuo.	43
Figura 29. Temperatura ambiente para el biodigestor tipo Continuo.	44
Figura 30. Presión como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor	45

## Resumen

En la presente investigación relacionada con una revisión sistemática tuvo como objetivo general determinar los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022, con un tipo de investigación aplicada y diseño no experimental. Para lo cual se seleccionó una muestra de 41 estudios, así como en los principales repositorios de las universidades nacionales e internacionales que se refieran al tema, tales como, Scielo, Redalyc, Science Direct y Dialnet. En los últimos 5 años que permitieron identificar resultados los cuales fueron para los parámetros de funcionamiento nos indica un pH que obtiene 6.95 como menor resultado perteneciente al tipo de biodigestor Discontinuo, no obstante, el estudio de tipo de biodigestor Semicontinuo presentó un pH de 8.5, siendo este el más alto. Para temperatura de biodigestor se presentó el que posee menor temperatura fue de 12.53°C y temperaturas que oscilan hasta 35°C. En conclusiones destaca que, el tipo de biodigestor más utilizado en los estudios fue el tubular, seguidamente del tipo Continuo estos presentaron resultados de 35.34 m<sup>3</sup>/día y 42.79 m<sup>3</sup>/día respectivamente que fueron los mejores resultados de todas las investigaciones, ya que se considera los de mayor rendimiento todo esto debido a la fermentación, pues, esta se da horizontalmente.

**Palabras clave:** Revisión, diseño, biodigestor, producción, biogás



## **Abstract**

In the present research related to a systematic review, the general objective was to determine the designs of biodigesters used in the production of biogas and bio in the last 5 years, through the systematic review 2022, with a type of applied research and non-experimental design. For which a sample of 41 studies was selected, as well as in the main repositories of national and international universities that refer to the subject, such as Scielo, Redalyc, Science Direct and Dialnet. In the last 5 years that allowed to identify results which were for the parameters of operation it indicates a pH that obtains 6.95 as the lowest result belonging to the type of Discontinuous biodigester, however, the study of Semicontinuous biodigester type presented a pH of 8.5, being this the highest. For biodigester temperature, the lowest temperature was 12.53°C and temperatures ranging up to 35°C. In conclusions, the most used type of biodigester in the studies was the tubular, followed by the Continuous type, which presented results of 35.34 m<sup>3</sup>/day and 42.79 m<sup>3</sup>/day respectively, which were the best results of all the investigations, since it is considered the one with the highest performance, all this due to the fermentation, since it is carried out horizontally.

**Keywords:** Review, design, biodigester, production, biogas.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es un hecho que la intervención humana en la naturaleza y la actual y creciente industrialización tienen un impacto negativo en la sostenibilidad de los ecosistemas. La producción de residuos industriales y la acumulación de residuos sólidos son signos de este problema. Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la gestión de residuos sólidos es la acumulación de los mismos, tanto en su generación como en su manejo inadecuado. Los residuos orgánicos son especialmente contaminantes, pues debido a su elevado contenido de componentes orgánicos provocan un impacto sobre los factores ambientales: aire, agua, suelo, flora y fauna (Pérez y Quinchía, 2019, p.1-107).

A nivel mundial, actualmente existe una creciente demanda energética, surgiendo la digestión anaerobia mediante biodigestores como una opción para la degradación y estabilización de residuos de origen orgánico, por lo que, las biomásas residuales han surgido como una alternativa de sustitución de manera parcial o total de los combustibles sólidos convencionales, siendo los biodigestores una alternativa viable, económica y ambiental. Su método consiste en convertir la basura en abonos orgánicos como el biosol y los productos energéticos como el biogás, logrando mitigar la actual problemática ambiental por la generación y disposición de residuos sólidos, llegando a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y retornar los nutrientes recuperado a las actividades agrícolas (Peña y Peña, 2020, p.1-91).

A nivel de Latinoamérica, se menciona que la tecnología de biodigestores solo ha sido desarrollada en países como Cuba y Brasil. Sin embargo, en el Perú existe un deficiente desarrollo de estas técnicas, puesto que, se menciona que en nuestro país hasta 2012, solo se registraron 10 biodigestores construidos por programas del estado peruano, de los cuales solo 3 estaban operativos para el año 2015 (Valverde 2019, p.1-148).

Es importante considerar que, los biodigestores hacen parte de una opción de tipo viable para el tratamiento de desechos orgánicos, debido a que, permiten reducir la carga contaminante, optimizar la capacidad fertilizante del material, deshacer olores desagradables y producen un gas combustible. Sin embargo, los productos

finales obtenidos de la biodigestión que son el biogás caracterizado por su alto contenido de metano y el biol fuente de biorreguladores que admite estimular procesos fisiológicas y estimulantes en el crecimiento de las plantas, tienen una importante dependencia del tipo de biomasa utilizadas para cargar el biodigestor, así como las condiciones de tratamiento, además de considerar factores evaluativos para la instalación, operación y mantenimiento del diseño adecuado de biodigestor.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se puede asumir que en nuestro país las biomasa residuales de las diversas actividades industriales, agrícolas, municipales y domésticas no están siendo debidamente aprovechadas, por lo que desencadenan en impactos negativos al medio ambiente, por lo cual, se propuso el presente estudio, como un documento que aporta información consolidada que expresa puntualmente el diseño de biodigestor óptimo para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, para lo cual se formuló el siguiente **problema general**: ¿Cuáles son los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022? y se identificaron los siguientes **problemas específicos**: **PE 1**: ¿Cuáles son las diferencias entre los tipos de biodigestores para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás y biol? y **PE 2**: ¿Cuáles son los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás y biol? y **PE 3**: ¿Cuáles son las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores?

Esta investigación está teóricamente justificada, ya que proporcionó información precisa para el desarrollo de próximas investigaciones. Por otra parte, tiene justificación en términos de aplicación práctica, debido a que se trató de un estudio de carácter sencillo, accesible y rentable que puede ser repetido por la población. De igual manera, puede justificarse desde el enfoque medioambiental, debido a que fue un estudio que fomenta la conciencia en la población y autoridades competentes para la toma de medidas en cuanto a salvaguardar el medio ambiente.

Se planteó como **objetivo general**: Determinar los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022. Además, se establecieron como objetivos específicos los siguientes: **OE 1**: Comparar los tipos de biodigestores para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol y **OE 2**: Identificar los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol, **OE 3**: Determinar las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores.

## II. MARCO TEÓRICO

Se consideró las siguientes investigaciones en el ámbito internacional:

El estudio con el objetivo de efectuar una revisión sistemática de parámetros de calidad para el aprendizaje de la generación de biogás en condiciones anaeróbicas desde de pulpa de café como sustrato, filtrando la información para el periodo 2010 – 2018. Se encontró que el cambio de temperatura afecta significativamente el proceso de digestión anaeróbica y la cantidad de biogás obtenido, requiriendo de una temperatura controlada del sustrato en el biodigestor cuyo rango óptimo se encuentra entre 30 a 40°C, así mismo se concluye que el pH óptimo debe estar entre 6.8 a 7.2, de igual manera se concluye que el uso de inóculos favorece la estabilidad del digestor, por último se concluye que la pulpa de café y varios residuos agroindustriales poseen un elevado potencial de aprovechamiento debido a su variada composición, obteniendo energías alternativas como biogás, bioetanol y biomasa (Pérez y Quinchía, 2019, p.1-107).

La investigación tuvo la finalidad de diseñar un biodigestor aprovechando el bagazo de caña panelera y la boñiga de caballo para la generación de biogás, iniciando con un diagnóstico de la situación actual energética y de biomasa, posteriormente se evaluó las diversas alternativas de biodigestores adaptables al área en estudio, determinó que el modelo de Bach era el más óptimo, procediendo a desarrollar especificaciones y verificación de la factibilidad económica del biodigestor. En conclusión, teniendo en cuenta variables ecológicas, sociales y económicas, se determinó el rendimiento de 31.389 m<sup>3</sup>/mes de biogás desde 0.68 m<sup>3</sup>/mes de bagazo y 10.45 m<sup>3</sup>/mes de estiércol (Peña y Peña, 2020, p.1-91).

En el ámbito nacional, se tuvo conveniente considerar a continuación:

El estudio con el objetivo de implementar, diseñar y evaluar un biorreactor anaerobio para generar de biogás, logrando escoger el modelo de biodigestor a través de una matriz de decisión detallada considerando dimensiones económicas, físicas, operacional y constructibilidad, logrando producir 2 m<sup>3</sup> de biogás en el modelo de biodigestor “Chino” elaborado de material noble, con cargas de estiércol fresco pertenecientes al cuy y restos vegetales, bajo un

periodo de fermentación de 3 meses a temperatura ambiente, produciendo diariamente 0.463 PSI y al cabo de 62 días se obtuvo 19.410 biogás PSI Valverde (2019, p.1-148).

El estudio tiene la finalidad de diseñar un biodigestor cuyas características permitan mejorar la producción de productos: biogás y biol, a través de un estudio de tipo tecnológica y un nivel aplicado, comprendiendo técnica empírica de observación. Aplicó la norma VDI 2221 para el diseño del biodigestor, para determinar un volumen de 1.03 m<sup>3</sup>, permitiendo obtener un volumen de biogás estimado de 315.6 l/día y un volumen de biol de 7 l/día. Aplicando la bosta como biomasa mezclada con agua, en una proporción 1:3, con un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 28 días. En estas condiciones se logró obtener un volumen de biogás para utilizarse en un periodo de 2 horas 30 minutos/día (Taípe, 2019, p.1-95).

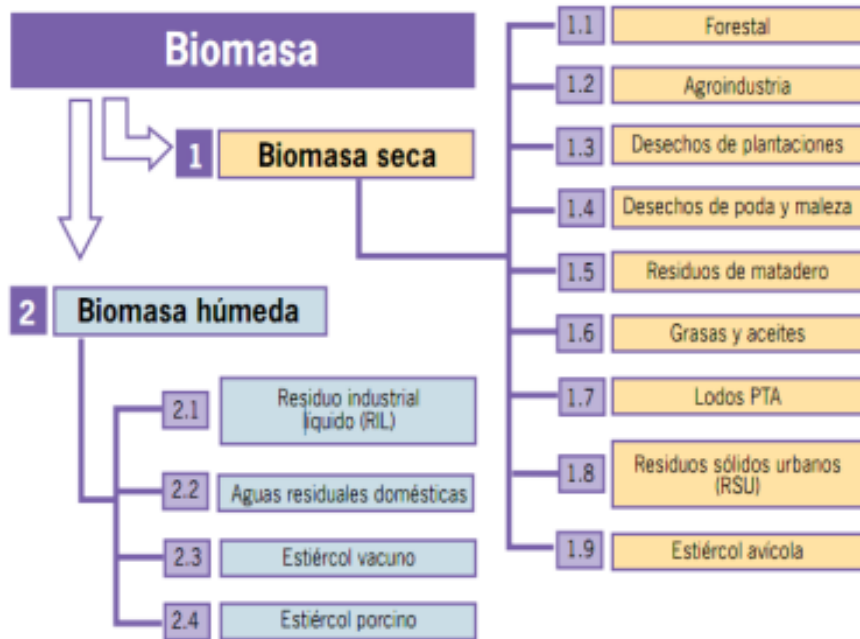
La investigación tuvo el fin de evaluar el efecto del biorreactor tubular sobre la biomasa de estiércol vacuno y porcino, proponiendo como metodología el diseño de tanques biológicos con volumen de 750 L, una capacidad de almacenamiento de 60% de mezcla y 400 L de agua con una relación de 3.1, evaluándose los indicadores de intervención en la temperatura ambiente del proceso de digestión, y la temperatura y presión del biorreactor. Los resultados del TRH de 64 días indican que el biogás estaba a una T° ambiente promedio de 28,6°C, una T° de biodigestor de 32°C y 10 PSI. Determinando mediante análisis estadístico que, hay una directa relación entre la T° ambiente, la temperatura y la presión del biorreactor. Los resultados del TRH de 64 días indican el biogás a una temperatura ambiente con promedio 28.6°C, una temperatura del biodigestor de 32°C y 10 PSI. Determinando mediante análisis estadístico que, existe una relación directa entre la temperatura y presión del biodigestor (Vargas y Villavicencio, 2020, p.1-72).

Los biodigestores se describen como sistemas naturales que utilizan la digestión anaeróbica de las bacterias que se encuentran en la biomasa para convertirla en biogás y fertilizante (Hernández y Zapata, 2018, p.1-157).

Los tipos de biodigestores son clasificados de acuerdo con su uso y complejidad, haciéndose referencia a los de tipo discontinuo o tipo Bach, los cuales operan en un solo lote, los cuales requieren de un vaciado completo y cargado iniciando nuevamente el proceso una vez obtenido los productos. Resaltando sus ventajas de facilidad de construcción y simplicidad de proceso. Se refiere a los biodigestores discontinuos, caracterizados por requerir carga de materia prima diaria, obteniendo cantidad de biogás de acuerdo con la cantidad de residuos orgánicos ingresados, usado en zonas rurales, siendo el modelo más reconocido el "chino". También los Semicontínuos son usados en el medio rural cuando se trata de digestores pequeños para el uso doméstico. Además se menciona a los biodigestores continuos, cuya característica es que requieren un proceso de carga permanente, manejando grandes producciones de biogás. Los biodigestores tubulares que consta de materiales de polietileno, estructuralmente de figura cilíndrica y alargada determinada para su fijación a una profundidad en el suelo (Tobon, 2018, p.1-135).

La digestión anaerobia se efectúa en el interior de los biodigestores, mencionando como condiciones ideales una temperatura de biodigestión de 30 a 35°C y un pH neutro, a fin de obtener beneficios directos como lo son la electricidad y producción de calor, además de la reducción de olores, mineralización de nitrógeno orgánico, reducción de patógenos, disminuir las emisiones de GEI y gestionar bien los residuos orgánicos.

Respecto a las biomasas se menciona que es aquel MO no fosilizado y biodegradable proveniente de plantas, microorganismos y animales, poniendo como ejemplo a los residuos de árboles y maderas, residuos de actividades ganaderas, agrícolas, industriales, residuos domésticos, entre otros. A continuación, se presenta los tipos de biomasas, como indica la **Figura 1**:



Fuente: Toala (2014, p. 1-138)

Figura 1. Tipos de biomasa.

Se entiende que las biomásas o sustratos poseen carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosa, los cuales están relacionados de manera directa con la formación de biogás. Presenta en la **Tabla 1** la cantidad de biogás producido según el tipo de biomasa:

**Tabla 1.** Producción de biogás según biomasa

Residuos	Generación de biogás (l kg.ms)
Excreta de porcino	340-550
Excreta de vacuno	150-350
Excreta de ave	310-620
Excreta de caballo	200-350
Excreta de oveja	100-310
Excreta de establo	175-320
Paja de cereales	180-320

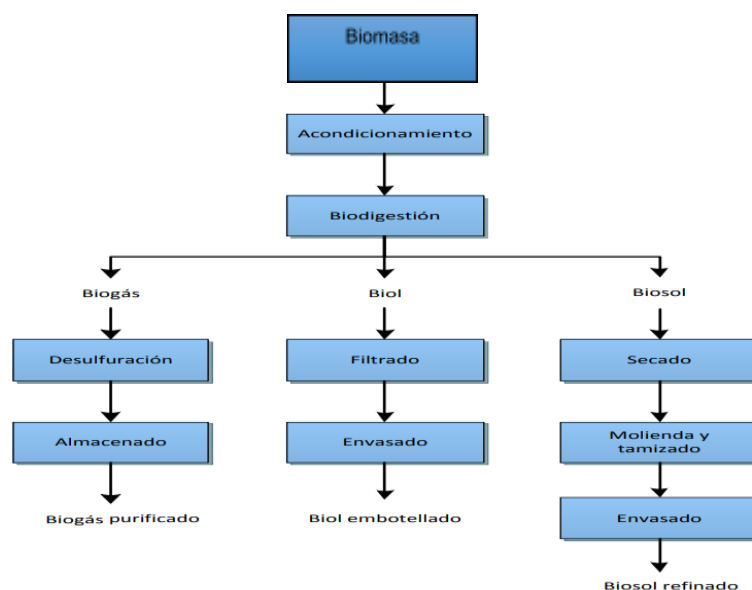


Paja de maíz	30-480
Paja de arroz	170-280
Bagazo	140-190
Desperdicio de verduras	140-190
Algas	380-550
Residuos de matadero	340-710
Residuos verdes	350-460
Residuos alimenticios	320-800
Residuos orgánicos domésticos	400-580
Lodos de procesos purificación	450-550

Fuente: García (2019, p.1-111)

Referente a los productos finales de la biodigestión se menciona que debido a estos procesos anaerobios se obtienen productos como el biogás, biol y biosol.

Siguiendo los procesos presentados en la **Figura 2**:



Fuente: León, Rodríguez y Mendoza (2019, p. 1017-1032)

*Figura 2.* Diagrama de flujo para la producción de biogás, biol y biosol.

El biogás es un producto obtenido debido a la reacción anaerobia de degradación de materia de tipo orgánica a través de microorganismos metanogénicos que metabolizan los compuestos para obtener sustancias más simples, obtenidos

mediante dispositivos específicos como los biodigestores (García, 2019, p.1-111). Seguidamente, indica en la **Tabla 2** las características de este producto.

**Tabla 2.** *Características de biogás*

<b>Composición</b>	<b>55% - 70% metano (CH<sub>4</sub>) 30-45% dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) Trazas de otros gases</b>
Contenido energético	6.0 - 6.5 kW.h.m <sup>-3</sup>
Equivalente de combustible	0.60 - 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Límite de explosión	6. 125 de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 - 750°C (con el contenido de CH <sub>4</sub> )
Presión crítica	74 - 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg.m <sup>-3</sup>
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg.kmol <sup>-1</sup>

Fuente: Curilla y Diego (2022, p.1-113)

Así mismo, se hace referencia al biogás, como un producto que puede ser capturado y usado como electricidad, compuesto por una mezcla de metano en porcentajes de 60 % a 70 %, dióxido de carbono en cantidades de 40 % a 30 % y otros gases como el sulfuro de hidrógeno, amoníaco, hidrógeno, nitrógeno y diversos compuestos orgánicos Curilla y Diego (2022, p.1-113), continuamente, se indica en la **Tabla 3** los componentes del biogás:

**Tabla 3. Características de los componentes del biogás**

<b>Características</b>	<b>CH4</b>	<b>CO2</b>	<b>H2H2S</b>	<b>OTROS</b>	<b>BIOGÁS 60/40</b>
Proporciones % Volumen	55-70	27-44	1	3	100
Valor Calórico MJ/m3	35,8	-	10,8	22	21,5
Valor Calórico kCal/m3	8600	-	2581	5258	5140
Ignición % en aire	5-15	-	-	-	6-12
Temp. Ignición en °C	650-7 50	-	-	-	650-750
Presión crítica en °C	4,7	7,5	1,2	8,9	7,5-8,9
g/l	0,7	1,9	0,08	-	1,2
Densidad relativa	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83
Inflamabilidad Vol. en % aire	5-15	-	-	-	6-12

Fuente: García (2019, p.1-111)

El biol es un producto de la biodigestión, caracterizado por generar ahorros importantes, pues puede reemplazar a los fertilizantes comerciales como la urea, reduciendo costos de producción y generando ingresos importantes (Arrieta, 2016, p.1-251).

El origen, la composición y la oxidación de los residuos empleados, así como los productos de enriquecimiento que se añaden, son sólo algunas de las muchas variables que afectan a la calidad de los bioles. El contenido de nutrientes debe

ser elevado. Mencionando las siguientes franjas nutricionales para biofertilizantes líquidos realizados artesanalmente.

- pH: 5.4 – 7.0
- Nitrógeno: > 700 mg/L
- Fósforo: > 170 mg/L
- Potasio: > 1300 mg/L

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Teniendo en cuenta el propósito, el estudio correspondió a un tipo de investigación aplicada, puesto que, se enmarca en fundamentos teóricos destinados a la búsqueda de conocimientos, orientado a profundizar los conceptos de una determinada ciencia, conformando un punto de inicio para el estudio de determinados fenómenos (Escudero y Cortez, 2018, p.106). Siendo que, en el presente estudio el objetivo residió en la recopilación de información de diversos autores con el propósito de determinar el diseño de biodigestor óptimo para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años.

En cuanto al diseño, la investigación pertenece a un diseño no experimental, pues se realizó el análisis de datos y las unidades de estudio fueron los trabajos originales que se revisaron (Ato, López y Benavente, 2013, p. 1038-1059).

#### 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

El estudio se identificó como variables independiente y dependiente.

- **Categorías/Variables:**

- Diseño de biodigestor

- Producción de biogás y biol

- **Subcategorías/Dimensiones:**

- Tipo de biodigestores

- Parámetros de funcionamiento

- Características del producto final

- **Matriz de categorización apriorística:** (Ver Anexo 2)

### 3.3. Escenario de estudio

El escenario del estudio se conformó por documentos científicos que hizo referencia a escenarios que describieron diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años.

### 3.4. Participantes

En cuanto a los participantes del presente estudio, estuvo conformado por documentos con connotación científica escogidos de bases de datos académicos, que exhibieron información sobre diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol durante los últimos 5 años

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

Escudero y Cortez (2018, p.20) declaran que, en estos casos se debe aplicar la técnica de investigación tipo observación, considerando acciones referentes a indagación, inspección y análisis de textos, revistas de carácter científico, divulgaciones y las contribuciones escritas de la comunidad científica.

En cuanto al instrumento se realizó la elaboración, validación y aplicación de una ficha de recolección de datos, denominado “Ficha de registro de documentos científicos” la cuál propuso la recopilación de los siguientes datos: Cod, título de documento, referencia y los indicadores (Tipo de biodigestores, parámetros de funcionamiento, tipo de biomasa, características del producto final y rendimiento de biodigestor), contando con validación por tres jueces experto, con una opinión favorable de aplicabilidad y un promedio de valoración de 90.3% indicando una nota aceptable. Continuamente, en la **Tabla 4** se presenta la valoración de instrumentos (**Ver Anexo 3**).

**Tabla 4.** *Valoración de instrumento*

Jueces	Especialidad	Valoración
--------	--------------	------------

Jeniffer Inga Rojas	Ingeniero Ambiental	93%
Wilfredo Tello Zevallos	Recursos Forestales e Ingeniería Ambiental	93%
Wilber Samuel Quijano Pacheco	Tratamiento y Gestión de los Residuos	85%

### 3.6. Procedimiento

Se realizó la recopilación de información mediante la revisión de artículos y documentos científicos, priorizando aquellos artículos publicados en revistas indexadas y en bases de datos fidedignas, además se consideró libros o capítulos y manuales de libros de recursos académicos abiertos al público, como Scielo, Redalyc, Science Direct y Dialnet. Se consideró conveniente la búsqueda de palabras clave en diversos idiomas, procediendo con el registro de los documentos en estudio en la “Ficha de registro de documentos científicos” culminando con el análisis de la información recopilada, con el fin de cumplir los objetivos generales y específicos. Continuamente, presenta el Diagrama de flujo Prisma, tal como se indica en la **Figura 3**:

### **3.4.1. Etapas del procedimiento**

#### **a) Búsqueda de información**

Se ingresó a la base de datos Scielo, Redalyc, ScienceDirect y Dialnet redactando la variable de estudio y sus respectivos sinónimos “Tipo de biodigestores”, “Parámetros de funcionamiento”, “Características del producto final” así también en inglés. Posterior a ello se seleccionó las investigaciones siguiendo los pasos que se muestran a continuación.

- **Identificación**

Se llevó a cabo en esta revisión sistemática de la siguiente manera: se identificó en primer momento 517 estudios, mediante la búsqueda de estudios publicados entre los años de 2017 – 2022 sobre el tema que se tiene en estudio. Las bases que se revisaron son las siguientes: Scielo, Redalyc, ScienceDirect y Dialnet.

- **Selección**

La clasificación inicial se efectuó con referencia a los resúmenes y títulos de los estudios que se tuvieron y así elegidos.

Posterior a ello, los estudios elegidos fueron analizados y se realizó la selección final mediante criterios que fueron propuestos.

Un total de 396 estudios fueron descartados ya que estos fueron considerados como duplicidad, quedando así un total de 121 estudios.

Conforme a los criterios de inclusión y exclusión fueron eliminados 65 estudios por razones que no se encontraban en el tiempo determinado para el estudio.

- **Elegibilidad**

Teniendo un total de 56 estudios de los cuales pasaron por la selección de acuerdo con los resultados, siendo eliminados así 15.

- **Inclusión**

Fueron 41 los estudios que fueron incluidos en esta revisión sistemática.



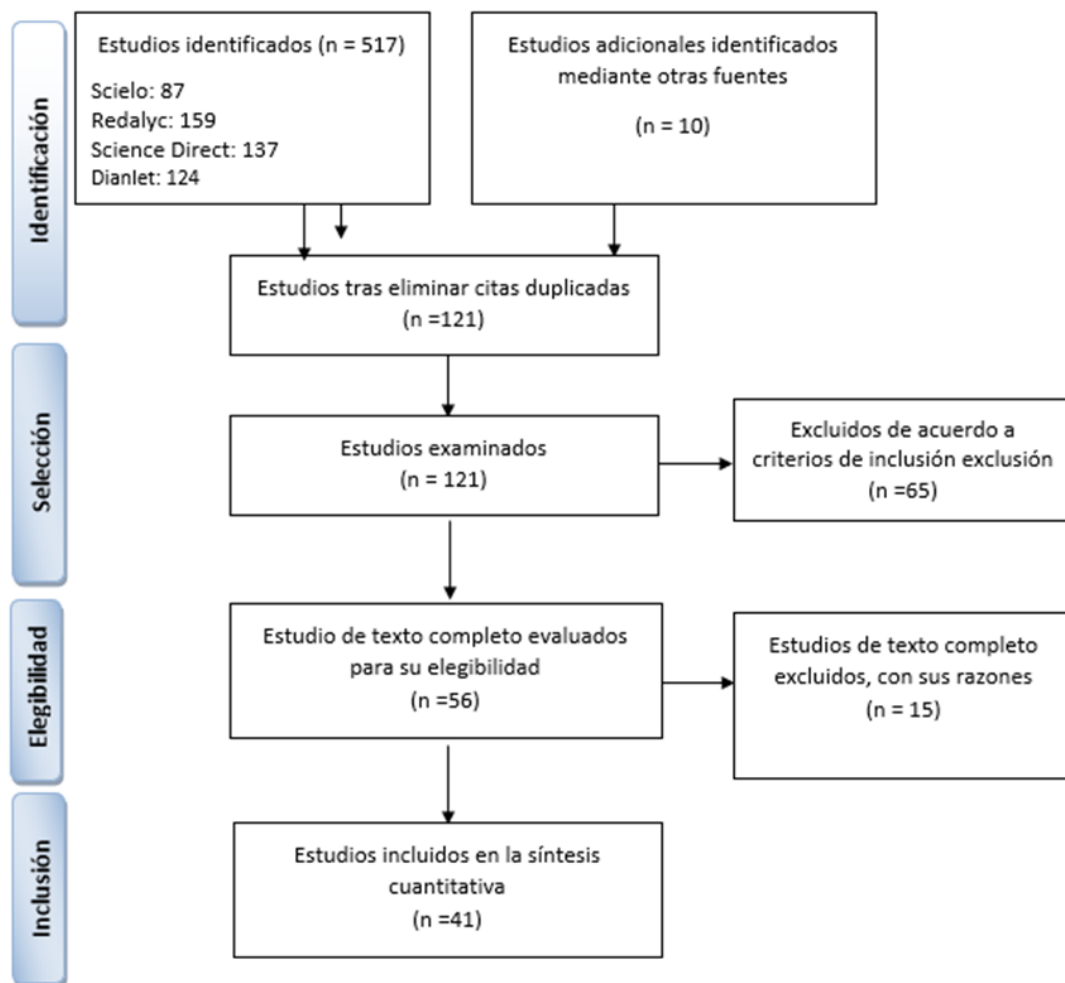


Figura 3. Diagrama de flujo Prisma.

### b) Redacción de ficha

Se realizó la ficha de registro de documentos científicos esto debidamente validado por expertos en el área, posterior a la selección de estudios encontrados se completará la ficha para así analizar los resultados con referencia a cada objetivo.

### c) Revisión de datos

Una vez culminada la ficha se realizó el análisis de los datos recopilados en cada investigación para así interpretar los resultados y conclusiones.

## 3.7. Rigor científico

El estudio contó con un nivel de rigor científico considerable, ya que se evidenció la validez y confiabilidad del mismo, mediante el cumplimiento de los siguientes criterios fundamentales establecidos por Noreña et al., 2012, (p. 263-274).

Credibilidad, pues, el estudio en cuestión presentó aproximación a los resultados obtenidos en otras investigaciones en cuanto a la materia en estudio: diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años.

Confirmabilidad, a razón que la información recopilada para el desarrollo de la presente investigación certificó la autenticidad de las descripciones presentadas, puesto que los datos fueron adquiridos de fuentes confiables.

Relevancia, a razón de la pesquisa realizada permitió obtener un mejor conocimiento del fenómeno en cuestión.

### **3.8. Método de análisis de datos**

Se organizó considerando los objetivos, así como la problemática de la investigación, tipo de biodigestores considerando las categorías y subcategorías especificadas en la investigación. La organización de la recolección de información se verificó a través de los objetivos específicos propuestos, para lo cual se tuvo en cuenta las siguientes categorías: diseño de biodigestores, producción de biogás y biol, así como las subcategorías: tipo de biodigestores, parámetros de funcionamiento, tipo de biomasa, características del producto final y rendimiento de biodigestor.

Además, para el registro y análisis de datos se empleó un procesador de datos de Microsoft Excel con el fin de determinar la eficiencia del biodigestor según el diseño que presenta.

También se aplicó el método de triangulación, siendo aquel que permite describir el uso de diversos métodos, datos, fuentes, entre otros. Para lo cual se generó las siguientes categorías (variables). A continuación, se presenta el método de análisis, tal como indica la **Figura 4**:

- Diseño de biodigestores

- Producción de biol y biogás

De la misma forma se esquematiza la forma en la que se plasmaron los resultados, utilizando las siguientes subcategorías (dimensiones): tipo de biodigestores, parámetros de funcionamiento y características del producto final.



*Figura 4. Método de análisis.*

### **3.9. Aspectos éticos**

El estudio se efectuó considerando las fuentes fidedignas asociadas al tema de diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol. Considerándose las instrucciones de referencias estilo ISO 690 del Fondo Editorial UCV, se realizó la recopilación de información de carácter complementario sostenida en las citas bibliográficas, a fin de dar cumplimiento a la Resolución del Vicerrectorado de Investigación N° 011-2020-VI-UCV, que contiene pautas de productos observables e investigadores que han contribuido en el presente estudio. Respetando de esta manera los valores éticos y morales, como los derechos de propiedad intelectual del autor, asegurando la calidad de la investigación.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para desarrollar el estudio se efectuó la búsqueda de información relacionado al tema en cuestión, además de considerar las categorías y subcategorías establecidas en la matriz de categorización apriorística, la búsqueda de datos se efectuó en distintas plataformas especializadas, caracterizadas por su estricto rigor científico y académico. Obteniendo los siguientes resultados que se presenta por cada objetivo planteado.

##### **OE1: Comparar los tipos de biodigestores para el aprovechamiento de biomasa en la producción de biogás y biol.**

En la **Tabla 5**, se indica la comparación del rendimiento de biodigestores con referencia al tipo de biomasa empleado, con respecto a tipo de biomasa húmeda y seca. Donde permitió identificar que biodigestor presentó mayor producción. Los datos recolectados se puede observar en el **Anexo 4**.

**Tabla 5.** *Diseño en comparación con el aprovechamiento de biomasa*

COD	TIPO DE BIODIGESTOR	TIPO DE BIOMASA	RENDIMIENTO DE BIODIGESTOR	
			BIOGÁS	BIOL
001	Tubular	Estiércol de ganado vacuno	1.523 m <sup>3</sup> /día	72.082 L/día
002	Tubular	Estiércol avícola	0.33m <sup>3</sup> /día	
003	Tubular	Estiércol bovino y ovino	2.5m <sup>3</sup> /día	200 L/día
005	Tubular	Estiércol de búfalo	9.92m <sup>3</sup> /día	
006	Tubular	Contenido ruminal	0.000012m <sup>3</sup> /día	
007	Tubular	Residuos de camal	35.34 m <sup>3</sup> /día	

009	Tubular	Residuos domésticos	4.449m <sup>3</sup> /día	
013	Tubular	Residuos de granja	2.7m <sup>3</sup> /día	
014	Tubular	Estiércol Bovino	1.084m <sup>3</sup> /día	
017	Tubular	Estiércol Porcino	5.43m <sup>3</sup> /día	
018	Tubular	Estiércol Porcino	7.5 m <sup>3</sup> /día	
019	Tubular	Estiércol Porcino	7.5 m <sup>3</sup> /día	
020	Tubular	Estiércol Porcino	0.3 m <sup>3</sup> /día	
021	Tubular	Estiércol Porcino		
022	Tubular	Estiércol Porcino	8.5 m <sup>3</sup> /día	
025	Tubular	Estiércol Vacuno	0.658 m <sup>3</sup> /día	
026	Tubular	Estiércol de bovino	1.05m <sup>3</sup> /día	
027	Tubular	Estiércol de bovino	3.08m <sup>3</sup> /día	
030	Tubular	Estiércol de porcino	9.6m <sup>3</sup>	
031	Tubular	Estiércol avícola	2.65m <sup>3</sup>	
033	Tubular	Estiércol de bovino	0,9m <sup>3</sup> /día	
035	Tubular	Paja de arroz	7,69m <sup>3</sup>	
041	Tubular	Estiércol de porcino	15,4m <sup>3</sup> /día	
008	Discontinuo	Estiércol de bovino	1.83m <sup>3</sup> /día	

010	Discontinuo	Estiércol vacuno	0.0087m3/día	
024	Discontinuo	Estiércol Porcino	11 m3/día	
034	Discontinuo	Estiércol de porcino y residuos de trucha		48L/día
037	Discontinuo	Estiércol de pollo	2,7m3	
004	Semicontinuo	Estiércol equino, ovino y vacuno	0.00138 m3/día	
011	Semicontinuo	Estiércol de cuy	0.67m3/día	
015	Semicontinuo	Estiércol Bovino	0.3156 m3/día	7 L/día
016	Semicontinuo	Estiércol Cuy	2 m3/día	
028	Semicontinuo			
029	Semicontinuo	Estiércol de porcino	3.9317m3	
040	Semicontinuo	Residuos orgánicos	0,22m3/día	
012	Continuo	Estiércol Vacuno	3.1m3/día	
023	Continuo	Estiércol Porcino	42.76 m3/día	
032	Continuo	Estiércol de porcino	0,8924m3	
036	Continuo	Estiércol bovino		
038	Continuo	Estiércol de equino y bagazo de la caña de panelera	1,04m3/día	

039	Continuo	Estiércol bovino y canino		
-----	----------	---------------------------	--	--

Vega y Silva (2020, p.11) indica que, con la materia prima, se producía aproximadamente 297,86 m<sup>3</sup> mensuales de biogás, y planteó la instalación de un digestor tubular, tomando en consideración la disponibilidad del presupuesto y el acceso al lugar, para aprovechar los residuos de los búfalos que proporcionan una carga total al día de 329,035 kg.

**a) Aprovechamiento de biomásas en la producción de Biogás**

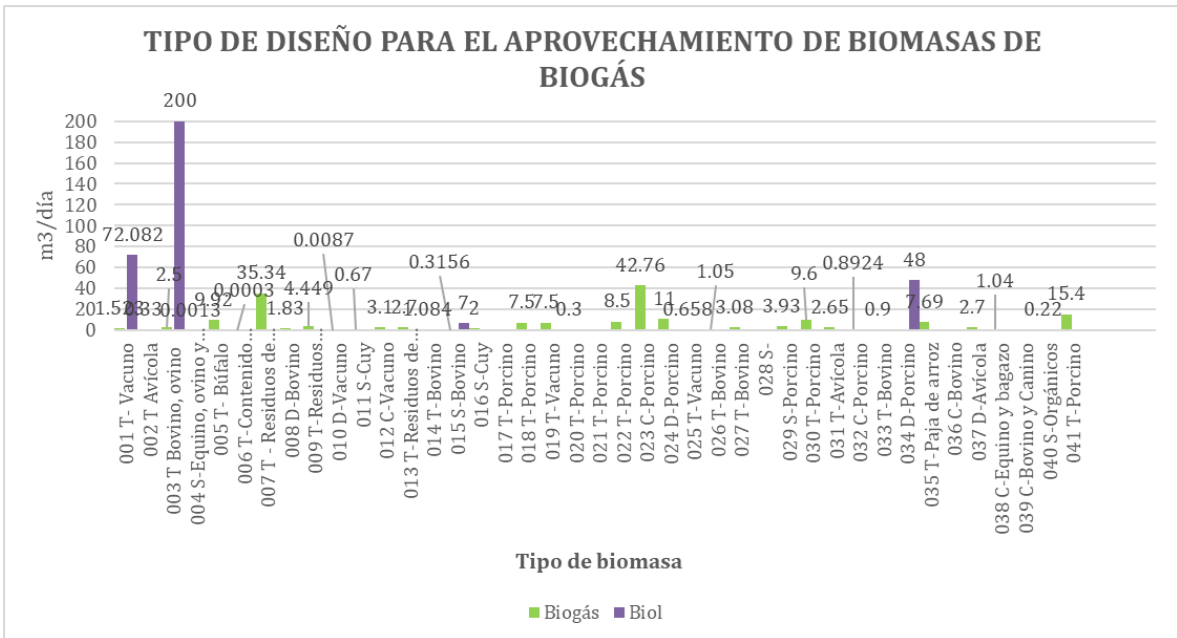


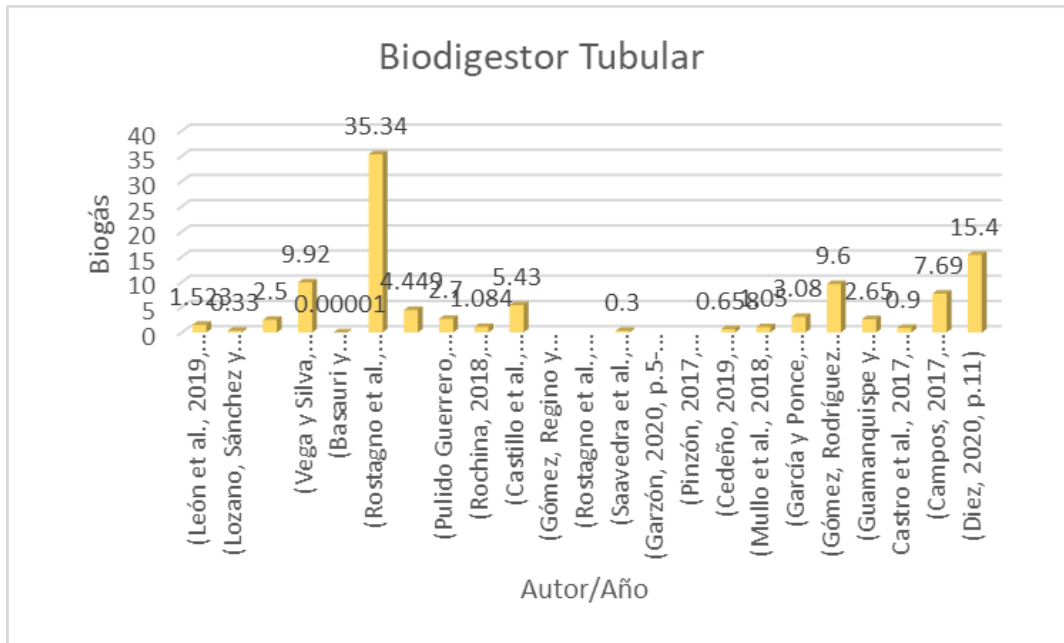
Figura 5. Tipo de diseño para el aprovechamiento de biomásas de biogás.

En la **Figura 5**, se indica que se presentó una eficiencia mayor en la producción de biogás para el tipo de diseño continuo, el cual trabajó con estiércol de porcino que tuvo un valor de 42.76 m<sup>3</sup>/día perteneciente al estudio Osejos et al. (2018) y el biol para tipo de biodigestor tubular que se trabajó con Estiércol bovino y ovino con un valor de 200 L/día obtenido del estudio de Escorcía, Ortiz y Polo (2020), siendo los más eficientes en rendimiento.

En relación a la **Tabla 5**, donde se detalla el diseño en comparación con el aprovechamiento de biomasa de biogás y biol de los distintos tipos de

biodigestores, se ha logrado extraer de manera en que los biodigestores con mayor índice de aprovechamiento predomina entre los biodigestores, entre los cuales tenemos los que se muestran en la **Figura 5**. A continuación, se presenta el aprovechamiento de biomasa por tipo tubular, discontinuo, semicontinuo y continuo, como indica la **Figura 6, 7, 8 y 9**:

- **Biodigestor Tubular**

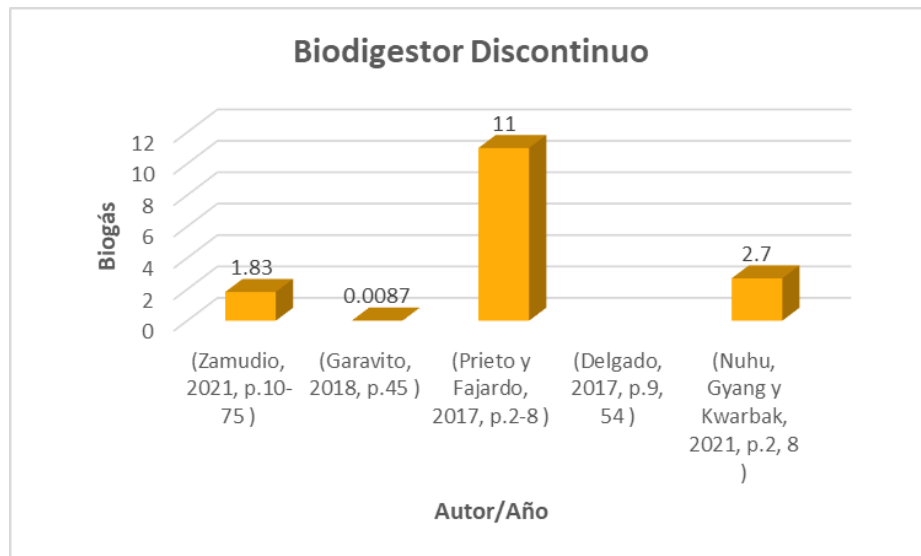


*Figura 6.* Biodigestor tubular para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás.

En la **Figura 6**, se indica el tipo de biodigestor tubular para el aprovechamiento de biomásas en cuanto a la producción de biogás, el cual presentó un valor mínimo de 0.00001 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Rostagno (2017), además presentó un valor máximo de 35.34 m<sup>3</sup>/día el cual pertenece al estudio de Basauri y Terrones (2018), siendo este el más eficiente en rendimiento en cuanto a biodigestores tubulares.



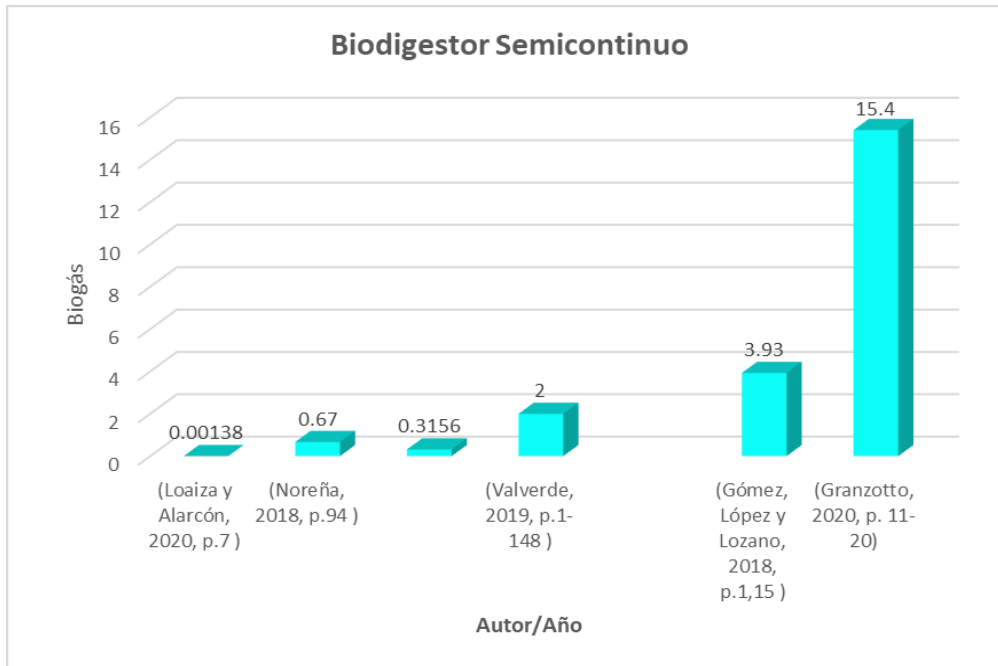
- **Biodigestor Discontinuo**



*Figura 7.* Biodigestor Discontinuo para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás.

En la **Figura 7**, se muestra el tipo de Biodigestor Discontinuo en cuanto a la producción de biogás, el valor mínimo fue de 0.0087 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Garavito (2018), el valor máximo fue de 11 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Prieto y Fajardo (2017), siendo este el más eficiente en rendimiento.

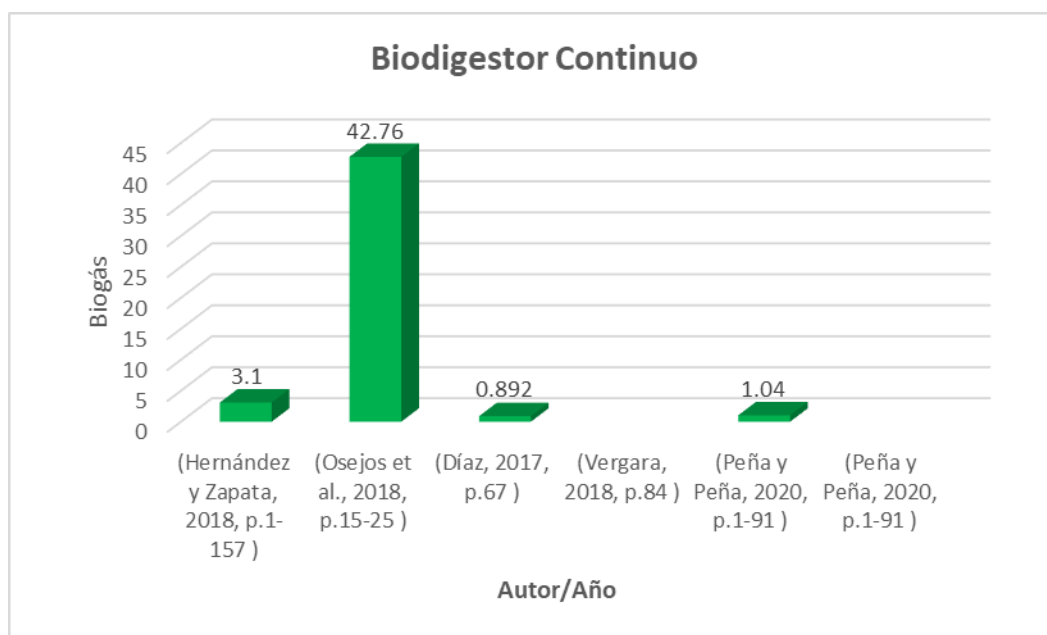
- **Biodigestor Semicontinuo**



*Figura 8.* Biodigestor Semicontinuo para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás.

En la **Figura 8**, se indica el tipo de Biodigestor Semicontinuo en cuanto a la producción de biogás, donde presentó un valor mínimo de 0.00138 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Loaiza y Alarcón (2020), el valor máximo fue de 15.4 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Granzotto (2020), siendo este el más eficiente en rendimiento en cuanto a biodigestores semicontinuos.

- **Biodigestor Continuo**



*Figura 9.* Biodigestor Continuo para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás.

En la **Figura 9**, se muestra el tipo de Biodigestor Continuo para el aprovechamiento de biomásas en cuanto a la producción de biogás, donde del total de investigaciones presentó un valor mínimo de 0.892 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Díaz (2017), el valor máximo fue de 42.76 m<sup>3</sup>/día cuyo resultado se extrajo de la investigación de Osejos (2018), siendo este el más eficiente en rendimiento.

## b) Costo de Biodigestor

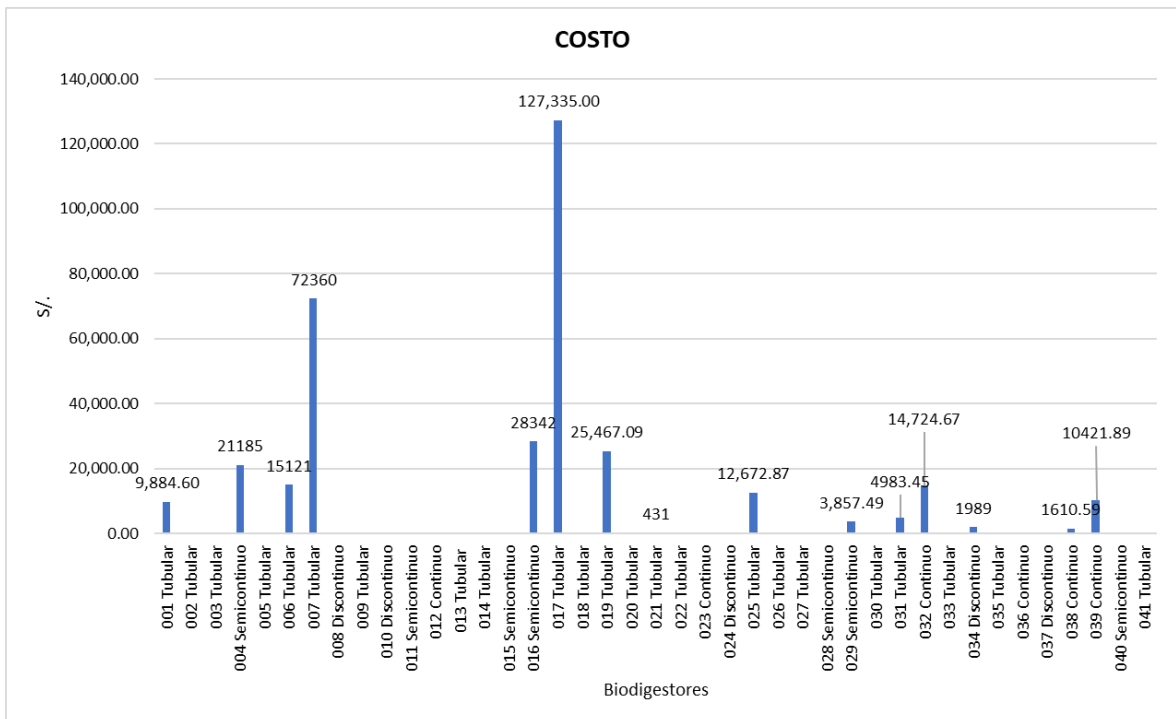


Figura 10. Costo por tipo de diseño.

Se indica en la **Figura 10**, el costo de cada diseño de las 41 investigaciones, donde se identificó que el diseño de biodigestor tubular presenta 127,335.00 el cual propuso un diseño para un biodigestor industrial para la generación de energía eléctrica Castillo (2021).

En cuanto al **Anexo 4**, donde se detalla el costo por tipo de diseño de los diversos tipos de biodigestores, donde es posible obtener una dominancia de los biodigestores más utilizados, que se muestran en la Figura 10. las siguientes son los costos de biodigestor tubular, discontinuo, semicontinuo y continuo como se muestra en las **Figuras 11, 12, 13 y 14**:

- **Biodigestor Tubular**

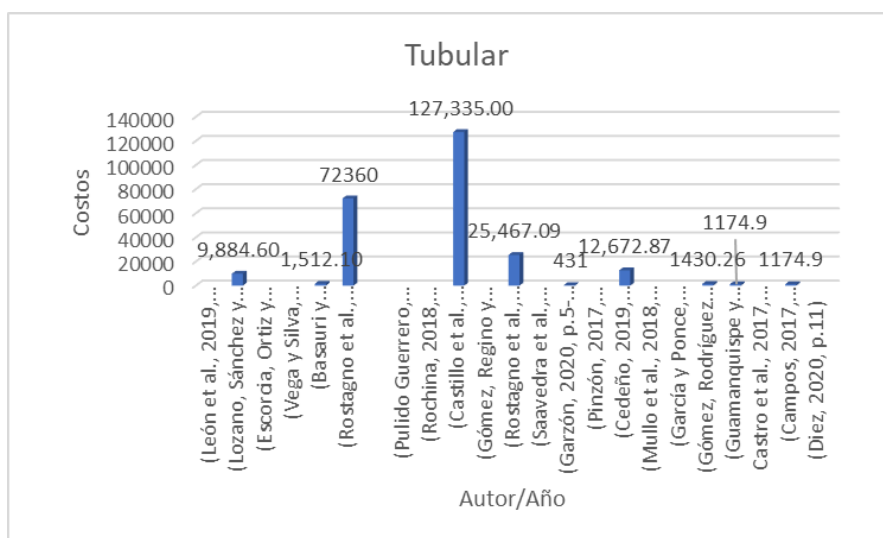


Figura 11. Costo del biodigestor tipo Tubular.

En la **Figura 11**, se identifica el costo del Biodigestor Tubular, en donde presenté como costo mínimo de S/. 431.00 cuyo resultado pertenece al estudio de Garzón (2020), además presentaron un costo máximo de S/. 127,335.00 cuyo resultado se extrajo de la investigación de Castillo (2021).

Relacionadas a la **Tabla 8**, donde se detalla el costo del biodigestor tipo tubular, entre los cuales poseemos los que se presentan en la Figura 11.

- **Biodigestor Discontinuo**

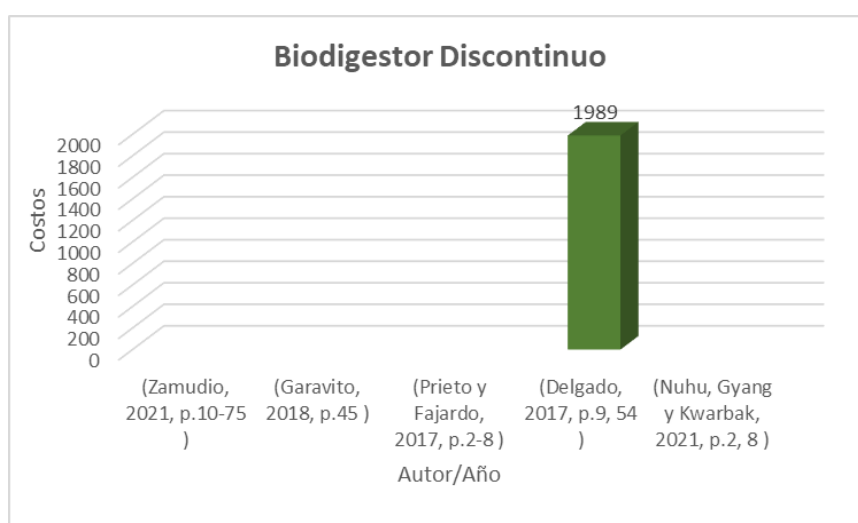
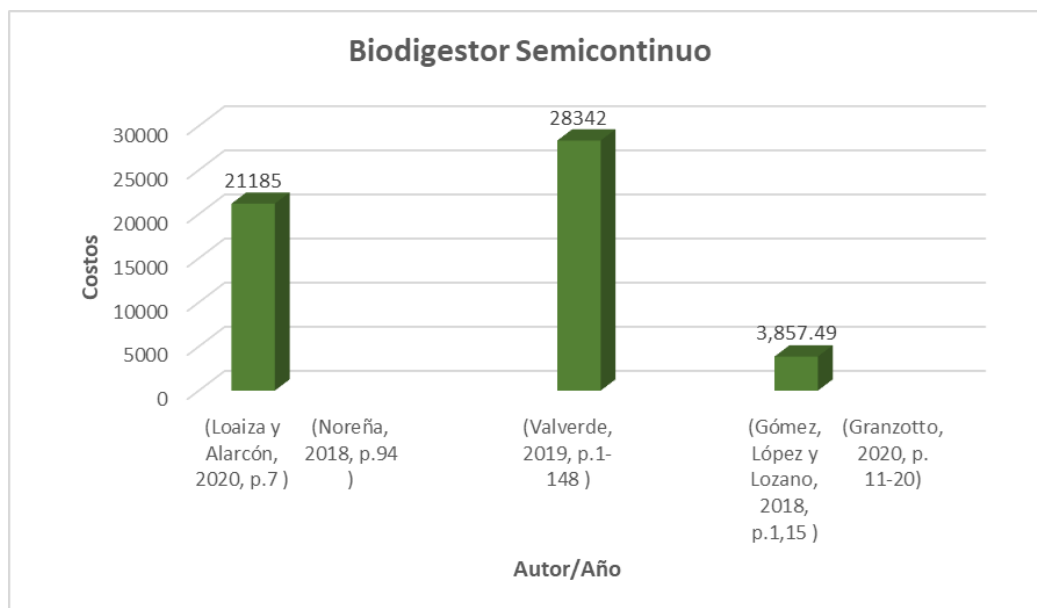


Figura 12 Costo de biodigestor tipo Discontinuo

En la **Figura 12**, se muestra el costo del Biodigestor Discontinuo, el único costo encontrado fue de S/.1989 este resultado le pertenece al estudio de Delgado (2017).

En relación con la **Tabla 9**, que describe los costos del biodigestor de tipo discontinuo.

- **Biodigestor Semicontinuo**

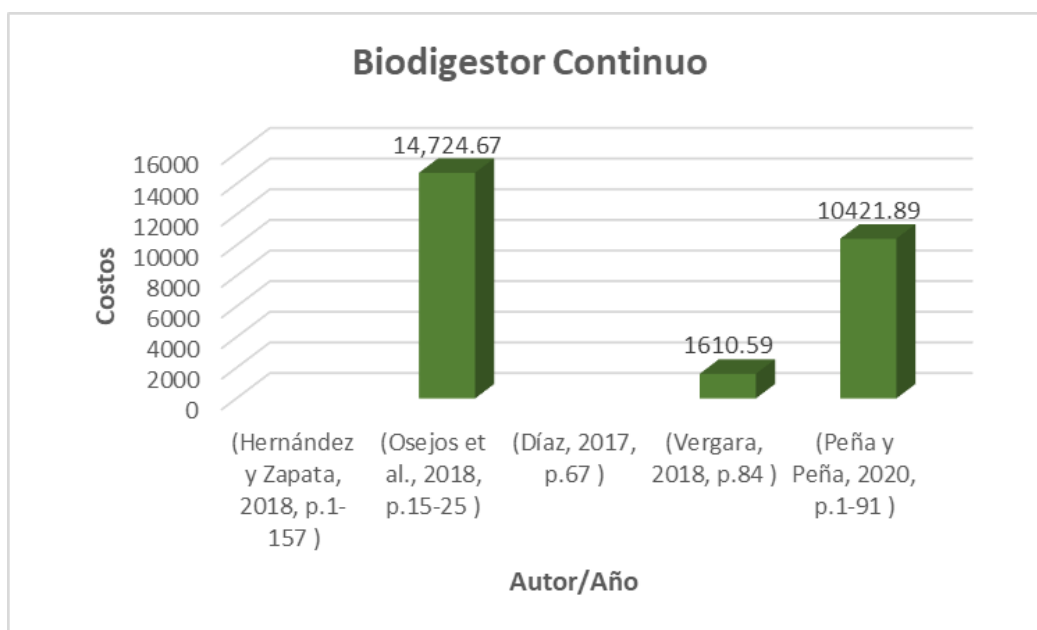


*Figura 13.* Costo del biodigestor tipo Semi Continuo

En la **Figura 13**, se muestra el costo del Biodigestor Semicontinuo, donde se identificó un costo mínimo de S/. 3,857.49 cuyo resultado pertenece a la investigación de Gómez, López y Lozano (2018), no obstante, en el estudio de Valverde (2019) presentó un costo máximo de S/. 28,342.

De acuerdo a los datos obtenidos en los 41 artículos presentados en la **Tabla 10**, describe el costo del biodigestor semicontinuo, dichos costos se presentan en la **Figura 13**.

- **Biodigestor Continuo**



*Figura 14.* Costo de biodigestor tipo Continuo.

En la **Figura 14**, se indica el costo del Biodigestor Continuo, donde se identificó un costo mínimo de S/. 1610.59 cuyo resultado se extrajo de la investigación de Vergara (2018), en la investigación de Osejos (2018) presentó un costo máximo de S/. 14,724.67.

De acuerdo a la **Tabla 11**, describe el costo del biodigestor continuo, dichos costos se presentan en la **Figura 14**.

**Con respecto al objetivo específico 1: Comparar los tipos de biodigestores para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol.**

En el estudio de Osejos et al. (2018, p.15-25) donde obtuvo un resultado en el biogás de 42.76 m<sup>3</sup>/día siendo este uno de los resultados más altos, fue un biodigestor tipo continuo a diferencia de otros biodigestores continuos que no son interrumpidos, este fue interrumpido y son cargados diariamente, cabe resaltar que los diseños continuos son realizados para producir gran capacidad siendo esta investigación para una Granja Recinto San Carlos de Ecuador sin embargo se asume un costo aproximado de 200 euros . Comparado también con el estudio de Oblitas (2017, p. 95-131) que fue de tipo tubular donde tuvo una producción de

35.34 m<sup>3</sup>/día que trabajo con residuos producidos en un camal municipal el cual tuvo una inversión más alta con un total de S/ 1723.60.

En el caso de la investigación de Loaiza y Alarcón (2020, p.7 ) de un diseño tipo tubular donde presentó un 0.00138m<sup>3</sup>/día que fue uno de los que tuvo menos producción ya que experimentaron con 9 biodigestores para comparar en diferentes tipos de biomasa, en donde indica que la mezcla de estiércol equino 6.5%,ovino 37.5% y vacuno 56% fue una mezcla óptima.



**OE2: identificar los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol.**

Se analizaron 41 investigaciones con relación a los biodigestores los cuales se codificaron respectivamente, en la **Tabla 6** se indican los parámetros de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.

**Tabla 6.** Principales parámetros de funcionamiento

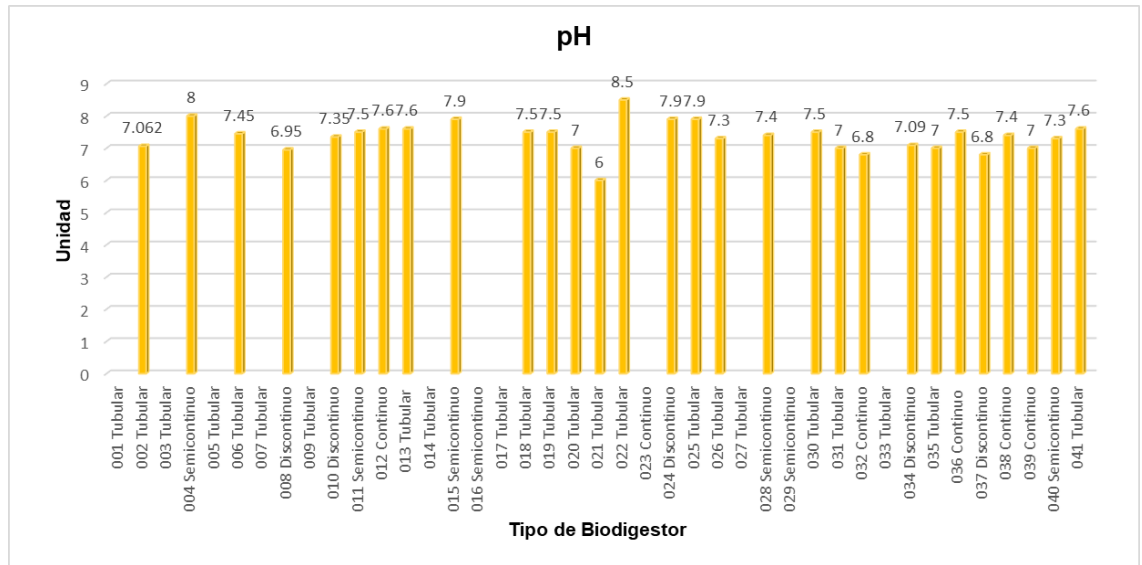
<b>COD</b>	<b>TIPO DE BIODIGESTOR</b>	<b>PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>ZONA DE ESTUDIO</b>
001	Tubular	pH, T° biodigestor, T° Ambiente y humedad.	Perú
002	Tubular	pH, T° biodigestor y humedad	Colombia
003	Tubular	pH, TRH y T° biodigestor y humedad.	Colombia
005	Tubular	Temperatura	
006	Tubular	ST, sólidos volátiles, N y C.	Colombia
007	Tubular	pH y temperatura	Perú
009	Tubular	pH y temperatura	Perú
013	Tubular	Ph y temperatura	Colombia
014	Tubular	pH, temperatura y humedad	Ecuador
017	Tubular	pH, T° Ambiente	
018	Tubular	pH, T° Ambiente	
019	Tubular	pH, T° Ambiente y T° Biodigestor	Santafesina
020	Tubular	pH, T° Ambiente y presión	Piura
021	Tubular	pH, T° Ambiente y presión	Victoria
022	Tubular	pH	
025	Tubular	pH, T° Ambiente y presión	Huila

026	Tubular	pH, T° Ambiente	Ecuador
027	Tubular	T° Biodigestor y T° Ambiente	
030	Tubular	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	Colombia
031	Tubular	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	Ecuador
033	Tubular	T° Biodigestor y T° Ambiente	Colombia
035	Tubular	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	Perú
041	Tubular	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	México
008	Discontinuo	pH y temperatura	Colombia
010	Discontinuo	pH, temperatura y humedad	Perú
024	Discontinuo	pH y Temperatura de biodigestor.	Cundimarca
034	Discontinuo	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	Perú
037	Discontinuo	pH y Temperatura de biodigestor	Nigeria
004	Semicontinuo	pH y Temperatura	Perú
011	Semicontinuo	T° ambiente y T° biodigestor	Perú
015	Semicontinuo	T° ambiente y presión	Perú
016	Semicontinuo	T° ambiente	Chupaca
028	Semicontinuo	pH y T° Ambiente	Brasil
029	Semicontinuo	T°	Colombia
040	Semicontinuo	pH, T° Biodigestor	Brasil
012	Continuo	pH	Perú

023	Continuo	Temperatura ambiente	Ecuador
032	Continuo	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	Colombia
036	Continuo	pH y T° ambiente	México
038	Continuo	pH y T° Ambiente	Colombia
039	Continuo	pH, T° Biodigestor y T° Ambiente	Colombia

En la **Tabla 6**, se observa que los biodigestores priorizaron parámetros de pH y temperatura, no obstante, parámetros de presión y humedad fueron analizados antes de la construcción de los biodigestores semicontinuo y tubular. La zona de estudio en la que se encuentran los tipos de biodigestores, identificándose en el caso de Colombia 13 investigaciones, mientras que en Perú se tiene 12 investigaciones, Ecuador 4, México 2, Brasil 2, Nigeria 1, Argentina 1 y Australia 1 investigación tal y como se muestra en la dicha tabla.

## a) pH

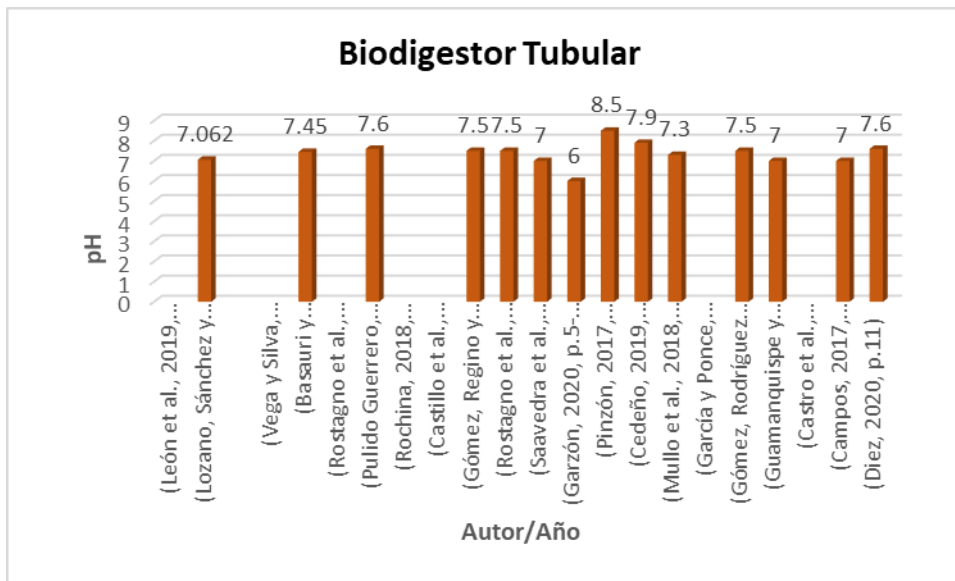


*Figura 15.* pH como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.

En la **Figura 15**, se identificó los valores establecidos en cada diseño de los biodigestores, los cuales en pH presentaron como mínimo un valor de 6.95 perteneciente al estudio de Zamudio (2021) de tipo de biodigestor Discontinuo, no obstante, el estudio de Pinzón (2017) con tipo de biodigestor Semicontinuo presentó un pH de 8.5, siendo este el más alto.

Con respecto al **Anexo 4**, que describe los principales parámetros de funcionamiento de los diferentes tipos de biodigestores, se observó el dominio de pH. A continuación, se detalla los parámetros de funcionamiento referente a los tipos de biodigestores tubular, discontinuo, semicontinuo y continuo, como se indica en las **Figuras 16, 17, 18 y 19**:

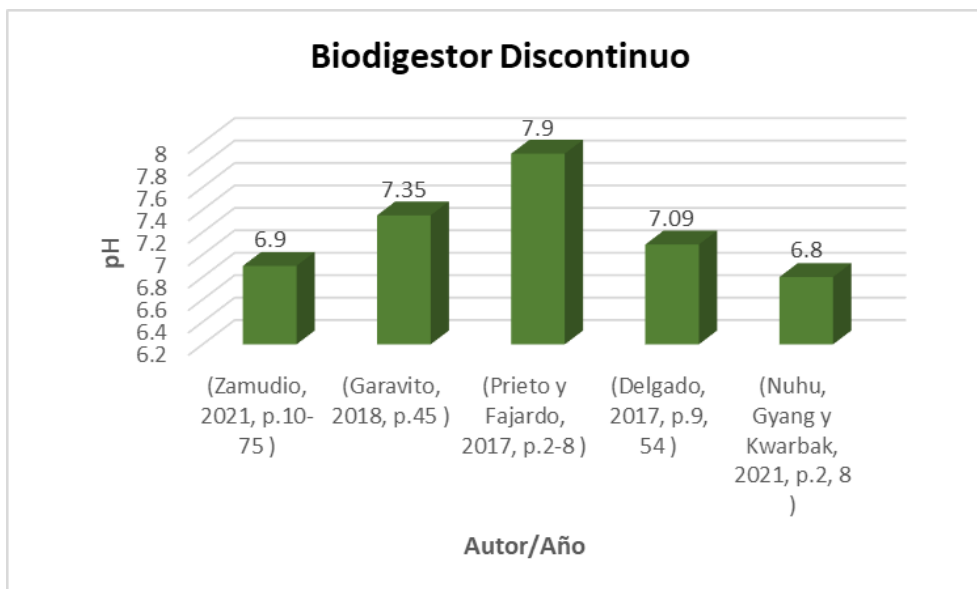
- **Biodigestor Tubular**



*Figura 16.* pH para biodigestor tipo tubular.

En la **Figura 16**, se identificó el parámetro de funcionamiento de pH para el biodigestor tubular, donde se encontró un valor mínimo de 6 cuyo resultado se extrajo de la investigación de Garzón (2020), sin embargo, el valor máximo fue de 8.5 cuyo resultado pertenece a la investigación de Pinzón (2017).

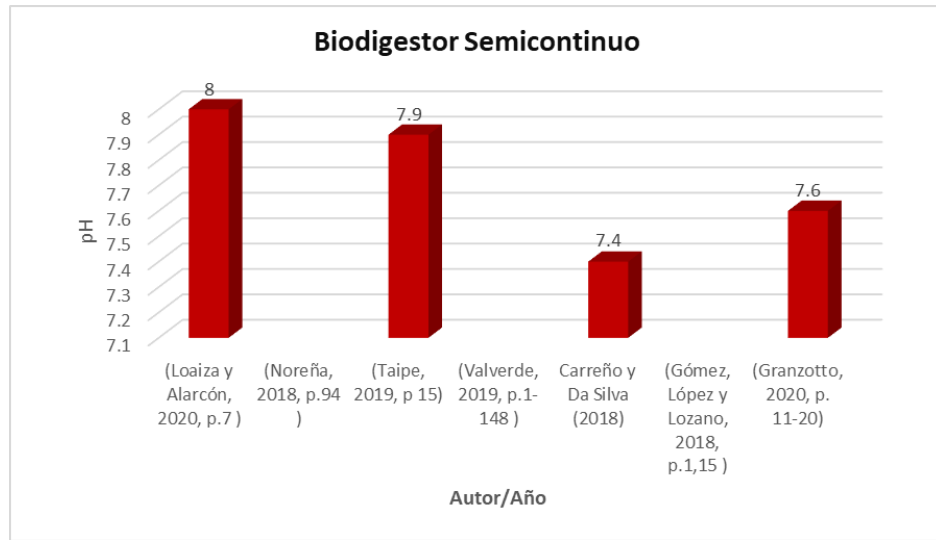
- **Biodigestor Discontinuo**



*Figura 17.* pH para biodigestor tipo Discontinuo

En la **Figura 17**, se identificó el parámetro de funcionamiento de pH para el biodigestor discontinuo, donde presentan un pH máximo de 7.9 perteneciente al estudio de Prieto y Fajardo (2017) y un pH mínimo de 6.9 cuyo estudio pertenece a Zamudio (2021).

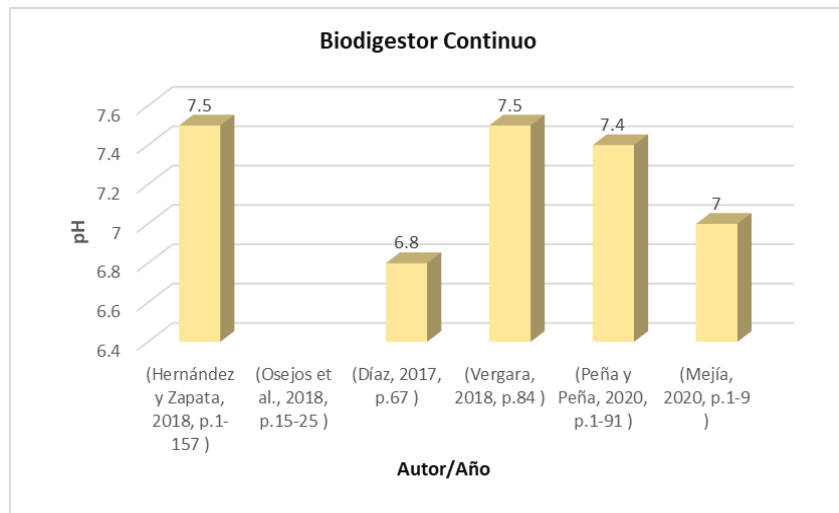
- **Biodigestor Semicontinuo**



*Figura 18.* ph para biodigestor tipo Semicontinuo.

En la **Figura 18**, se muestra el parámetro de funcionamiento de pH para el biodigestor semicontinuo, en donde presentó un mayor pH de 8 estudio perteneciente a Loaiza y Alarcón (2020) y un pH mínimo de 7.4 que pertenece a Carreño y Da Silva, (2018).

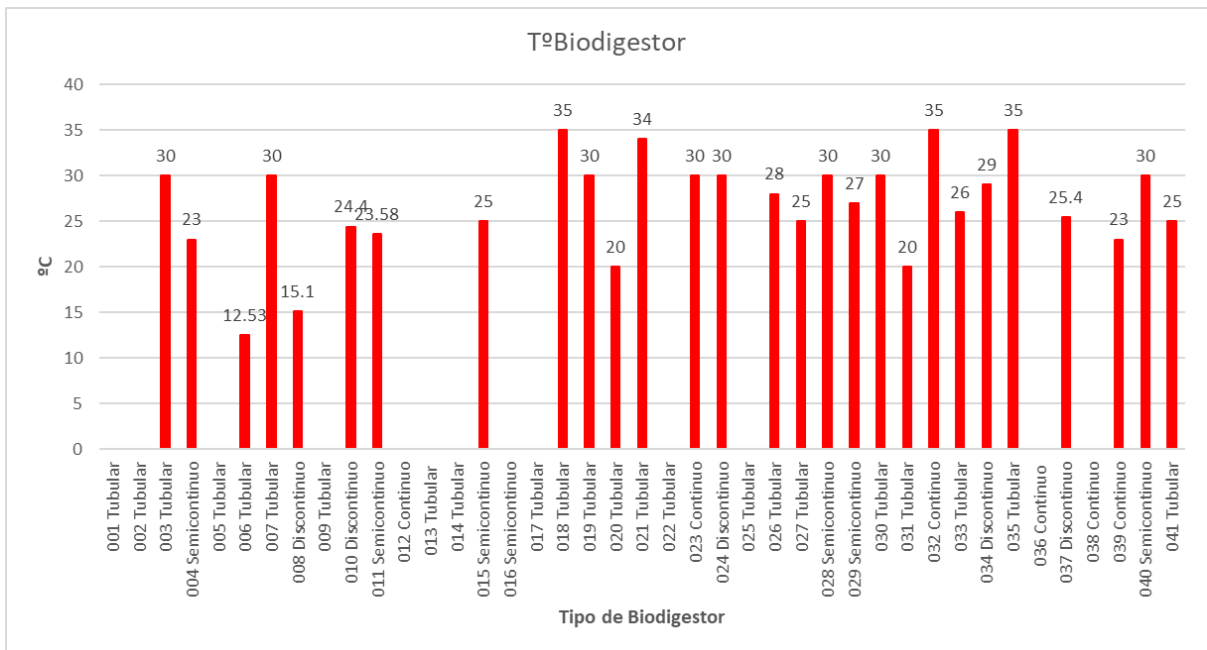
- **Biodigestor Continuo**



*Figura 19.* pH para biodigestor tipo Continuo.

En la **Figura 19**, indica pH como parámetro de funcionamiento para el biodigestor Continuo, en donde se identificó un pH mayor de 7.5 que pertenece al estudio de Hernández y Zapata (2018) y un pH mínimo de 6.8 que pertenece al estudio de Díaz, (2017).

## b) Temperatura del biodigestor



*Figura 20.* Temperatura en el biodigestor como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.

En la **Figura 20**, indica los datos de temperatura en el biodigestor como parámetro de funcionamiento, en el cual se identificó que en los biodigestores presentaron una temperatura menor de 12.53°C de diseño tubular el cual pertenece a la investigación de Basauri y Terrones (2018) y una mayor temperatura que van hasta 35°C de diseño tubular y continuo obtenidos del estudio de Gómez, Regino y Jaramillo (2022)

En relación al **Anexo 4**, que describe la temperatura en el biodigestor con referencia a cada tipo de biodigestor. A continuación se presenta la temperatura en el biodigestor tubular, discontinuo, semicontinuo y continuo como se muestra en las **Figuras 21, 22, 23 y 24**:



- **Biodigestor Tubular**

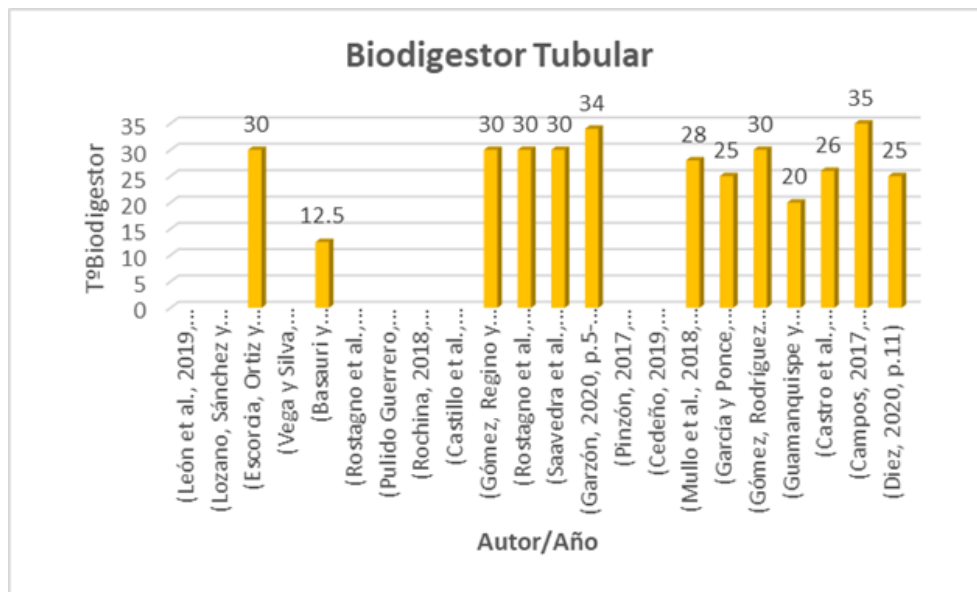


Figura 21. Temperatura biodigestor tipo tubular

En la **Figura 21**, indica Temperatura del Biodigestor como parámetro de funcionamiento para en los biodigestores tubulares, donde se identificó una temperatura máxima de 35° perteneciente al estudio de Campos, (2017) y temperatura menor de 12.5°C del estudio de Basauri y Terrones (2018).

- **Biodigestor Discontinuo**

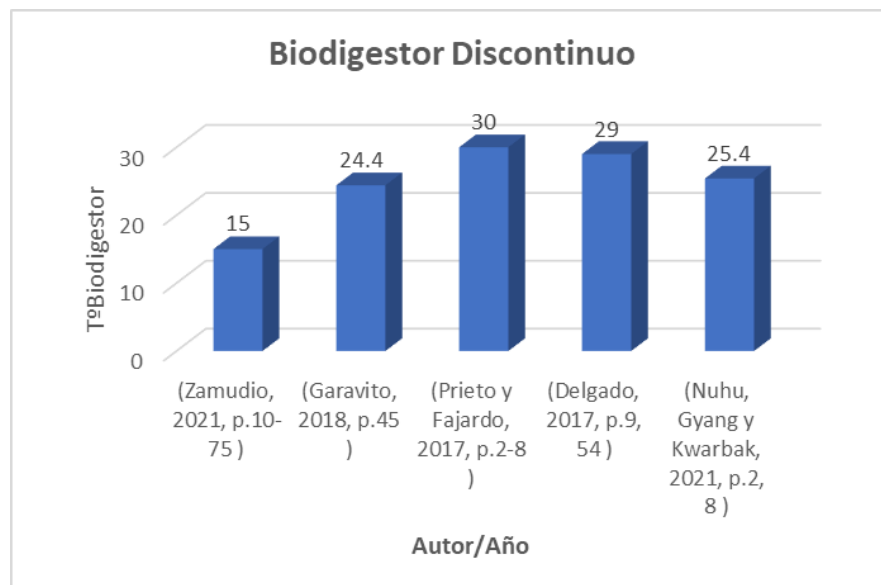
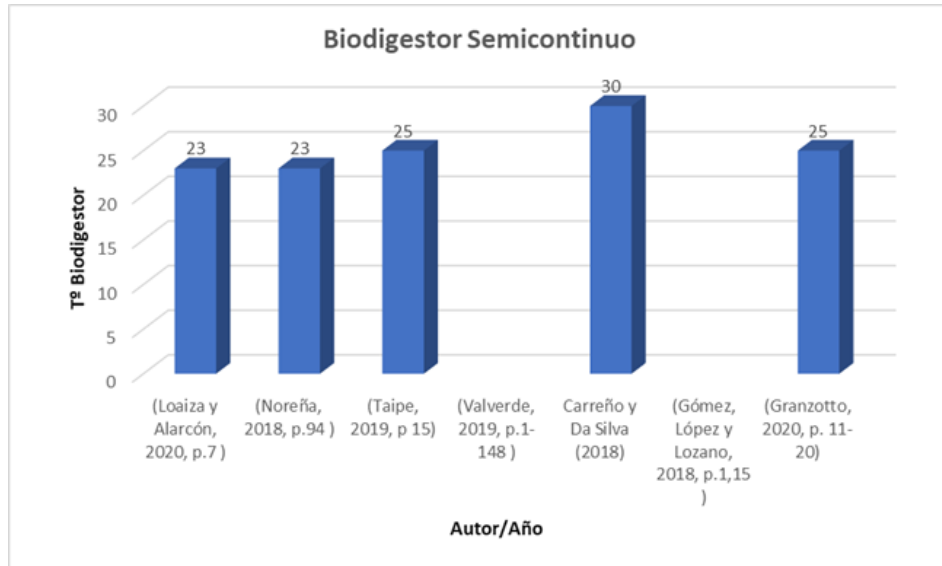


Figura 22. Temperatura biodigestor tipo Discontinuo.

En la **Figura 22**, se muestra el parámetro de funcionamiento para Temperatura del Biodigestor para los biodigestores discontinuos donde indica una temperatura máxima de 30° que pertenece al estudio de Prieto y Fajardo (2017) y 15°c de menor valor perteneciente al estudio de Zamudio (2021).

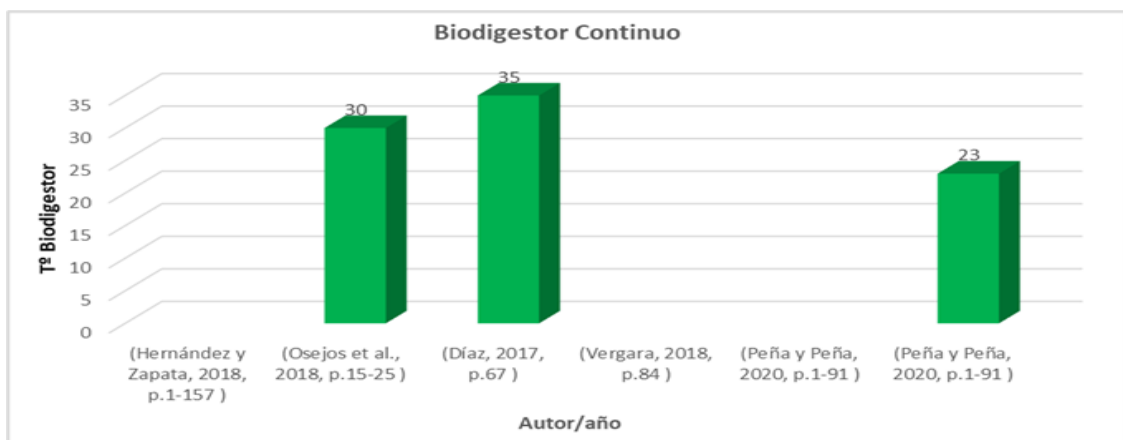
- **Biodigestor Semicontinuo**



*Figura 23.* Temperatura biodigestor tipo Semicontinuo.

En la **Figura 23**, indica temperatura de biodigestor para biodigestores tipo semicontinuo, donde presentaron una temperatura máxima con **30°C** perteneciente al estudio de **Carreño y Da Silva** (2018) y menor con 23°C del estudio de Loaiza y Alarcón (2020).

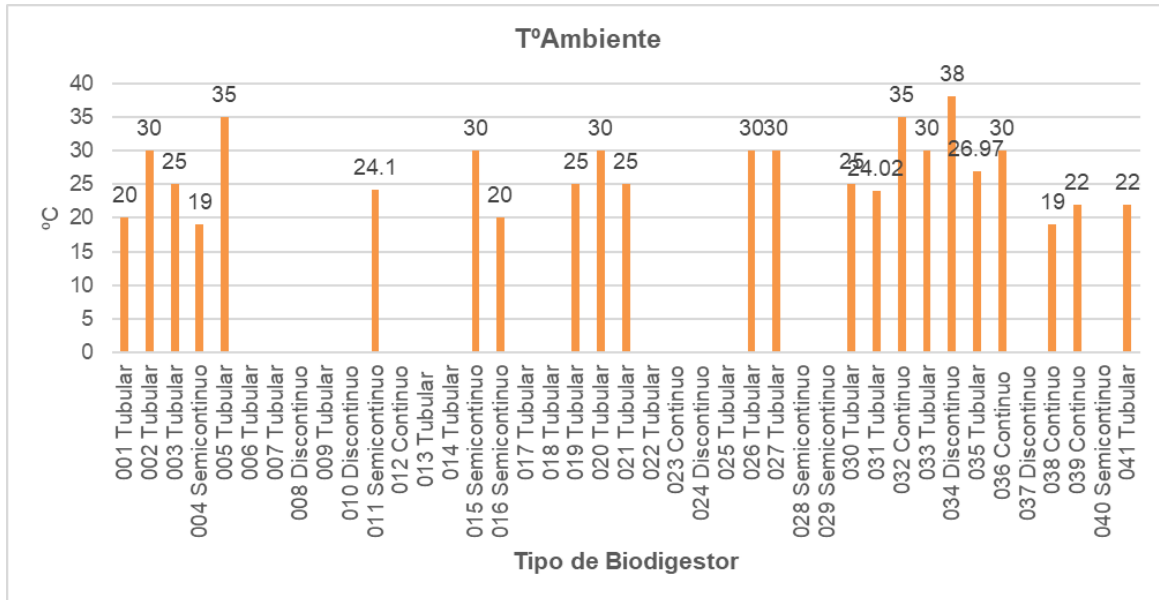
- **Biodigestor Continuo**



*Figura 24.* Temperatura biodigestor tipo Continuo.

En la **Figura 24**, indica la temperatura del biodigestor como parámetro de funcionamiento para biodigestores Continuos donde presentó como temperatura máxima a 35°C que pertenece a Díaz (2017) y mínima con 23°C perteneciente al estudio de Peña y Peña (2020).

**c) Temperatura Ambiente**



*Figura 25.* Temperatura ambiente como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor.

En la **Figura 25**, indica la temperatura ambiente como parámetro de funcionamiento, este no fue considerado en su totalidad para todos los estudios, donde presentaron resultados de oscilan de 19°C a 35°C.

- **Biodigestor Tubular**

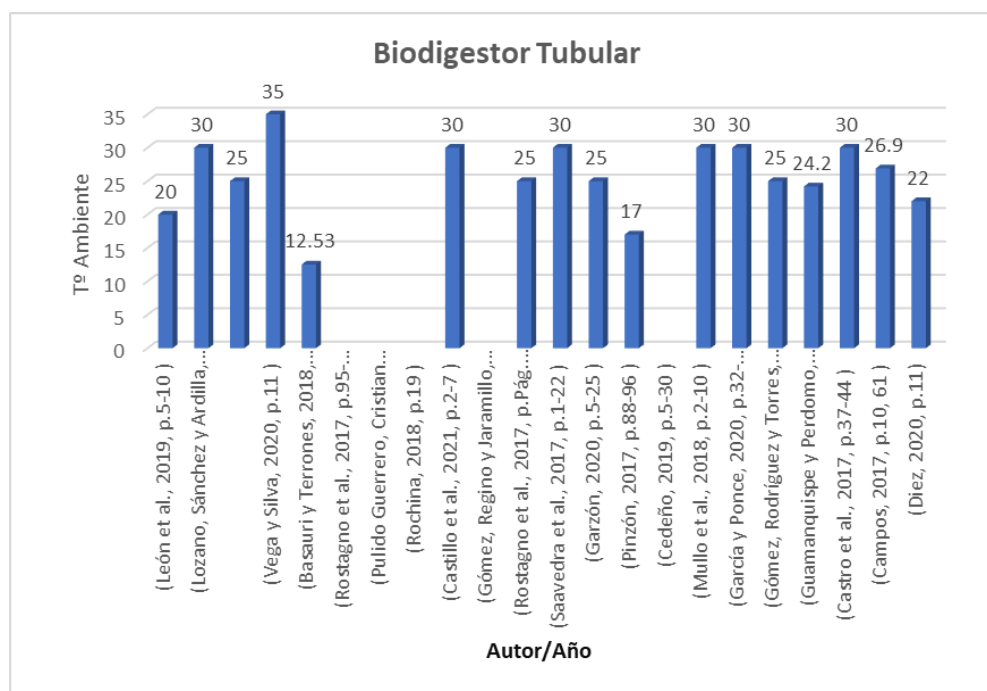


Figura 26. Temperatura ambiente para el biodigestor tipo tubular.

En la **Figura 26**, indica la temperatura ambiente como parámetros de funcionamiento para biodigestores tubulares donde presentó temperatura máxima de 35°C que pertenece al estudio de Vega y Silva (2020) y temperatura mínima de 12.53°C que pertenece al estudio de Basauri y Terrones (2018).

- **Biodigestor Discontinuo**

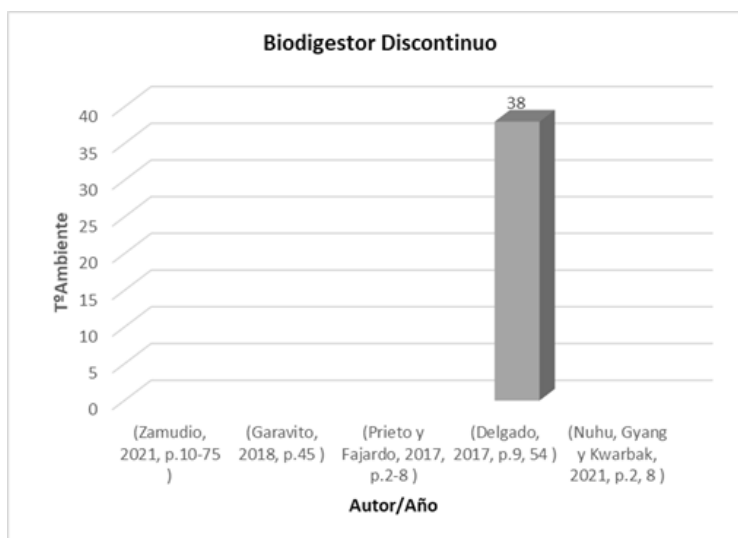
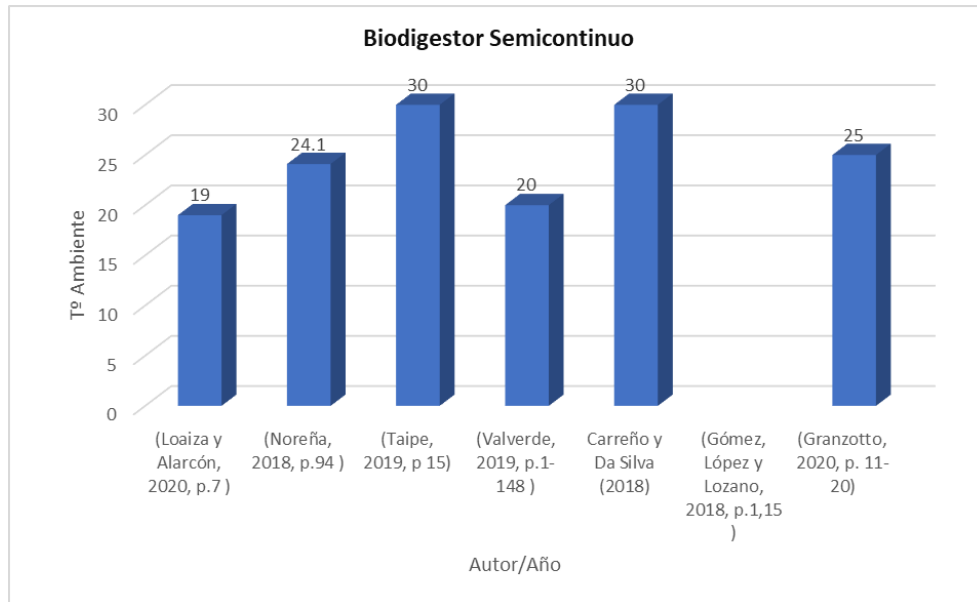


Figura 27. Temperatura ambiente para el biodigestor tipo discontinuo.

En la **Figura 27**, indica la temperatura ambiente para biodigestores discontinuos, donde solo se identificó un estudio que presentó una temperatura de 38°C el cual pertenece al estudio de Delgado (2017).

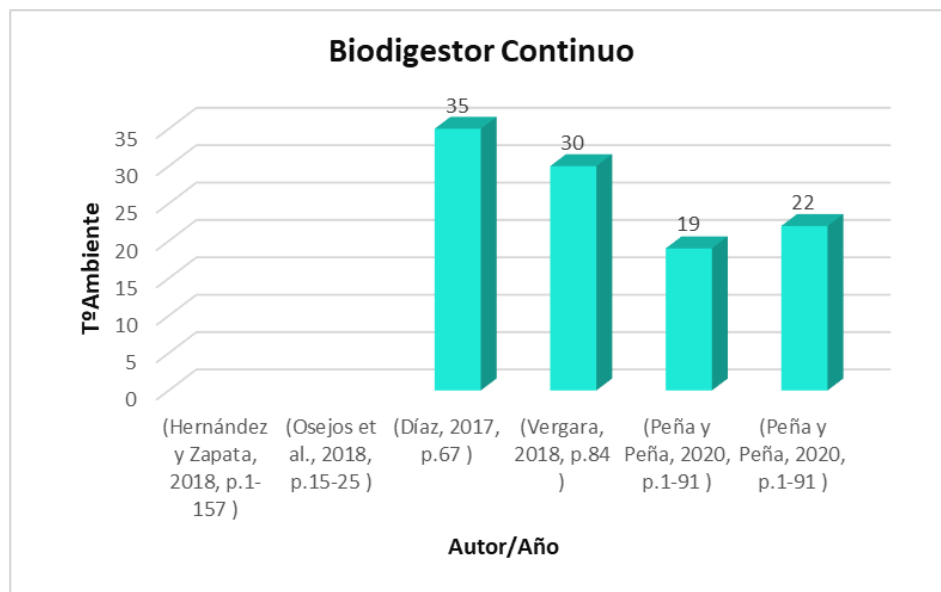
- **Biodigestor Semicontinuo**



*Figura 28.* Temperatura ambiente para el biodigestor tipo Semicontinuo.

En la **Figura 28**, indica la temperatura ambiente como parámetros de funcionamiento para biodigestores semicontinuos, donde tuvo 30°C como temperatura máxima perteneciente al estudio de Carreño y Da Silva (2018) y 19°C como temperatura mínima del estudio de Loaiza y Alarcón (2020).

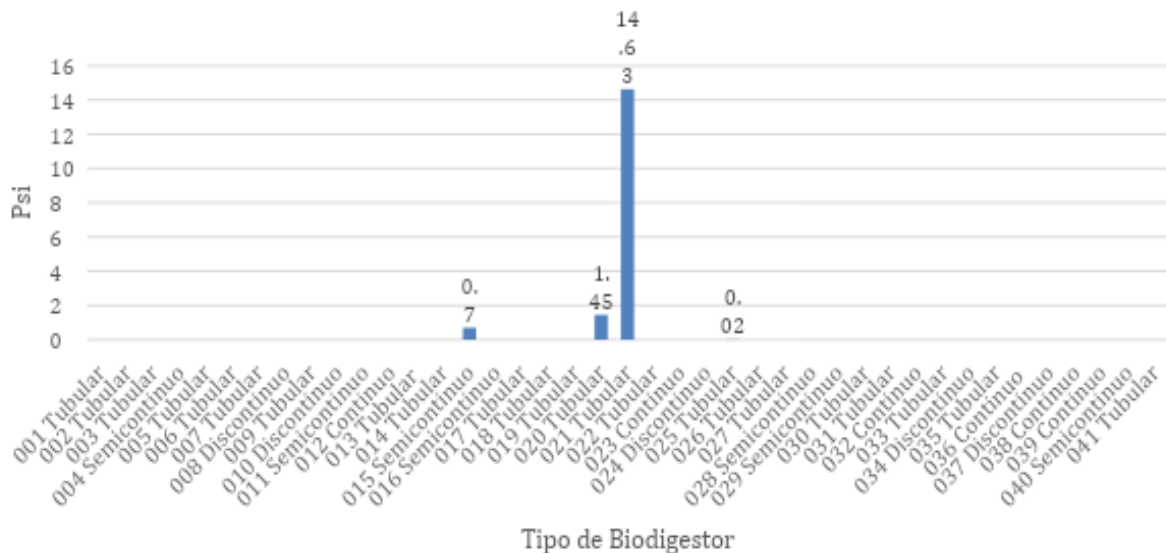
- **Biodigestor Continuo**



*Figura 29.* Temperatura ambiente para el biodigestor tipo Continuo.

En la **Figura 29**, indica la temperatura de ambiente como parámetro de funcionamiento para biodigestores Continuo, donde se identificó una temperatura de 35°C como temperatura máxima del estudio de Díaz, (2017) y 19°C como temperatura mínima perteneciente del estudio de Peña y Peña (2020).

**d) Presión**



*Figura 30.* Presión como parámetro de funcionamiento con referencia a cada tipo de biodigestor

En la **Figura 30**, indica los datos de presión (Psi) donde solo 4 investigaciones presentaron datos de presión como parámetro de funcionamiento, en el cual se identificó el tipo de biodigestor tubular como mínimo y máximo valor, donde presentó 0.02 y 14.63.

**Con respecto al Objetivo específico 2: Identificar los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol**

En los 41 estudios analizados, con respecto a los parámetros de funcionamiento, en el parámetro de pH todos estuvieron en un rango de 6 y 8, pues Gómez, Regino y Jaramillo (2022, p.22-26) indica en su estudio que los microorganismos que se encargan de la producción de biogás en el biodigestor no toleran alteraciones imprevistas en el pH, fluctuando entre 6 y 8. Lo que nos quiere decir que el pH debería encontrarse entre los valores mencionados.

En los estudios de diseño continuo se encontró un pH de 6.8 como mínimo siendo este de una biomasa húmeda de estiércol de porcino investigación perteneciente a Díaz (2017, p.67), además la investigación de Hernández y Mendoza (2018, p.387-410) tuvo un pH elevado de 7.5 proveniente de estiércol vacuno. No obstante, Osejos et al (2018, p.15-25) indica en su estudio que el óptimo pH para el desarrollo de los metanógenos va desde 6.8 a 7.5, que posee influencia en la actividad enzimática, así también Mejía (2020, p.1-9) en su investigación indica que los pH ácidos como 5,5 y 6,0 unidades presentaron inferior producción de CH<sub>4</sub>, es decir que debido al prototipo edificado será baja por el bajo valor de pH que presentó la mezcla al interior del biodigestor, en su estudio presentó un pH de 7, tuvo pequeñas variaciones disminuyendo el pH que al final tuvo un valor de 6 y este permitió el desarrollo de las bacterias involucradas en la descomposición de los desechos alimentados. Cabe recalcar que en el estudio de Granzotto (2020, p.15) dice que después de tomar una muestra de los biosólidos, midió su pH y descubrió que era de 8,38, el cual significa que el proceso de digestión finalizó.

Con respecto a la temperatura, Pinzón (2017, p.88-96) siendo este un tipo de diseño tubular, menciona que la temperatura es un parámetro primordial en la operación de un biodigestor pues tiene que procurar un crecimiento bacteriano

apropiado e incrementar la velocidad de las reacciones bioquímicas que suceden en el procedimiento, lo que nos da a entender que a mayor sea la temperatura mayor será la eficiencia del biodigestor, al igual que donde menciona que la temperatura ideal se encuentra entre 30 a 35°C, no obstante en la última fase de Metanogénesis el mayor rendimiento se obtiene con 70°C y nunca debería llegar a temperaturas inferiores a 5°C. No obstante, en el estudio de Saavedra et al.(2017, p.1-22) indica en su investigación de diseño tubular que empleó material plástico de edificación lo que hace que la piel del biodigestor sea delgada, haciendo vulnerable a la calefacción por la radiación solar, por tal razón la temperatura de este digestor es 2 - 7°C teniendo una producción de biogás de 0.3m<sup>3</sup>, todo esto tiene que ver con la zona donde se realiza el biodigestor ya que siendo Piura siendo este una región Valle se considera una temperatura de 15 a 20°C, no obstante, Jimenez (2017, p.45) indica en su estudio de diseño continuo, que la temperatura del biodigestor aunque esté a la intemperie y su color sea negro. En la investigación de Vega y Silva (2020, p.11) quien posee un diseño tubular, el cual tiene una temperatura de 35 a 57°C con un rendimiento de 9.92 m<sup>3</sup>, así mismo, Valverde (2019, p.1-148) indica que los parámetros constructivos considerados son el, DQO, el PH y la temperatura del Biodigestor, que se aplicaron en la construcción de su implementado Biodigestor.



**OE3: Identificar las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores**

En la **Tabla 7**, indica las principales características con referencia al tipo de biomasa empleada.

**Tabla 7.** Principales características de los productos finales

<b>COD</b>	<b>TIPO DE BIODIGESTOR</b>	<b>PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS</b>
001	Tubular	El biosol alcanzó su temperatura ambiente.
002	Tubular	Publicó 59,17% de CH <sub>4</sub> , 31,16% de CO <sub>2</sub> , 5,4584% de vapor de agua (H <sub>2</sub> O), 4,1819% de dinitrógeno (N <sub>2</sub> ) y 0,0191% de amoníaco
003	Tubular	El bio que se produjo se sirvió como fertilizante en áreas hasta de 200m <sup>2</sup> , para cultivos de maíz, frijol y melón
005	Tubular	Los sólidos totales 16,40 (%), el carbono orgánico total (COT) 26,02 (%), el nitrógeno total 18,60 (g/kg) y los sólidos volátiles 73,60 (%) son los demás componentes.
006	Tubular	El contenido del rumen proporcionó una opción muy eficaz para producir biogás.
007	Tubular	Fue imprescindible quitar los inyectores de la estufa de propano original para convertirla en biogás.
009	Tubular	La producción de biogás para este tipo de digestor generó una energía eléctrica de 9,964.35 kW/h
013	Tubular	La temperatura final varió entre 15°C a 20°C

014	Tubular	Biol presentó una concentración de nitrógeno de 11.40%
017	Tubular	-
018	Tubular	-
019	Tubular	Siempre que se consuma algo más que biogás, un hogar puede obtener beneficios invirtiendo en un biodigestor de tubos de plástico
020	Tubular	La escasa producción de biogás realizada en comparación con la estimación inicial es una de las causas más frecuentes de abandono de un biodigestor de tubos de plástico.
021	Tubular	El aprovechamiento del potencial energético de estos sustratos y su posible aplicación en la generación de electricidad ayuda a disminuir la cantidad de gases
022	Tubular	La implementación de biodigestor en las fincas funciona como fuente de biogás para cocinar los alimentos.
025	Tubular	Las unidades que producen animales pueden beneficiarse de la producción de energía eléctrica de las actividades mencionadas.
026	Tubular	
027	Tubular	La temperatura en las zonas no influyó significativamente en la generación de biogás
030	Tubular	El resultado se conforma de propiedades fertilizantes, que podría ser utilizado como abono orgánico.

031	Tubular	Presentó como componentes nitrógeno, oxígeno, CO2 con 0.55%, 2.28%, 39.96% respectivamente.
033	Tubular	El biodigestor alcanzó una degradación de MO de 55% en términos de DQO
035	Tubular	Determinó que el volumen promedio de biogás que se generó de la paja de arroz y agua del río, obtuvo el valor óptimo.
041	Tubular	Las purinas tratadas estuvieron apropiadas para que sean utilizadas como alimentación de biodigestor.
008	Discontinuo	Dado que la relación DQO/DBO5 era de 2,30, que se consideró dentro del rango de la materia orgánica, era evidente que había habido algún grado de descomposición de la materia orgánica.
010	Discontinuo	Presentó: nitrógeno (6600 mg.l-1), fósforo (724.8 mg.l-1) y Potasio 1136.67
024	Discontinuo	Utilizar estiércol de cerdo facilita el proceso de biodigestión
034	Discontinuo	La calidad del biol que se produjo de restos de truchas y restos de estiércol de porcino, obtuvo mayor cantidad de nutrientes con solo restos de truchas.
037	Discontinuo	Se obtuvo un rico fertilizante a razón de altos valores óptimos de nutrientes NPK
004	Semicontinuo	La calidad mala del biogás, sucedió por los sólidos totales superan el 17 % tal como lo indica
011	Semicontinuo	Presentó: Ca 2050 mg/L, K 9440 mg/L y Na 200 mg/L.

015	Semicontinuo	Obtuvieron un mejoramiento en la obtención de biogás pues se redujo el tiempo de retención manteniendo una temperatura de 25° a 26.6°C
016	Semicontinuo	-
028	Semicontinuo	Como resultado de 38% gas metano, 43% dióxido de carbono 10% sulfuro de hidrógeno
029	Semicontinuo	El biodigestor produce 393,17m3/día de biogás, lo que permite la generación de 276MWh/año de energía eléctrica.
040	Semicontinuo	Fue efectivo el biodigestor con residuos de alimentos para la generación de biogás.
012	Continuo	-
023	Continuo	El biodigestor ayuda a los alrededores de la granja con la acumulación y reducción de residuos.
032	Continuo	
036	Continuo	
038	Continuo	Se identificó una potencial fuente de energía mediante el aprovechamiento de la biomasa y la boñiga de caballo.
039	Continuo	Presentó niveles considerables de otros nutrientes, así como altas concentraciones de nitrógeno mineral

Vega y Silva (2020, p.11) donde identificó las características físicas del sistema biológico y los valores medios a los 30, 60 y 90 días fueron los siguientes para el

pH: 6,11, 6,66 y 6,93, respectivamente. SDT: 367,48 ppm, 344,2 ppm y 310,07 ppm; CE: 663,4 us/cm-1, 549,83 us/cm-1 y 480 us/cm-1; T° ambiente: 24,1, 23,6 y 21,5°C; Temperatura interna: 23,58, 23,67 y 21,5°C; Sólidos totales disueltos: 367,48 ppm, no obstante, Vega y Silva, (2020, p.11) dice que según la caracterización físico-química del laboratorio, los valores de ST y SV son similares a los del estiércol de vaca: 17% y 77%, respectivamente. El carbono orgánico total (COT), por su parte, mide la cantidad de materia orgánica presente en la muestra. Cuanto más alto sea el COT, mayor será el desarrollo microbiano, lo que potencia la generación de biogás. En esta situación, el valor del COT es superior al del estiércol de vaca, que tiene un valor de COT del 18,4%. Esta proporción debe aumentarse combinando el estiércol con otro sustrato, como restos de comida y residuos agrícolas, ya que los valores ideales oscilan entre 20:1 y 30:1. La relación C/N es otro valor importante de la caracterización, que tiene valores bajos porque es un valor fundamental que debe aumentar.

**Con respecto al Objetivo específico 3: Determinar las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores**

En la investigación de Vega y Silva (2020, p.11) en su investigación donde se calcularon los parámetros químicos del biol y se obtuvieron los valores de N<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K en 90 días. Dichos valores están en los porcentajes ideales de concentración en los fertilizantes que se aconsejan para su uso en la agricultura; para el N<sub>2</sub>: 8,78 mg/l, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,25 mg/l, y K: 6006,67 mg/l; también se calcularon los valores de análisis proximal a los 60 días. Los parámetros de materia seca y materia orgánica, que registraron valores de 4,84% y 3,92% a los 90 días de evaluación, fueron muy significativos en la actividad microbiana y su producción de biol.

Noreña (2018, p.94) tras evaluar el estiércol de equino y las aguas residuales domésticas para la producción de biogás y biol a través de biodigestores semicontinuos, donde concluye que el biol generado posee altas concentraciones de N<sub>2</sub>, P y K; a lo que aconseja utilizarlo como fertilizantes orgánicos, ensayo previamente a la prueba de germinación ya que se utilizó para la disposición de materia orgánica constante y se percibe como principal beneficio si se quiere

aprovechar más el biol, además en la investigación de Gómez, Rodríguez y Torres (2017, p.5-24) nos dice que el estiércol de porcino para la digestión se destaca por su elevada capacidad para generar metano, también posee elevada concentración de nutrientes a comparación con otros sustratos, dado que los cerdos desperdician un porcentaje importante de su alimento debido a su escasa absorción de nutrientes, se benefician de esta característica, y aproximadamente el 1,3% de los excrementos que producen posee N, P y K, los cuales se consideran como fertilizantes primarios y secundarios como el Ca, Cl, Na, sodio, etc. que representa 1.2%.

En la investigación de Mullo et al. (2018, p.2-10) de biodigestor tubular, presentó en la composición química del biogás de 30 a 40% de CO<sub>2</sub>, 0.1% de H<sub>2</sub> y en el estudio de Carreño y Da Silva (2020, p.11) siendo tipo de biodigestor Semi Continuo donde tuvo una producción en el biogás de CH<sub>4</sub> en 38%, CO<sub>2</sub> en 43% y H<sub>2</sub>O en 10%. Como se indica no hay una diferencia relevante en los resultados a pesar que el diseño tubular se realizó con estiércol de bovino, a diferencia del diseño semicontinuo el cual utilizó residuos orgánicos.

**OG: Determinar los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022**

Para la investigación realizada constó de una ficha de recolección de datos el cual se puede apreciar en el **Anexo 4**.

No obstante, se indican las fichas divididas por diseño de biodigestor, donde se presentan datos de los parámetros de funcionamiento y resultados de producción de biogás .

En la **Tabla 8**, se indica las características de biodigestor tubular, en donde se identificó datos de parámetros de funcionamiento en donde no todas las investigaciones cuentan con datos de presión y temperatura ambiente, además de características de producto final en el cual los datos fueron escasos y datos para el rendimiento de biodigestor. El estudio perteneciente a Rostagno et al. (2017) presentó datos óptimos para el biodigestor tubular, presentó 35.34m<sup>3</sup>/día.

**Tabla 8. Características del Biodigestor tipo Tubular**

BIODIGESTOR TIPO TUBULAR																		
Cod	Título de documento	Referencia	Indicadores															
			Parámetros de funcionamiento				Tipo de biomasa		Características del producto final						Rendimiento del biodigestor		Costo	
			pH	T° B	T° A	P r e s i ó n	Biomasa seca	Biomasa húmeda	Biogás			pH	Biol			Eficiencia (Volumen de producto/Kg de biomasa)		
									Composición (%)				Macronutrientes (mg/L)			Biogás		Biol
NH4	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N	P	K													
001	Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol	(León et al., 2019, p.5-10 )			20			Estiércol de ganado vacuno					520	90	340	1.523 m <sup>3</sup> /día	72.082 L/día	
002	Diseño de un biodigestor de excremento para la generación de biogas vía simulación con el software SIMBA	(Lozano, Sánchez y Ardilla, 2020, p.3-10 )	7.062		30 °C		Estiércol avícola									0.33m <sup>3</sup> /día		988.46
003	Construcción de un biodigestor para la generación biol y biogás a partir de residuos orgánicos	(Escorcía y Ortíz, 2020, p. 5)		30 °C	25 °C		Estiércol bovino y ovino				7					2.5m <sup>3</sup> /día	200 L/día	

005	Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander	(Vega y Silva, 2020, p.11 )			35 – 57 °C				Estiércol de búfalo								9.92 m3/día		
006	Producción de biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Cajamarca	(Basauri y Terrones, 2018, p.11, 60 )	7.45	12.5	3° C				Contenido ruminal								0.000012 m3/día		1512.10
007	Estudio técnico-económico para producir biogás a partir de los residuos generados por el camal municipal de Tumán	(Rostagno et al., 2017, p.95-131 )			30 °C			Residuos de camal									35.34 m3/día		1723,60
009	Propuesta de diseño de una planta de biodigestión para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos del relleno sanitario de Chilla	(Mamani y Pacco, 2021, p.15)						Residuos domésticos									4.449 m3/día		
013	Diseño de un biodigestor tipo manga para granja ubicada en la zona rural de USME	(Pulido Guerrero, Cristian Andrés; Vargas Río, 2021,)	7.6					Residuos de granja									2.7m3/día		
014	Diseño de un biodigestor para la generación de biogás y biol en la comunidad de Illagua	(Rochina, 2018, p.19 )						Estiércol Bovino	7.1 – 7.28				621.6	661.26	2961		1.084m3/día		



017	Propuesta de diseño de un biodigestor industrial de cachaza para la generación de energía eléctrica	(Castillo et al., 2021, p.2-7 )			30 °C	30 °C		Estiércol porcino									5,43m 3/día		1,273. 35
018	Desarrollo de un sistema de monitoreo para las variables de temperatura, presión y pH de un biodigestor anaeróbico	(Gómez, Regino y Jaramillo, 2022, p.22-26 )	6. 8 - 7. 5	30 -3 5° C		14 .0 61 4		Estiércol porcino											
019	Evaluación económica y financiera de la implementación de un biodigestor en un tambo de la cuenca lechera Santafesina	(Rostagno et al., 2017, p.Pág. 95-131-131 )	6 - 7, 5	30 °C	25 ° C			Estiércol Vacuno					520	90	340				25,46 7.09
020	Diseño de un biodigestor tubular para zonas rurales de la región Piura	(Saavedra et al., 2017, p.1-22 )	7	15 -2 0° C	5 - 30 °C	1.4 5p si		Estiércol de porcino									0.3 m3		
021	Montaje y operación de un biodigestor a escala real en la Finca Campoalegre del municipio de Victoria	(Garzón, 2020, p.5-25 )	6	28 - 34 °C	25 °C	14 .6 psi		Estiércol de porcino											43.10 0
022	Implementación de biodigestores para el mejoramiento de la calidad de vida de las familias campesinas	(Pinzón, 2017, p.88-96 )	8. 5					Estiércol de porcino	2.6	1.5	1. 0	7. 5							

025	Construcción de biodigestor para estimación de potencial energético a partir de bovinaza, finca "Las Delicias", Vereda Santa Barbara, Íquira - Huilla	(Cedeño, 2019, p.5-30 )	7.9	17 °C	0.02 psi		Estiércol vacuno								0.658 m <sup>3</sup> /día		12,682.68
026	Implementación de un biodigestor de estiércol bovino para la producción de gas de uso unifamiliar	(Mullo et al., 2018, p.2-10 )	7.3	28 °C	30 °C		Estiércol de bovino		30 – 40%	1.0 %					1.05m <sup>3</sup> /día		
027	Elaboración de un biodigestor de estiércol bovino para la transformación de biogás en energía eléctrica	(García y Ponce, 2020, p.32-35 )		25 °C	30 °C		Estiércol de bovino								3.08m <sup>3</sup> /día		
030	Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento de los residuos de las granjas porcinas en el Municipio de Tibana	(Gómez, Rodríguez y Torres, 2017, p.5-24 )	7.5	30 °C	25 °C		Estiércol de porcino								9.6m <sup>3</sup>		1430.26
031	Implementación de un biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves de Cotopaxi	(Guamanquispe y Perdomo, 2018, p.101 )	7	20 °C	24.0 °C		Estiércol avícola								2.65m <sup>3</sup>		599336.25
033	Monitoreo a escala de real de un biodigestor anaeróbico de bajo costo instalado en una planta de sacrificio animal	(Castro et al., 2017, p.37-44 )		26 °C	30 °C		Estiércol de bovino								0,9m <sup>3</sup> /día		

035	Propuesta de un biodigestor tubular de polietileno para producir biogás a partir de paja de arroz y agua del río Utcumamba en la ciudad de Bagua Grande -Amazonas, 2017	(Campos, 2017, p.10, 61 )	7.0	35 °C	26,97 °C			Paja de arroz								7,69m3		1 174.9 0
041	Diseño de un biodigestor tubular flexible para la producción de biogás a partir de desechos porcinos generados en una granja con sistema de ciclo completo	(Diez, 2020, p.11)	7.6	25 °C	22 °C			Estiércol de porcino								15.4 m3/día		

En la **Tabla 9**, se indica las características de biodigestor discontinuo, en donde se identificó datos de parámetros de funcionamiento en donde no todas las investigaciones cuentan con datos de presión y temperatura ambiente, además de características de producto final en el cual los datos fueron escasos y datos para el rendimiento de biodigestor. El estudio perteneciente a Prieto y Fajardo (2017) el cual presentó un rendimiento elevado de donde presentó en 11m3/día.

**Tabla 9. Características del Biodigestor tipo Discontinuo**

BIODIGESTOR TIPO DISCONTINUO																		
Cod	Título de documento	Referencia	Indicadores														C o s t o	
			Parámetros de funcionamiento				Tipo de biomasa		Características del producto final						Rendimiento del biodigestor			
			pH	T° B	T° A	P r e s i ó n	Biomasa seca	Biomasa húmeda	Biogás			pH	Biol			Eficiencia (Volumen de producto/Kg de biomasa)		
									Composición (%)				Macronutrientes (mg/L)					
									NH4	CO 2	H2		N	P	K	Biogás		Biol
008	Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos de búfalos en el municipio de Rionegro, Santander	(Zamudio, 2021, p.10-75 )	6.95	15.1 °C				Estiércol de bovino		30-45%							1.83m3/día	
010	Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno	(Garavito, 2018, p.45 )	7.35	24.4 °C				Estiércol vacuno									0.0087m3/día	
024	Análisis de biomasas obtenidas en el sector rural, municipio de Sibaté-Cundinamarca	(Prieto y Fajardo, 2017, p.2-8 )	7.9	28-30° C				Estiércol de porcino				7.4					11m3/día	

034	Residuos orgánicos de truchas y estiércol de porcino para la obtención de biol en la mejora de la calidad de suelo, para el cultivo de Medicago Sativa L. en Oyón, 2017	(Delgado, 2017, p.9, 54 )	7.0 9	29° C	38 °C							380 7	77 0. 2	53 1. 34		48L/día	1 9 8 9
037	Producción y optimización de biometano a partir de pollo, alimentos y desechos cloacales: el desempeño del biodigestor piloto doméstico	(Nuhu, Gyang y Kwarbak, 2021, p.2, 8 )	6.8	25.4 °C											2,7m3		

En la **Tabla 10**, se indica las características de biodigestor Semicontinuo, en donde se identificó datos de parámetros de funcionamiento en donde no todas las investigaciones cuentan con datos de presión y temperatura ambiente, además de características de producto final en el cual los datos fueron escasos y datos para el rendimiento de biodigestor. El estudio pertenece a Granzotto (2020) presentó datos óptimos para Semicontinuo el cual tuvo un rendimiento de 15.4 m3/día.

**Tabla 10. Características del Biodigestor tipo Semicontinuo**

Cod	Título de documento	Referencia	Indicadores													C o s t o		
			Parámetros de funcionamiento				Tipo de biomasa		Características del producto final						Rendimiento del biodigestor			
			pH	T° B	T° A	P r e s i ó n	Biomasa seca	Biomasa húmeda	Biogás			Biol			Eficiencia (Volumen de producto/Kg de biomasa)			
									Composición (%)			pH	Macronutrientes (mg/L)					
									NH4	CO2	H2		N	P	K		Biogás	Biol
004	Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna	(Loaiza y Alarcón, 2020, p.7 )	8	23° C	19° C			Estiércol equino, ovino y vacuno				8				0.00138 m3/día		2 1 1 8 . 5 0
011	Evaluación del estiércol, de cuy de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco para la producción de biol mediante biodigestores del tipo semicontinuo	(Noreña, 2018, p.94 )		23. 58° C	24. 1° C			Estiércol de cuy				6.9 3	8.7 8		60 06. 67	0.67m3/día		
015	Diseño de un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol	(Taipe, 2018, p. 25 )	7.9	25° C	28 - 30° c	0.7		Estiércol de Bovino				7.4				0.3156 m3/día	7 L/día	

016	“Diseño e implementación de un biodigestor para la producción de biogas en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo – Chupaca, realizado durante El año 2017	(Valverde, 2019, p.1-148 )			8° C – 20° C			Estiércol de cuy		21 - 41	0.5- 8					2.00 m3/día		2 8 3 4 . 2 0
028	Producción de biogás a partir de residuos a partir de residuos sólidos orgánicos, mediante el uso de biodigestor en escala de banco	Carreño y Da Silva (2020, p.11)	7.4	30° C						43%								
029	Diseño preliminar de biodigestor a partir de estiércol porcino generado en la isla de San Andrés	(Gómez, López y Lozano, 2018, p.1,15 )			27° C			Estiércol de porcino								3.93 m3/día		6 5 9 7 9 7 . 4 9
040	Diseño de un biodigestor tubular flexible para la producción de biogás a partir de desechos porcinos generados en una granja con sistema de ciclo completo	(Granzotto, 2020, p. 11-20)	7.6	25° C	22° C		Estiércol de porcino									15.4m3/día		

En la **Tabla 11**, se indica las características de biodigestor continuo, en donde se identificó datos de parámetros de funcionamiento en donde no todas las investigaciones cuentan con datos de presión y temperatura ambiente, además de características de producto final en el cual los datos fueron escasos y datos para el rendimiento de biodigestor. El estudio pertenece a Osejos et al. (2018) tuvo datos más óptimos en los que respecta al biodigestor continuo tuvo un rendimiento de 42,76 m3/día.

**Tabla 11. Características del Biodigestor tipo Continuo**

BIODIGESTOR TIPO CONTINUO																		
Cod	Título de documento	Referencia	Indicadores														C o s t o	
			Parámetros de funcionamiento				Tipo de biomasa		Características del producto final						Rendimiento del biodigestor			
			pH	T° B	T° A	P r e s i ó n	Biomasa seca	Biomasa húmeda	Biogás			pH	Biol			Eficiencia (Volumen de producto/Kg de biomasa)		
									Composición (%)				Macronutrientes (mg/L)			Biogás		Biol
NH4	CO2	H2	N	P	K													
012	Diseño de un biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío la Zanja - Cajamarca	(Hernández y Zapata, 2018, p.1-157 )	7.5					Estiércol Vacuno									3.1m3/día	
023	Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa - Ecuador	(Osejos et al., 2018, p.15-25 )		30				Estiércol de porcino									42,76 m3/día	



032	Diseño de un biodigestor en la producción de gas para cocinas ecológicas, a partir de desechos orgánicos producidos por animales de granja porcina, en el corregimiento de Guaimaral Municipio de Curumani Cesar	(Díaz, 2017, p.67 )	6.8	35 °C	35 °C			Estiércol de porcino								0,892 4m3/d ía		1 4 6 6 0 0 4 . 2 9
036	Propuesta para diseñar una planta piloto que genere biogás y composta, con residuos de la central de abastos de Puebla	(Vergara, 2018, p.84 )	7,5		30 °C			Estiércol bovino										
038	Diseño de un biodigestor a partir del aprovechamiento a partir del aprovechamiento del bagazo	(Peña y Peña, 2020, p.1-91 )	7.4		19 °C			Estiércol de equino y bagazo de la caña de panelera								1,04m3 /día		1 6 1 0 . 5 9

039	Evaluación técnico – financiera de un biodigestor para el aprovechamiento de los desechos orgánicos caninos en criadero Pandora Colombia	(Mejía, 2020, p.1-9 )	7	23 °C	22 °C							7							1 0 4 2 1 . 8 9
-----	--	-----------------------	---	-------	-------	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------

**Con respecto al objetivo general: Determinar los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022.**

En consideración a los resultados que se obtuvieron con relación al objetivo general, donde con referencia al biodigestor más utilizado de acuerdo a los estudios encontrados fue el tubular, la investigación que tuvo un resultado más óptimo de dicho biodigestor fue de Rostagno et al. (2017) el cual presentó biogás de 35.34 m<sup>3</sup>/día, así mismo en el caso del biodigestor discontinuo óptimo presentado por Prieto y Fajardo (2017) con un resultado de 11m<sup>3</sup>/día. En el caso del biodigestor semicontinuo óptimo donde Granzotto (2020) obtuvo un resultado de 15.4m<sup>3</sup>/día, para los estudios que trabajaron con un biodigestor continuo en el cual la investigación de Osejos et al. (2018) presentó 42.76 m<sup>3</sup>/día.

## V. CONCLUSIONES

1. El tipo de biodigestor más utilizado en los estudios fue el tubular, seguidamente del tipo Continuo estos presentaron resultados de 35.34 m<sup>3</sup>/día y 42.79 m<sup>3</sup>/día respectivamente que fueron los mejores resultados de todas las investigaciones, ya que se considera los de mayor rendimiento todo esto debido a la fermentación pues esta se da horizontalmente, y así tiene un desplazamiento más despacio de la materia y se mantiene en un proceso continuo, pues los residuos viejos no se mezclaron con los nuevos.
2. Del total de investigaciones analizadas se pudo observar que, sin importar el tipo de diseño utilizado en cada estudio, fueron considerados como parámetros de funcionamiento la temperatura del biodigestor y pH, dando buenos resultados a temperaturas elevadas y un pH neutro. Como es el caso de uno de los digestores con mejor rendimiento que fue tipo tubular, presentó una temperatura de 30°C.
3. Las principales características que destacaron en cada tipo de biodigestor no estuvieron muy bien especificadas en sus resultados, sin embargo, el estudio de código 011 presentó elevados valores de N<sub>2</sub>, P y K que se recomienda ser utilizado como fertilizante orgánico, además el estudio de código torres que trabajó con estiércol de porcino tuvo una elevada concentración de nutrientes en comparación de otros sustratos conteniendo así N, P y K que son considerados fertilizantes primarios, y también fertilizantes secundarios como Ca, Cl y Na.
4. Con respecto a los biodigestores en estudio, se identificó que la investigación con código 004 Semicontinuo tuvo como resultado una mezcla óptima con distintos tipos de biomasa con una mezcla de estiércol de equino 6.5%, ovino 37.5% y vacuno 56%, no obstante, el estiércol de porcino fue el más empleado ya sea este por ser aquel que presenta elevadas concentraciones de nutrientes como es el estudio de código 011 Semicontinuo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En base a los estudios que se analizaron se recomienda a los futuros investigadores los siguientes puntos:

1. Para futuras investigaciones experimentales considerar más parámetros para el funcionamiento tales como humedad, presión en el biodigestor y temperatura ambiente para tener mejores resultados, pues en la mayoría de investigaciones solo se consideraba pH y temperatura del biodigestor.
2. Para futuras investigaciones experimentales trabajar con el análisis de nitrógeno, MO, humedad, potasio y fósforo para determinar la influencia que existe entre la biomasa y el resultado.
3. Para futuras investigaciones experimentales, realizar seguimientos antes, durante y después del proceso con la finalidad de entender el comportamiento, variabilidad y la generación del biogás y biol.
4. Para futuras investigaciones experimentales, realizar seguimientos antes, durante y después del proceso con la finalidad de entender el comportamiento, variabilidad y la generación del biogás y biol.

## REFERENCIAS

- ARRIETA, Winston, *Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado*. S.l.: Universidad de Piura. 2016. 1-251 pp.
- ATO, Manuel, LÓPEZ, Juan J. y BENAVENTE, Ana. Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, vol. 29, no. 3. 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>.
- BASAURI, Jhonatan y TERRONES, Jeysson, *Producción de biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Cajamarca*. S.l.: s.n. 2018. 11, 60 pp.
- CAMPOS, Carlos, *Propuesta de un biodigestor tubular de polietileno para producir biogás a partir de paja de arroz y agua del río Utcubamba en la ciudad de Bagua Grande - Amazonas, 2017*. S.l.: s.n. 2017. 10, 61 pp.
- CARREÑO, J. y DA SILVA, D., *Producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos, mediante el uso de biodigestor a escala de banco*. S.l.: s.n. 2018. 5-11 pp.
- CASTILLO, Yoisdel, MONTENEGRO, J., JIMÉNEZ, Reiner y PATIÑO, Carlos, *Propuesta de diseño de un biodigestor industrial de cachaza para la generación de energía eléctrica* [en línea]. S.l.: s.n. 2021. [Consulta: 27 julio 2022]. 2-7 pp. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202021000500074](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000500074)
- CASTRO, Liliana, CARBALLO, Martín, MARTÍ, Jaime y ESCALANTE, Humberto, *Monitoreo a escala de real de un digestor anaeróbico de bajo costo instalado en una planta de sacrificio animal*. S.l.: s.n. 2017. 37-44 pp.

- CEDEÑO, María, *Construcción de biodigestor para estimación de potencial energético a partir de bovinaza, finca "Las Delicias", Vereda Santa Barbara, Íquira - Huilla* [en línea]. Bogotá: s.n. 2019. [Consulta: 27 julio 2022]. 5-30 pp.Disponible en: [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2607/Cedeño\\_Peña\\_María\\_Manuela\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2607/Cedeño_Peña_María_Manuela_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CURILLA, Ericka Medalit y DIEGO, Magaly Pamela, *Efecto del lactosuero en la producción del biogás y las características del bioabono y biol utilizando estiércol de vacuno en un biodigestor Batch en Sicaya - 2021*. S.I.: Universidad Continental. 2022. 1-113 pp.
- DELGADO, Marco, *Residuos orgánicos de truchas de porcino para la obtención de biol en la mejora de la calidad de suelo, para el cultivo de Medicago Sativa L. en Oyón, 2017*. S.I.: s.n. 2017. 9, 54 pp.
- DÍAZ, Andrés, *Diseño de un biodigestor en la producción de gas para cocinas ecológicas, a partir de desechos orgánicos producidos por animales de granja porcina, en el corregimiento de Guaimaral Municipio de Curumani Cesar* [en línea]. S.I.: s.n. 2017. 67 pp.Disponible en: [https://www.academia.edu/31615930/BOMBAS\\_CENTRIFUGAS\\_CONECTADAS\\_EN\\_SERIE\\_Y\\_EN\\_PARALELO](https://www.academia.edu/31615930/BOMBAS_CENTRIFUGAS_CONECTADAS_EN_SERIE_Y_EN_PARALELO)
- DIEZ, José. *Diseño de un biodigestor tubular flexible para la producción de biogás a partir de desechos porcinos generados en una granja con sistema de ciclo completo.* , 2020.
- ESCORCIA, C., SALAZAR, N. y POLO, V., *Construcción de un biodigestor para la generación de biol y biogás a partir de residuos orgánicos* [en línea]. S.I.: s.n. 2020. [Consulta: 20 julio 2022]. 55-63 pp.Disponible en: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/view/3241/3717>
- ESCUADERO, Carlos Leonel y CORTEZ, Liliana Alexandra, *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*. 1. Machala: UTMACH, 2018. 106 ISBN 978-9942-24-092-7.

- GARAVITO, Olenka, *Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno*. S.l.: s.n. 2018. 45 pp.
- GARCÍA, Jonathan y PONCE, Cristopher, *Elaboración de un biodigestor de estiércol bovino para la transformación de biogás en energía eléctrica*. S.l.: s.n. 2020. 32-35 pp.
- GARCÍA, Yerly, *Diagnóstico general del estado de los biodigestores en la región del Ariari, municipios de Puerto Gaitan y Villavicencio del departamento del Meta*. S.l.: Universidad de los Llanos. 2019. 1-111 pp.
- GARZÓN, Eduardo, *Montaje Y Operación de un Biodigestor a Escala Real en la Finca Campoalegre del municipio de Victoria, Caldas*. S.l.: s.n. 2020. 5-25 pp.
- GÓMEZ, Esther, RODRÍGUEZ, Reytez y TORRES, Angela, *Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento de los residuos de las granjas porcinas en el Municipio de Tibana*. S.l.: s.n. 2017. 5-24 pp.
- GÓMEZ, July, REGINO, Fernando y JARAMILLO, Haidee, *Desarrollo de un sistema de supervisión de las variables de temperatura, presión y pH en un Biodigestor Anaeróbico* [en línea]. S.l.: s.n. 2022. [Consulta: 27 julio 2022]. 22-26 pp. Disponible en: <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/3035/3630>
- GUAMANQUISPE, Leider y PERDOMO, Luis, *Implementación de un biodigestor para generar biogás a partir del excremento de la gallina en la granja avícola aves del Cotopaxi* [en línea]. S.l.: s.n. 2018. 101 pp. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- HERNÁNDEZ, Miguel Alberto y ZAPATA, Manuel Enrique, *Diseño de un biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío La Zanja – Cajamarca*. S.l.: Universidad Señor de Sipán. 2018. 1-157 pp.



LEÓN, Carlos, MENDOZA, Gerson, RODRÍGUEZ, Carlos, BARDALES, Cecilia, BARRENA, Miguel, CABOS, Jeisson, BARDALES, Cecilia, BARRENA, Miguel, CABOS, Jeisson, LEÓN, Carlos, MENDOZA, Gerson y RODRÍGUEZ, Carlos, *Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol* [en línea]. S.I.: Universidad Privada Antenor Orrego. 2019. [Consulta: 21 julio 2022]. 5-10 pp. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992019000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

LEÓN, Carlos, RODRÍGUEZ, Carlos y MENDOZA, Gerson. Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol. *Arnaldoa*, vol. 26, no. 3. 2019. ISSN 2413-3299.

LOAIZA, Mirella y ALARCÓN, Fernando, *Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna* [en línea]. S.I.: s.n. 2020. 7 pp. Disponible en: <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>

LOZANO, Angie, SÁNCHEZ, Cristian y ARDILLA, Juan, *Vista de Diseño de un biodigestor de excremento para generación de biogás vía simulación con el software SIMBA* [en línea]. S.I.: s.n. 2020. [Consulta: 20 julio 2022]. 3-10 pp. Disponible en: <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/2779/4101>

MEJÍA, Sergio, *Evaluación Técnico - Financiera de un biodigestor para el aprovechamiento de los desechos orgánicos caninos en Criadero Pandora Colombia* [en línea]. S.I.: s.n. 2020. 1-9 pp. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>

MULLO, A., SÁNCHEZ, W., SALAZAR, F. y CHACHA, J., *Implementación de un biodigestor de estiércol bovino para la producción de gas de uso unifamiliar*. S.I.: s.n. 2018. 2-10 pp.

- NOREÑA, Ana Lucía, ALCARAZ, Noemi, ROJAS, Juan Guillermo y REBOLLEDO, Dinora. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichán*, vol. 12, no. 3. 2012. ISSN 16575997.
- NOREÑA, Josell, *Evaluación de estiércol de cuy de la granja Montero y aguas residuales del camal Municipal de Huánuco para la producción de biol mediante biodigestores del tipo semicontinuo* [en línea]. S.I.: s.n. 2018. [Consulta: 22 julio 2022]. 94 pp. Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1340;jsessionid=F387D5B4720CE5B211DBB9B9B7ECA313>
- NUHU, Steven, GYANG, James y KWARBAK, Joel, *Production and optimization of biomethane from chicken, food, and sewage wastes: The domestic pilot biodigester performance* [en línea]. S.I.: Elsevier Ltd. 2021. 2, 8 pp. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100298>
- OSEJOS, Miguel, JARAMILLO, Julio, MERINO, Martín, QUIMIS, Alex y ALCÍVAR, José, *Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador* [en línea]. S.I.: s.n. 2018. [Consulta: 27 julio 2022]. 15-25 pp. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6657430>
- PEÑA, L.E. y PEÑA, L.K., *Diseño de un biodigestor a partir del aprovechamiento del bagazo de la caña panelera y boñiga de caballo para la generación de biogás en un trapiche ubicado en Guavatá, Santander*. S.I.: Universidad El Bosque. 2020. 1-91 pp.
- PÉREZ, J. y QUINCHÍA, Y.A., *Revisión sistemática de parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café mediante digestión anaerobia*. S.I.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 2019. 1-107 pp.
- PINZÓN, Cesar, *Vista de Implementación de biodigestores para el mejoramiento de la calidad de vida de las familias campesinas* [en línea].

- S.I.: s.n. 2017. [Consulta: 27 julio 2022]. 88-96 pp. Disponible en: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/riag/article/view/1438/1571>
- PRIETO, Diana y FAJARDO, Juan, *Análisis De Obtenidas En El Sector Rural , Municipio De Sibaté – Cundinamarca \** [en línea]. S.I.: s.n. 2017. [Consulta: 27 julio 2022]. 2-8 pp. Disponible en: <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Pers/article/view/1584/1526>
- PULIDO GUERRERO, CRISTIAN ANDRÉS; VARGAS RÍO, Cristian Camilo. Diseño de un biodigestor tipo manga para granja ubicada en la zona rural de USME. , 2021.
- ROCHINA, Hilda, *Diseño de un biodigestor para la generación de biogas y biol en la comunidad de Illagua del Cantón Guaranda*. S.I.: s.n. 2018. 19 pp.
- ROSTAGNO, M., CATIGNANI, M., MANSILLA, M., ROSSLER, N. y OSAN, O., *Evaluación económica y financiera de la implementación de un biodigestor en un tambo de la cuenca lechera Santafesina*. S.I.: s.n. 2017. Pág. 95-131-131 pp.
- SAAVEDRA, Rafael, ALAMO, Marcoantonio, MARCELO, Alamo y DANIEL, Mario, *Diseño De Un Biodigestor Tubular Para Zonas Rurales De La Región Piura* [en línea]. S.I.: s.n. 2017. [Consulta: 27 julio 2022]. 1-22 pp. Disponible en: [http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael\\_biodigestor.pdf](http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael_biodigestor.pdf)
- TAIPE, José Antonio, *Diseño de un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol*. S.I.: Universidad Nacional Del Centro Del Perú. 2019. 1-95 pp.
- TOALA, Edwin, *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica*. S.I.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2014. 1-138 pp.

- TOBON, Alexander Hernando, *Análisis de los posibles factores que dificultan la implementación de biodigestores tipo tubular y cúpula flotante en las zonas rurales y urbanas de la región norte de Colombia*. S.I.: Universidad del Norte. 2018. 1-135 pp.
- VALVERDE, J.L., *Diseño e implementación de un biodigestor para la producción de biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo - Chupaca, realizado durante el año 2017*. S.I.: Universidad Alas Peruanas. 2019. 1-148 pp.
- VARGAS, Patrick Gabriel y VILLAVICENCIO, Miguel Angel, *Determinación de efectividad del biodigestor Tubular con estiércol de vaca (*Bos taurus*), cerdo (*Sus scrofa domesticus*) del camal municipal Moyobamba, 2020*. S.I.: Universidad César Vallejo. 2020. 1-72 pp.
- VEGA, David y SILVA, Farid, *Estudio para la producción de biogás a partir de residuo orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander*. S.I.: s.n. 2020. 11 pp.
- VERGARA, Liliana, *Propuesta para diseñar una planta piloto que genere biogás y composta, con residuos de la central de abastos de Puebla*". S.I.: s.n. 2018. 84 pp.
- ZAMUDIO, Guillermo, *Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos de búfalos en el municipio de Rionegro, Santander* [en línea]. Santander: s.n. 2021. [Consulta: 27 julio 2022]. 10-75 pp. Disponible en: [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/14057/2021\\_Tesis\\_Guillermo\\_Zamudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/14057/2021_Tesis_Guillermo_Zamudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA
<p><b>General</b> ¿Cuáles son los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022?</p>	<p><b>General</b> Determinar los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022.</p>	<p><b>Independiente</b> Diseño de biodigestores</p>	<p>Tipo de biodigestores</p>	Régimen continuo	-	<p><b>Tipo:</b> Aplicada <b>Diseño:</b> No experimental <b>Enfoque:</b> Cualitativo <b>Instrumentos:</b> Información de portales web. Ficha de recolección de datos.</p>
				Régimen semicontinuo	-	
				Régimen discontinuo	-	
				Tubular	-	
			<p>Parámetros de funcionamiento</p>	pH	-	
				Temperatura de biodigestor	°C	
				Temperatura del ambiente	°C	
				Presión	PSI	
<p><b>Específicas</b> ¿Cuáles son las diferencias entre los tipos de diseños de biodigestores para el aprovechamiento de biomاسas en la producción de biogás y biol? ¿Cuáles son los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomاسas en la producción de biogás y biol? ¿Cuáles son las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores?</p>	<p><b>Específicas</b> Comparar los tipos de diseños de biodigestores para el aprovechamiento de biomاسas en la producción de biogás y biol. Identificar los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomاسas en la producción de biogás y biol. Determinar las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores.</p>	<p><b>Dependiente</b> Producción de biogás y biol</p>	<p>Características del producto final</p>	Biomasa seca y húmeda Volumen biogás Volumen biol	- mg/L m3/dia	
				Composición de biogás (%CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> O)	%	
				Macronutrientes presentes en biol	-	

## Anexo 2. Matriz de categorización apriorística

ÁMBITO TEMÁTICO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS/VARIABLES	SUBCATEGORÍAS
Revisión sistemática de los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años	A nivel de Latinoamérica, se menciona que la tecnología de biodigestores solo ha sido desarrollada en países como Cuba y Brasil. Sin embargo, en el Perú existe un deficiente desarrollo de estas técnicas, puesto que, se menciona que en nuestro país hasta 2012, solo se registraron 10 biodigestores construidos por programas del estado peruano, de los cuales solo 3 estaban operativos para el año 2015, es por eso que la investigación busca determinar los diseños que utilizan en para la producción de biogás en los últimos 5 años (Valverde 2019, p.1-148).	<p><b>General</b> ¿Cuáles son los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022?</p>	<p><b>General</b> Determinar los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol en los últimos 5 años, mediante la revisión sistemática 2022.</p>	<p><b>Independiente</b> Diseño de biodigestores</p>	Tipo de biodigestores
		<p><b>Específicas</b> ¿Cuáles son las diferencias entre los tipos de diseños de biodigestores para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol? ¿Cuáles son los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomásas en la</p>	<p><b>Específicas</b> Comparar los tipos de diseños de biodigestores para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol. Identificar los principales parámetros de funcionamiento a considerar en un diseño de biodigestor para el aprovechamiento de biomásas en la producción de biogás y biol.</p>	<p><b>Dependiente</b> Producción de biogás y biol</p>	Parámetros de funcionamiento
					Características del producto final

		producción de biogás y biol? ¿Cuáles son las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores?	Determinar las principales características de los productos finales derivados de los tipos de biodigestores		
--	--	---	---	--	--





FICHA DE REGISTRO DE DOCUMENTOS CIENTÍFICOS																			
Cod.	Título de documento	Referencia	Indicadores											Rendimiento del biodigestor					
			Tipo de biodigestor (Marcar)				Parámetros de funcionamiento				Tipo de biomasa		Características del producto final						Eficiencia (Volumen de producto/Kg de biomasa)
							pH	T° Biodigestor (°C)	T° Ambiente (°C)	Presión	Biomasa seca	Biomasa húmeda	Biogás			pH	Macronutrientes (mg/L)		
			Composición (%)			N							P	K					
			NH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>		Biogás	Biol											
			Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular													

  
 JENIFFER INGA ROJAS  
 Ingeniero Ambiental  
 CIP. N° 273773  
**Firma del experto**  
 CIP: 273773  
 DNI: 76208290  
 Teléfono: 910619765

  
 Wilfredo Tello Zevallos  
 C.I.P.: 110430  
 D.N.I.: 45571102  
 Teléfono: 945886998

  
  
 Wilfredo Pacheco  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP. N° 90140



003	Construcción de un biodigestor para la generación biol y biogás a partir de residuos orgánicos	(Escorcía y Ortiz, 2020, p. 5)	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		30 °C	25 °C									2.5m3/día	200 L/día
004	Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna	(Loaiza y Alarcón, 2020, p.7 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	8	23 °C	19 °C									0.00138 m3/día	
005	Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander	(Vega y Silva, 2020, p.11 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular			35 - 57 °C									9.92 m3/día	

2118.5d

006	Producción de biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Cajamarca	(Basauri y Terrones, 2018, p.11, 60 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.4 5	12. 53 °C										0.00001 2m3/día		1512.10
007	Estudio técnico-económico para producir biogás a partir de los residuos generados por el camal municipal de Tumán	(Rostagno et al., 2017, p.Pág. 95-131-131 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		30 °C		Residuos de camal								35.34 m3/día		1723.60

008	Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos de búfalos en el municipio de Rionegro, Santander	(Zamudio, 2021, p.10-75 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	6.95	15.1°C										Estiércol de bovino	30-45%							1.83m3 /día		
009	Propuesta de diseño de una planta de biodigestión para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos del relleno sanitario de Chilla	(Mamani y Pacco, 2021, p.15)	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular												Residuos domésticos								4.449 m3/día		
010	Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno	(Garavito, 2018, p.45 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.35	24.4°C										Estiércol vacuno								0.0087 m3/día		

011	Evaluación del estiércol, de cuy de la granja Montero y aguas residuales del camal municipal de Huánuco para la producción de biol mediante biodigestores del tipo semicontinuo	(Noreña, 2018, p.94 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		23.58 °C	24.1° C							6.93	8.78		6006.67	0.67m3/día			
012	Diseño de un biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío la Zanja - Cajamarca	(Hernández y Zapata, 2018, p.1-157 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		7.5													3.1m3/día		
013	Diseño de un biodigestor tipo manga para granja ubicada en la zona rural de USME	(Pulido Guerrero, Cristian Andrés; Vargas Río, 2021.)	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		7.6													2.7m3/día		

014	Diseño de un biodigestor para la generación de biogás y biol en la comunidad de Illagua	(Rochina, 2018, p.19 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular												Estiércol Bovino	7.1 – 7.28					62 1.6	66 1.2 6	29 61	1.084m 3/día		
015	Diseño de un biodigestor para mejorar la obtención de biogás y biol	(Taípe, 2018, p. 25)	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.9	25 °C	28 – 30 °C	0.7					7.4				Estiércol de Bovino									0.3156 m3/día	7 L/día
016	“Diseño e implementación de un biodigestor para la producción de biogás en una vivienda unifamiliar en el distrito de Chongos Bajo – Chupaca, realizado durante El año 2017	(Valverde, 2019, p.1-148 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular			8° C – 20 °C										Estiércol de cuy	21 - 41	0.5 - 8							2.00 m3/	

017	Propuesta de diseño de un biodigestor industrial de cachaza para la generación de energía eléctrica	(Castillo et al., 2021, p.2-7 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular			30° C - 60° C	30° C								5.43 m <sup>3</sup> /d		1.273.35
018	Desarrollo de un sistema de monitoreo para las variables de temperatura, presión y pH de un biodigestor anaeróbico	(Gómez, Regino y Jaramillo, 2022, p.22-26 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	6.8 - 7.5	30 - 35 °C		14.06 14										
019	Evaluación económica y financiera de la implementación de un biodigestor en un tambo de la cuenca lechera Santafesina	(Rostagno et al., 2017, p.Pág. 95-131-131 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	6 - 7,5	30 °C	25° C					520	90	340				25.467.09



020	Diseño de un biodigestor tubular para zonas rurales de la región Piura	(Saavedra et al., 2017, p.1-22 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7	15 - 20 °C	5 - 30 °C	10 kPa									Estiércol de porcino										0.3 m3			
021	Montaje y operación de un biodigestor a escala real en la Finca Campoalegre del municipio de Victoria	(Garzón, 2020, p.5-25 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	6	28 - 34 °C	25 °C	75 6,8 1 m m Hg									Estiércol de porcino													43.100
022	Implementación de biodigestores para el mejoramiento de la calidad de vida de las familias campesinas	(Pinzón, 2017, p.88-96 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	8.5												Estiércol de porcino	2.6	1.5	1.0	7.5									

023	Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa - Ecuador	(Osejos et al., 2018, p.15-25 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		30										42,768 m3	
024	Análisis de biomasa obtenidas en el sector rural, municipio de Sibate-Cundinamarca	(Prieto y Fajardo, 2017, p.2-8 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.9	28 - 30 °C					7.4					11m3	
025	Construcción de biodigestor para estimación de potencial energético a partir de bovinaza, finca "Las Delicias", Vereda Santa Barbara, Iquira - Huilla	(Cedeño, 2019, p.5-30 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.9	17 °C	0.02 psi									0.658 m3 /día	

026	Implementación de un biodigestor de estiércol bovino para la producción de gas de uso unifamiliar	(Mullo et al., 2018, p.2-10 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.3	28 °C	30° C			Estiércol de bovino		30 – 40%	1.0 %					1.05m 3/día	
027	Elaboración de un biodigestor de estiércol bovino para la transformación de biogás en energía eléctrica	(García y Ponce, 2020, p.32-35 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular		25 °C	30° C			Estiércol de bovino								3.08m 3/día	
028	Producción de biogás a partir de residuos a partir de residuos sólidos orgánicos, mediante el uso de biodigestor en escala de banco	(Carreño y Da Silva, 2018, p.4-11)	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.4	30 °C						43%							





034	Residuos orgánicos de truchas y estiércol de porcino para la obtención de biol en la mejora de la calidad de suelo, para el cultivo de Medicago Sativa L. en Oyón, 2017	(Delgado, 2017, p.9, 54 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.0 9	29 °C	38 °C							38 07	77 0.2	53 1.3 4		48L /día	1989
035	Propuesta de un biodigestor tubular de polietileno para producir biogás a partir de paja de arroz y agua del río Utcumamba en la ciudad de Bagua Grande - Amazonas, 2017	(Campos, 2017, p.10, 61 )	Continuo	Semicontinuo	Discontinuo	Tubular	7.0	35 °C	26, 97 °C										7,69m3		1.174.90









**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática de los diseños de biodigestores utilizados en la producción de biogás y biol de los últimos 5 años.

", cuyos autores son RIVEROS PAZ YELISSA YELENA, HUAYAPA QUISPE LOURDES LUCERO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 07 de Setiembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO <b>DNI:</b> 08447308 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 26- 09-2022 22:11:17

Código documento Trilce: TRI - 0427133