

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**AUTOR: Daza Calixto, Vrigdam Yoshi**

**ASESORA: Valdivia Martel, Perfecta Sofía**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2024**



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Contaminación Ambiental  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Biotecnología ambiental

**Disciplina:** Biotecnología ambiental

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

# D

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 77244080

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en:  
gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

### DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Biologo-microbiologo	21257549	0000-0001-5596-0445

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 25 del mes de julio del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el Jurado Calificador integrado por los docentes:


- Mg. Raul Cahahuanca Torres (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1612-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EFECTO DE LA CAPACIDAD FERMENTATIVA DEL CONTENIDO RUMIAL CON LACTOSUERO EN LA BIOMETANIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN REACTOR MODELO CASERO", presentado por el (la) Bach. DAZA CALIXTO, VRIGDAM YOSHI, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.


Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO..... Por MAYORÍA..... con el calificativo cuantitativo de 1.1..... y cualitativo de SUFICIENTE..... (Art. 47)

Siendo las 17:00 horas del día 25 del mes de JULIO del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Mg. Raul Cahahuanca Torres  
DNI: 22511841  
ORCID: 0000-0002-5671-1907  
Presidente

  
Mg. Frank Erick Camara Llanos  
DNI: 44287920  
ORCID: 0000-0001-9180-7405  
Secretario

  
Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva  
DNI: 21257549  
ORCID: 0000-0001-5596-0445  
Vocal

## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DAZA CALIXTO, VRIGDAM YOSHI, de la investigación titulada “Efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero”, con asesora VALDIVIA MARTEL, PERFECTA SOFÍA, designada mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1480-2023-D-FI-UDH del P.A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 16 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 04 de junio de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

# TURNITIN DAZA CALIXTO VRIGDAM YOSHI.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>distancia.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>spanish.walshmedicalmedia.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad de Huanuco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>dspace.ucuenca.edu.ec</b> Fuente de Interne	<b>&lt;1%</b>



**RICHARD J. SOLIS TOLEDO,**  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



**FERNANDO F. SILVERIO BRAVO**  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto de la vida.

A mis padres y hermanos, por ser en mi vida la mayor inspiración para seguir adelante.

A la señora Antonia Tolentino, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria así también a su hija Guadalupe Ferrer, por estar siempre conmigo en toda la etapa de mi vida universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi hermana Marivel Lucia, por ser ese ejemplo que me inculca a superarme en mi vida.

A mi familia, padres y hermanos por ser siempre mi familia y brindarme de su apoyo.

A la señora Antonia Tolentino, por hacer lo posible para nunca quedarme atrás.

A la Universidad de Huánuco, por darme la oportunidad necesaria para formarme profesionalmente.

A mis jurados y asesora, por guiarme y poder corregir los errores que presencie en mi proyecto.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCION .....	XI
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVOS .....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	20
2.2. BASES TEÓRICAS .....	22
2.2.1. CAPACIDAD FERMENTATIVA DEL RUMEN Y LACTOSUERO.....	22
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	45
2.3.1. CAPACIDAD FERMENTATIVA .....	45
2.3.2. BIOMETIZACIÓN.....	45
2.3.3. METANO (CH <sub>4</sub> ) .....	45

2.3.4. BIOL.....	45
2.3.5. BIOSOL .....	46
2.3.6. BIODIGESTOR.....	46
2.3.7. BIOMETIZACIÓN.....	46
2.3.8. LACTOSUERO .....	46
2.3.9. RUMEN.....	46
2.4. HIPÓTESIS .....	46
2.5. VARIABLES.....	47
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	47
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	47
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES) .....	47
CAPITULO III.....	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	49
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL) .....	49
3.1.1. ENFOQUE .....	50
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	50
3.1.3. DISEÑO .....	50
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	51
3.2.1. POBLACIÓN .....	51
3.2.2. MUESTRA .....	52
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	52
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	52
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	53
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	53
CAPÍTULO IV.....	54
RESULTADOS .....	54
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	54
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	58
4.2.1. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO .....	58
CAPITULO V.....	61
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	61
CONCLUSIONES .....	63

RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fermentaciones más comunes y los microorganismos implicados .	26
Tabla 2 Composición química del biogás.....	43
Tabla 3 Composición química del biol.....	44
Tabla 4 Variables e indicadores .....	47
Tabla 5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	52
Tabla 6 Descripción de los parámetros del sólido obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero .....	54
Tabla 7 Descripción de los parámetros del Biogás obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero .....	55
Tabla 8 Descripción de los parámetros del Lixiviado obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero .....	56
Tabla 9 Prueba de normalidad de los datos .....	57
Tabla 10 Prueba de hipótesis con ANOVA con un factor intra sujetos .....	58
Tabla 11 Prueba de hipótesis con t de Student para una muestra evaluada en la última medición del estudio (después de 45 días) .....	59
Tabla 12 Comparaciones de los efectos evaluados al finalizar el estudio a los 45 días.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición general del suero de leche .....	30
Figura 2 Procedimientos del suero de leche y productos obtenidos .....	31
Figura 3 Biodigestor modelo chino.....	37
Figura 4 Biodigestor taiwán .....	38
Figura 5 Biodigestor modelo bach .....	39
Figura 6 Biodigestor modelo tubular .....	40
Figura 7 Biodigestor modelo casero .....	41
Figura 8 Descripción de los parámetros del sólido obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero .....	54
Figura 9 Descripción grafica de los parámetros del biogás obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero .....	55
Figura 10 Descripción de los parámetros del lixiviado obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero .....	56

## RESUMEN

El presente estudio titulado “EFECTO DE LA CAPACIDAD FERMENTATIVA DEL CONTENIDO RUMIAL CON LACTOSUERO EN LA BIOMETANIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN UN REACTOR MODELO CASERO” tuvo como **objetivo** Determinar el efecto de la capacidad fermentativa del contenido ruminal con lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero. Es un estudio prospectivo, analítico, longitudinal, con intervención, cuantitativo y aplicativo. En la **metodología**, se cuenta con tres muestras del grupo control (GC) y tres grupos experimentales de tres muestras cada uno que serán evaluados en diferentes periodos de tiempo, el procedimiento consistió en utilizar 12 bandejas de medida 45.3cm x 34.8cm x 26cm, en los 12 bandejas se les añadió de 15 kg residuos orgánicos trozados en partículas menor a 1cm, 3 de ellas se les consideró grupo control (GC) y a los 9 restantes grupo experimental(GE), en cada muestra del grupo experimental se le añadió lactosuero con contenido ramial, y fue clasificados en 3 grupos A-B-C, cada grupo consistía de 3 muestras de GE y una muestra de GC, el grupo A se abrió para toma de parámetros a los 15 días al grupo B a los 30 días y al grupo C a los 45 días. En los **resultados** se demuestran que la capacidad fermentativa del rumen y lactosuero tienen efecto en la descomposición anaerobia de residuos sólidos orgánicos mediante un reactor modelo casero, respecto a los parámetros de masa, volumen y humedad de la unidad de estudio, es decir, hubo una diferencia significativa entre el grupo control y el grupo experimental, una disminución de masa en un 51.8%, del volumen en un 36.2% y de la humedad en un 13.9%. Se **concluye** La capacidad fermentativa del rumen con lactosuero tiene un efecto sobre la masa y volumen descompuestos en un reactor modelo casero, así mismo en la humedad de los residuos sólidos orgánicos sometidos al tratamiento.

**Palabras clave:** Efecto, capacidad, contenido, rumial, residuos, reactor.

## **ABSTRACT**

The present study entitled “EFFECT OF THE FERMENTATIVE CAPACITY OF THE RUMINAL CONTENT WITH WHEY ON THE BIOMETANIZATION OF ORGANIC SOLID WASTE IN A HOMEMADE MODEL REACTOR” aims to determine the effect of the fermentative capacity of the rumen content with whey on the biomethanization of organic solid waste. in a homemade model reactor. It is a prospective, analytical, longitudinal, intervention, quantitative and application study. In the methodology, there are three samples from the control group (CG) and three experimental groups of three samples each that will be evaluated in different periods of time, the procedure consisted of using 12 trays measuring 45.3cm x 34.8cm x 26cm, In the 12 trays, 15 kg of organic waste cut into particles smaller than 1cm was added. 3 of them were considered the control group (CG) and the remaining 9 were considered the experimental group (EG). Whey was added to each sample of the experimental group. with ramial content, and was classified into 3 groups A-B-C, each group consisted of 3 GE samples and one GC sample, group A was opened for parameter collection at 15 days, group B at 30 days and group C at 45 days. The results show that the fermentative capacity of the rumen and whey have an effect on the anaerobic decomposition of organic solid waste using a homemade model reactor, with respect to the parameters of mass, volume and humidity of the study unit, that is, there was a significant difference between the control group and the experimental group, a decrease in mass by 51.8%, volume by 36.2% and humidity by 13.9%. It is concluded that the fermentative capacity of the rumen with whey has an effect on the mass and volume decomposed in a homemade model reactor, as well as on the humidity of the organic solid waste subjected to treatment.

**Keywords:** Effect, capacity, content, ruminal, waste, reactor.

## INTRODUCCION

Somos testigos que existen diversos problemas ambientales que deterioran diariamente a nuestro planeta en la actualidad, uno de los problemas más graves es la excesiva generación de residuos sólidos orgánicos, esto es debido a la sobrepoblación y a la mala gestión de los mismos. Según la ONU (2020), Los residuos sólidos, son los desechos de mayor producción a nivel mundial generándose así un aproximado 11.200 millones de toneladas cada año de los cuales el 26.7% son residuos sólidos inorgánicos y 73.3% son los residuos sólidos orgánicos, este último es el causante del 11% de los GEI que atentan contra la capa atmosférica, los ríos y los suelos, todo esto es debido al mal manejo que se les da a estos tipos de residuos.

En el Perú existen 9 rellenos sanitarios donde se les da una disposición correcta a los a los residuos sólidos, sin embargo, diariamente se genera 23,166 toneladas de residuos de los cuales el 58.75% son residuos orgánicos y solo el 1% de se le da la correcta disposición y valorización en los 9 rellenos sanitarios. En Huánuco no se cuenta con ningún relleno sanitario más que botaderos autorizados por las municipalidades esto es debido a la falta de presupuesto y gestión de parte de las autoridades.

Existen técnicas de valorización de los residuos sólidos orgánicos entre ellos está la descomposición en reactores para generar compost, biol y biogás. Esta técnica se venía usando en algunos países para dar una correcta disposición de los residuos sólidos y de esa manera minimizar la emisión directa de los componentes.

Teniendo en cuenta el gran problema que provoca la excesiva generación de residuos sólidos orgánicos se pretende acelerar la descomposición de los mismos para ello, en este proyecto se plantea aplicar un método rápido de descomposición en biodigestores agregando microorganismos presentes en el contenido rumial y en el lactosuero ya que ellos se encargaran de descomponer al material orgánico en un tiempo menor a la descomposición natural.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El aire es un elemento evidentemente primordial para los humanos, sin embargo, lo aprovechamos e inconscientemente desperdiciamos el valor esencial de este recurso natural que a lo largo de los tiempos viene siendo fundamental para el desarrollo de los organismos vivos en el planeta.

La atmósfera es una cubierta gaseosa que de alguna manera posibilita la preservación de la vida humana en la tierra y está compuesta por una serie de capas gaseosas entre ellas la tropósfera que es una de las capas más delgadas y la más cercana a la superficie terrestre, lo que la hace vulnerable a contaminación producida por diversos gases tóxicos conocidos por sus iniciales G “gases” E “efecto” I “invernadero.

Debido a la exposición inmediata a la que se encuentra expuesto el recurso ante cualquier actividad contaminante, es importante que las sociedades tomen medidas al momento de generar gases contaminantes, ya sean medidas preventivas, mitigaciones, recuperaciones, entre otros que permitirán un desarrollo sostenible.

Como sabemos es imposible pensar que podemos desaparecer toda actividad económica contaminante, ya que el desarrollo de la economía es un pilar indispensable para el desarrollo de la humanidad, sin embargo, no podemos basar todo funcionamiento como sociedad en un eje netamente económico, ya que los recursos pueden terminarse, o perder la calidad y por lo tanto ya no generar crecimiento económico, veámoslo con un ejemplo, existe un país llamado Bangladesh, que resalta por ser un territorio muy contaminado, su principal fuente de polución es la industria ladrillera, industria que solo ha causado daños en la calidad del aire a la que están expuestos sus ciudadanos, y que no tiene consecuencias positivas en su desarrollo económico, ya que además es considerado también un país muy pobre, sin duda alguna un pésimo enfoque de lo que significa el verdadero desarrollo,

en donde las grandes industrias, una vez más parecen ser el verdugo de su creador.

Se necesita el enfoque de un desarrollo sostenible para preservar recursos como el aire, mediante el enfoque ambiental, realizando actividades industriales en la parte económica, pero que se logre encontrar un equilibrio entre ambos para que finalmente también se una al enfoque social, ya que de nada sirve tener un desarrollo económico prometedor, si se atenta contra el ambiente, en este caso con la idoneidad del aire, que posteriormente atentará ante la salud de la sociedad.

Como vemos la calidad del aire, también está ligado estrechamente a la salud, ya que respiramos lo que se encuentra en él, y un aire contaminado no hará más que destruir a las poblaciones que estén expuestos a él.

Los GEI más importantes que vienen causando el calentamiento global son: metano "CH<sub>4</sub>", vapor de agua "H<sub>2</sub>O", ozono "O<sub>3</sub>", óxido nitroso "N<sub>2</sub>O" y dióxido de carbono "CO<sub>2</sub>".

Las actividades generadoras de estos gases son: ganadería, agricultura, generación y uso de energía, industria, transporte, entre otros.

A nivel global existe un problema muy notorio de falta de un buen manejo de residuos sólidos, según el Banco Mundial (2018), se generó 2100 millones de tn (toneladas) de desechos de los cuales el 26.7% son residuos sólidos inorgánicos y 73.3% son los residuos sólidos orgánicos, este último es el causante del 11% de los GEI que atentan contra la capa atmosférica debido al mal manejo que se les da a estos tipos de residuos.

En el Perú la según el ministerio del ambiente (2019) se genera 21 mil toneladas de residuos sólidos diariamente siendo el 23.4% residuos sólidos inorgánicos y el 76.6% son residuos sólidos orgánicos de los cuales solo el 1.20% son sometidos a procesos de valorización.

En Huánuco, según el Ministerio del Ambiente los residuos sólidos generados son alrededor de 159 324 toneladas por año de los cuales el 73.7% son de residuos sólidos orgánicos y solo el 7% son sometidos a procesos de

valorización y los residuos que no tienen disposición específica son depositados en los botaderos controlados por las municipalidades.

De no tomar medidas de reaprovechamiento de los detritos orgánicos, este seguirá impactando en la calidad del aire de esta región, además es importante buscar varias alternativas para realizar el aprovechamiento, alternativas que se adapten a las necesidades de los habitantes.

Es importante generar alternativas también donde otros subproductos generados, puedan ser utilizados en otras actividades, como en la agricultura, con la finalidad de mitigar en cuanto sea posible el impacto negativo que ocasiona el manejo erróneo de estos detritos en el aire.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuáles son los parámetros físicos del sólido obtenido de la metanización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero?

¿Cuáles son los parámetros del Biogás obtenido de la metanización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero?

¿Cuáles son los parámetros del lixiviado obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero en la metanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Describir los parámetros del Biogás obtenido de la metanización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero

Describir los parámetros del Lixiviado obtenido de la metanización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La importancia del proyecto se basó en la disminución de la emisión directa del metano (CH<sub>4</sub>) y otros gases generados a partir de la degradación de los residuos sólidos orgánicos debido a las múltiples actividades que generan residuos orgánicos en la zona a realizarse el proyecto, debido a esa necesidad de una disposición adecuada de la excesiva oferta de residuos orgánicos es lo que motivó a la realización el aprovechamiento del material orgánico creando reactores para acelerar la descomposición del material orgánico, para que de esa manera sirva de antecedente para futuras investigaciones y de la misma manera sirva para el beneficio de la población de la zona de ejecución del proyecto.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Uno de los condicionamientos en la ejecución del estudio fue el alcance limitado ya que no se le pudo estudiar y realizar el respectivo tratamiento a todo material orgánico.

También es importante recalcar que existe una escasa información a nivel local respecto al tratamiento de residuos sólidos mediante biodigestores

en este caso el modelo casero ya que es un modelo poco reconocido en la industria tecnológica.

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La viabilidad principal por lo que se realizó la tesis es que existe gran producción de materia orgánica en el distrito donde se planeó realizar el proyecto y además se contó con los recursos necesarios para poder implementarlo, así como la accesibilidad al terreno donde se realizó la instalación del biodigestor.

Otro factor conveniente fue temperatura, ya que, al encontrarse en una zona de temperatura constante, adecuado para la rápida fermentación del material orgánico lo que favorable a la obtención del biogás y de la misma manera la biodegradación del material orgánico.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Arief, Endro & Maulia (2019) En su proyecto de investigación denominado proceso de compostaje de hojas y la influencia del contenido ruminal y la adición de salvado las hojas en el campus de la Universidad Diponegoro tuvo como **objetivo** poner en marcha un sistema de compostaje añadiendo rumen de ganado y salvado de arroz para acelerar el proceso. Como **metodología** se tuvieron tres muestras con diferentes se prepararon las composiciones (código de muestra: L, L-R y L-B). Muestra L solo contenía hojas, muestra L-R compuesta de hojas con contenido de rumen y la muestra L-B consistió en hojas con la adición de salvado de arroz. Los **resultados** indicaron que se alcanzó una temperatura máxima de 60,2°C en la muestra L-B, mientras que la temperatura del compost y L-R fue de aproximadamente 30°C. El pH más bajo fue 6.76 encontrado en la muestra L, con la muestra L-B y L-R con un pH de 6,7 y 6,9, respectivamente. La calidad de la madurez, finalmente se concluyó que el compost de todas las variaciones fue casi el mismo, pero el compost de la muestra LB produjo la relación C/N más alta de los tres compost, aproximadamente un 20 % más alta.

Suyatno Sedlacek (2021) en su investigación sobre el uso de los contenidos del rumen como bioactivadores para fermentación en estiércol de cabra fertilizante producción tuvieron como **objetivo** evaluar la calidad del fertilizante de estiércol caprino adicionado con rumen contenido. Para la **metodología** se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (CRD). Los porcentajes de los tratamientos de contenido ruminal del ganado, es decir, 0 %, 5 %, 10 % y 15 %. Las variables medidas fueron Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Carbono orgánico, relación C/N y contenido de humedad. Los **resultados** mostraron que la adición de contenido ruminal tuvo un efecto muy

significativo efecto ( $p < 0,01$ ) sobre C orgánico, P, N y C/N, pero no tuvo ( $p > 0.05$ ) sobre K y contenido de humedad. Los resultados mostraron que los mejores tratamientos fue la adición de 15 % rumen, que tenía N 1.59 %, P 0.15 %, K 0,72 %, C orgánico 30,60 %, C/N 19,24 % y humedad 45,86 %. Este contenido había cumplido con SNI 19–7030–2004 para fertilizante de estiércol de cabra. Se podría **concluir** que dar contenido ruminal podría aumentar N, P, K, C orgánicos y disminuir el C/N y el contenido de humedad.

Ortega, (2020) en su tesis, Diseño de un biodigestor anaerobio para la generación de biogás a partir de los desechos orgánicos generados en la Hacienda Rocon realizado en la Escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, tuvo como **objetivo** diseñar un reactor, con la intención de obtener biogás a partir de excretas de ganado vacuno. Se optó como **metodología** realizar un monitoreo de excretas de quince vacas por el tiempo de tres días de los cuales la obtención media de excretas es de siete kilogramos por unidad; por consiguiente teniendo en cuenta que la población estaba conformada por sesenta y un vacas, se obtuvo en kilogramos cuatrocientas veintisiete unidades de excretas por día, para demostrar la obtención del biogás se construyó un reactor de modelo donde se obtuvo como **resultado** el periodo temporal de generación fue de treinta y seis días, significativa a 0.63 litros por día, en temperatura media de 16 grados centígrados, la realización se llevó a cabo en un contenedor de cinco litros cuyas tres cuartas partes fueron llenadas de excretas y el resto de agua; el que fue monitoreado por cuarenta y cinco días, para comprobar la presencia del gas se realizó la prueba de la flama. Después de encontrar los datos de la experimentación, se procedió a calcular las dimensiones del reactor, con una altura de 962 cm, cuyos 664 cm se encontrarían en el subsuelo y el resto permaneciere fuera, con radio de 145 cm. Con carga de 655 kilogramos por día y generación de gas de 15.4 metros cúbicos. Se **concluyó** que el diseño del reactor debe realizarse una vez se tengan los datos, así mismo el reactor disminuirá el impacto ambiental de los detritos orgánicos.

## 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Meza & Ñahuinripa (2019) En su tesis Efecto de la temperatura y el caudal en la disminución de la materia orgánica en un biodigestor anaerobio, tuvieron como **objetivo** mostrar la eficiencia que tiene la temperatura y el caudal en la degradación del material orgánico en forma de DQO, en aguas residuales formadas con rumen de ganado; para comprobar en parte una alternativa para la disminución de la emisión directa de gases generados por actividades agropecuarias. En la **metodología** se consideró un diseño experimental de orden primero, básico diseño de tipo factorial con dos fases “2k”; lo cual permite la evaluación del efecto que ocasiona cada variable en un nivel de temperatura de 25 grados centígrados con Q= 5 litros por hora, otro nivel de temperatura de 35 grados centígrados con Q= 10 litros por hora. Como **resultado** se obtuvo 66.91% de DQO removido con una temperatura de 35 y Q de 5 como se mencionó anteriormente. Se **concluye** que hay un dominio positivo entre el caudal y la temperatura, en consecuencia, se puede observar la cantidad de material orgánico removido.

Díaz, (2018) en su tesis, Propuesta de implementación de un biodigestor para minimizar el consumo de gas licuado de petróleo en el proceso escaldado en la Empresa Frigorífico Industrial Valle Verde S.A.C, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, tuvo como **objetivo** implementar un biodigestor para disminuir la demanda de GLP en la actividad del escaldado, en la **metodología** se elaboró la línea base de la producción en la empresa, así como la admisión de los animales, el procedimiento del lavado, el beneficiado, la separación y el tratamiento final a las excretas generadas, el impacto ambiental del área de trabajo de matadero fue desarrollada en la Matriz de Leopold, en cuyas medidas de control se obtuvo como **resultado** la obtención de biogás, que se caracteriza por su contenido de CH<sub>4</sub>, que al ser separado del CO<sub>2</sub> puede ser una materia de reemplazo para otros combustibles, así mismo se obtienen otros productos denominados biosol y biol. Finalmente se **concluye** que al implementar el reactor esto genera una optimización de

los recursos para la empresa, que lo hace rentable no solo económicamente si no también ambientalmente. Y realiza la percepción de la institución por tratarse de un proyecto de base energética.

Shirakawa, (2019) en su tesis, Evaluación del método de ensilado de excretas de cerdo en la generación de biogás y biol mediante biodigestores, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, se tuvo como **objetivo** implementar un sistema de tratamiento de estiércol porcino del criadero de la Universidad Agraria La Molina, en la **metodología**, se consideró un procedimiento de ensilado con una alternativa de pretratamiento con reactores, con porcentajes de tres, cinco y ocho, en la obtención de biogás y también de biol en una escala piloto de laboratorio. En los **resultados** se hizo una comparación de los resultados de las concentraciones, demostrando que la concentración de tres y ocho por ciento producen menos metano y biogás que el de concentración de cinco por ciento, este demostró una mejor interacción de concentración de CH<sub>4</sub> en el biogás, con porcentaje de 53,8 y rendimiento de 45,3 mililitos por gramo. Se generó una cantidad de 1 384 litros en situación ambiental normal, alcanzando una media máx. de 45% de CH<sub>4</sub> en el biogás al día 49. En el intervalo de 39 días a 42 días, se obtuvo una productividad media de 45 mililitros de metano por gramo. Se observó que la retención en tiempo se halla en el intervalo de 32 días a 41 días, intervalo en donde la producción y formación es idónea. Se **concluyó** que el biosol, tiene un contenido adecuado para inocularse en cualquier tipo de cultivo, no obstante, existe una característica tóxica del mismo a causa del origen del material sometido al reactor. Debido a esto se debe diluir concentraciones de hasta 10% para no tener malos resultados en el cultivo, pero con concentración adecuada de 1%, además el biol funciona como un acompañante al riego para atender las falencias de nutrientes de nuestro cultivo.

### 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Falcón, (2019) en su tesis, Diseño de sistema productivo sostenible para la obtención de energía, abonos orgánicos y mejoramiento de agua

residual, en la granja Retama del Distrito de Huánuco, Universidad Hermilio Valdizan Huánuco, Perú. Tuvo por por objetivo diseñar un sistema de generación sustentable para obtener energía, abono orgánico y mejorar las aguas residuales del criadero “Retama” en el distrito de Hco. En la metodología se diseñó un reactor modelo tubular o taiwanés, además un pantano de tráfico sub superficial de forma acostada. El resultado para diseñar el reactor demostró que la producción es de 57.8 kilogramos de excretas de cuyes por día, con TRH y dilución de 1/3 (por cada parte de excreta, tres partes de agua, finalmente se considera un reactor de capacidad para 10 metros cúbicos, para la generación aprox. de 0.44 metros cúbicos de biogás por día, con aprovechamiento de cocción o de combustible. Se concluye que el diseño de sistema de reaprovechamiento sustentable energético, de abono orgánico y la mejora de aguas residuales, está constituido por un reactor de excremento de cuy y un pantano, lo que produce un recurso energético, abonos naturales, y agua con mejores características físico-químicas y microbiológicas.

Aldana & Viera (2018) en su proyecto de implementación de sistemas reactores para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por usuarios residenciales en la región Piura, El respectivo estudio tuvo por objetivo analizar la viabilidad de la construcción de un modelo de reactor para habitantes residenciales de la región Piura. Como metodología se consideraron tres puntos importantes, En primer punto, se evaluará la cantidad necesaria de desechos orgánicos que se genera en la residencia y tienen que ser necesarios para la implementación. En segundo punto, se analizará y se identificará el reactor apropiado para que los habitantes de la residencia puedan tener un manejo adecuado en la producción de energía limpia, del mismo modo la manipulación para producir biogás. Por último, se realizará el análisis correspondiente del método más económico de producción, analizando la diferencia con otras tecnologías comerciales. Los resultados revelan los beneficios de utilizar el gas metano como un energético recurso a nivel domiciliario y los subproductos se utilizarán en

la agricultura. De la misma manera resaltan los beneficios relacionados con fuente de energía renovable, a la misma vez inculcando un desarrollo sostenible. Finalmente se concluyó que la ejecución del proyecto es de un bajo costo de implementación con 21.52% de diferencia en comparación al invertir en un sistema tradicional.

Sánchez, (2019) en su tesis, Productos y subproductos de un proceso de biodigestión anaeróbica en un reactor de estructura cilíndrica, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco, Perú, en la investigación, se tuvo por objetivo la evaluación cualitativa y cuantitativa de los productos totales del proceso de biodigestion anaeróbica en un biodigestor de diseño cilíndrico de material orgánico proveniente de los desechos sólidos domésticos para la guía de un posterior proyecto de implementación y uso de fertilizantes.

En la metodología armó un biodigestor de forma cilíndrica discontinuo el cual está formado por tres capas internas divididas en diferente altura, la primera cámara sirvió para el almacenamiento y la pre digestión, la segunda cámara para la metanización y la tercera para descomposición acumulación, y evacuación de los resultados. cada uno de los tratamientos tuvo un peso inicial de 20 kg de desechos sólidos orgánicos en un transcurso de 20 días, se tuvo como resultados valores promedios de C/N 12.11 y 16.96 el biosol y biol, cuyos resultados son menores en comparación con el de 20 a 30 de C/N registrados para los fertilizantes líquidos y sólidos; Finalmente concluyó que El volumen de gas metano (CH<sub>4</sub>) producido por el proceso de digestión anaerobia es de 148 litros en condiciones ambientales y pesa alrededor de 0,077 kg.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CAPACIDAD FERMENTATIVA DEL RUMEN Y LACTOSUERO**

#### **2.2.1.1. FERMENTACIÓN**

Puerta (2010) indica que este fenómeno consiste en un proceso metabólico en el que actúan varios microorganismos, entre

ellos las levaduras que se encargan de realizar un procedimiento de transformación de una composición química orgánica, mayormente azúcar, y otros compuestos de origen orgánico más básicos como el ácido butírico, láctico o como el etanol.

Este proceso ha sido utilizado por el ser humano desde tiempos inmemorables, con el objetivo de salvaguardar la idoneidad de su alimento y la producción de nuevas bebidas y otros productos con características específicas como el sabor, textura y aroma, productos tales como el yogurt, el queso, la cerveza, el chocolate, el vino, el pan, entre otros.

Este procedimiento de preservación tiene otras aplicaciones, por ejemplo, en la medicina sirvió para desarrollar, medicamentos, antibióticos, combustibles y ácidos. También tiene aplicación industrial. (p. 01)

Por otra parte, Boronat y López (2010), sustentan que desde tiempos remotos es de conocimiento la capacidad transformadora de las bacterias y los hongos sobre la materia, estas propiedades han sido usadas por el hombre para la producción de cerveza, vino, queso o pan.

Los distintos tipos de levaduras, unidades eucariotas que pertenecen al reino fungi, son los organismos indispensables y de mayor demanda en aplicaciones industriales, en la producción de panes y otras especies de alimentos.

En conclusión, la actividad fermentativa o fermentación es un procedimiento catabólico, causante en determinados ambientes sin oxígeno o anaerobios de biodegradar los compuestos orgánicos. (p. 01).

### **a) Fermentación industrial**

La fermentación en el sector industrial consiste en un proceso que comienza con organismos microscópicos específicos y ambientes seleccionados, una condición señalada por ejemplo es el cuidado ajustado del porcentaje de nutrientes.

De la fermentación se puede obtener alcoholes, gliceroles y CO<sub>2</sub> cuando se trata de levaduras de una variedad de azúcar, y cuando se trata de bacterias, se puede generar alcoholes butílicos, acetonas, glutamatos mono sódicos, ácidos lácticos, ácidos acéticos; de la putrefacción de moho se puede obtener ácidos cítricos, glucónicos y en menor cantidad antibióticos y vitaminas B 12 y 2. El etanol obtenido de fermentar azúcares o almidón conlleva a la existencia de un combustible líquido biológico. (Britannica, 2021, p. 02).

### **b) Fermentación con ácido acético**

Los licores fuertes débiles pueden volverse amargos al exponerse al aire, esto puede deberse a la conversión del alcohol en ácido etanóico. El ácido etanóico es producido por el cambio químico de numerosos sustratos (resolución de almidón, soluciones de azúcar o alimentos alcohólicos como el vino o la sidra) con la bacteria *Acetobacter*. (Walsh Medical Media, Puntos destacados de la revista, s.f.)

### **c) Fermentación Alcohólica**

Tanto la fermentación alcohólica como la metástasis son procesos unitarios de fermentación anaeróbica que comienzan con el azúcar aldohexosa. La metástasis necesita once enzimas que degradan la aldohexosa a ácido carboxílico.

La fermentación alcohólica sigue una ruta de catalizador equivalente para los diez pasos principales. La última proteína de la metástasis, la deshidrogenasa de mamar, es sustituida por 2 enzimas en la fermentación alcohólica. Estas 2 enzimas, la enzima

piruvato y la deshidrogenasa alcohólica, convierten el ácido en dióxido y fermentan el alcohol en la fermentación alcohólica. (Walsh Medical Media, Puntos destacados de la revista, s.f.)

#### **d) Fermentación anaeróbica**

El compostaje mientras no sea el número atómico 8 conduce a la fermentación. Esto hace que los compuestos orgánicos se interrumpan por la acción de los organismos anaeróbicos vivos. Al igual que en el método aeróbico, estos organismos utilizan N, fósforo y otros nutrientes para desarrollar la sustancia viva de las células. Sin embargo, a diferencia de la descomposición aeróbica, esto reduce el N orgánico a ácidos orgánicos y amoníaco.

El carbono de los compuestos orgánicos se descarga principalmente como gas de parafina (CH<sub>4</sub>). Una pequeña porción de carbono también podría respirarse como dióxido de carbono. (Walsh Medical Media, Puntos destacados de la revista, s.f.)

#### **e) Principales microorganismos**

Voidarau, *et. al.* (2020) indican que las bacterias son los microorganismos dominantes no solo en la fermentación natural, sino también en aquellos ambientes que se fermentan con el uso de cultivos iniciadores. Entre las bacterias, las bacterias del ácido láctico (BAL) se encuentran más comúnmente en la producción de productos fermentados ácidos. Varias especies de hongos filamentosos se convierten en el vehículo de elección para producir microbiota esencial para la producción de alcohol, leche fermentada y quesos, y se usan comúnmente en Asia y Europa.

Por otra parte, las levaduras, hoy en día, la biotecnología de la levadura forma parte de sectores comercialmente importantes, incluidos los alimentos, las bebidas, los productos farmacéuticos y las enzimas industriales, entre otros. (p.06)

**Tabla 1**

*Fermentaciones más comunes y los microorganismos implicados*

<b>Tipo de Fermentación</b>	<b>Microorganismos involucrados</b>	<b>Comida/Medio ambiente</b>	<b>Principales productos finales</b>
Fermentación alcohólica	levaduras	Vino, cerveza, masa madre	$2 \text{ glucosa} \rightarrow 2 \text{ glicerol} + \text{ácido acético} + \text{etanol}$
Ácido láctico (homofermentación)	Bacterias del ácido láctico (Lactobacillus spp. etc.)	Productos lácteos, carnes fermentadas y verduras fermentadas, etc.	$\text{Glucosa} \rightarrow 2 \text{ ácido láctico} + 1 \text{ ATP}$ (EmdenMeyerhof-Parnas)
Ácido láctico (heterofermentación)	Bacterias del ácido láctico (Lactobacillus spp. etc.)		$\text{Azúcares de 5 y 6 carbonos} \rightarrow \text{ácido láctico} + \text{ácido acético} + \text{etanol} + 1 \text{ ATP}$
Ácido butírico	<i>Clostridium</i> spp., <i>Butyrivibrion</i> spp., <i>Bacillus</i> spp. y otros anaerobios	Sedimentos de marismas, sistemas de alcantarillado	$4 \text{ glucosa} \rightarrow 2 \text{ acetato} + 3 \text{ butirato} \rightarrow \text{ácido butírico, butanol, acetoina, isopropanol, acetato, etanol, 2,3-butadienol}$
Ácido mixto	Enterobacteriaceae ( <i>Escherichia</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., etc.)	Tracto digestivo humano y animal, agua dulce	$\text{Glucosa} \rightarrow \text{ácido acético, ácido fórmico, ácido láctico, ácido succínico, etanol}$
Ácido propiónico	<i>Propionibacterium</i> spp., <i>Veillonella</i> spp., <i>Bacteroides</i> spp., algunas <i>Clostridia</i> spp.	Productos lácteos	$\text{Glucosa, glicerol, lactato} \rightarrow \text{propionato, acetato,}$
Ácido acético	<i>Acetobacter</i> spp., <i>Gluconobacter</i> spp., <i>Bacillus subtilis</i>	Industria del ácido acético	$\text{Oxidación de azúcares, alcoholes de azúcar, etanol} \rightarrow \text{ácido acético}$

*Nota:* Alimentos fermentativos: microbiología, bioquímica, beneficios potenciales para la salud humana y problemas de salud pública

## **f) Los microorganismos ruminales Bacterias**

Castillo y Dominguez (2018) mencionan que las bacterias presentes en el rumen están distribuidas en trece esenciales filos, que componen cuarenta escalas bacterianas, un aproximado de

ochenta tipos de bacterias, con un mínimo de ciento ochenta castas de bacterias, trescientos veinte géneros y dos mil conformidades jerárquicas de bacterias efectivas.

La concentración bacteriana en el contenido ruminal está entre diez millones y diez billones de células por mililitro de unidad de rumen. La mayor presencia de filos son los de tipo Firmicutes y Bacteroidetes, con una concentración del setenta y cinco por ciento de toda la población de bacterias. La predominación de género viene de la clase Prevotella, con una concentración del veinte por ciento. (p.122)

#### **g) Protozoarios**

Así, según Castillo y Dominguez (2018), se estiman un valor mayor a veinte especies de protozoos, la densidad en el líquido es de un millón de células por mililitro. Aunque en género, existen menos que los existentes en bacterias, los protozoos tienen un mayor tamaño que los anteriormente mencionados lo que los constituye como el 50% de la masa biótica del rumen total.

Un género preponderante es Estodinium, le siguen otros como Metadinium, Polyplastron, Diploplastron, Epidinium, Diplodinium y Plyplastron. En la clasificación más del noventa por ciento son Litostomatea, con dos subdivisiones: Trichostomatia y Haptoria. La clase menor Trichostomatia perteneciente del género Entodinium, constituye entre el ochenta y nueve y noventa y uno por ciento del total de protozoos. (p. 123).

#### **h) Hongos**

Son diminutos cuerpos en forma de flagelos. Al inicio fueron clasificados de forma errónea como protozoos flagelados, sin embargo, posteriormente se determinó que eran fungi zoosporas que colonizaron las partes superficiales de los vegetales para generar un conjunto de hifas. Una razón por la que es difícil conocer su masa en el rumen es que los hongos aumentan el tiempo de estancia, pegándose a partes del alimento.

Hay cinco fundamentales filamentos, que encierran cincuenta y cinco tipos de hongos. Un género predominante es Ascomycota con una concentración de veintisiete por ciento, otros menores como Basidiomycota con una concentración de tres por ciento y finalmente Neocallimastigomycota con una concentración de uno por ciento. (Castillo y Dominguez, 2018, p.123).

#### **i) Arqueas**

La concentración de estos organismos no ha sido estimada de forma precisa, estudiando el material genético se encontró recientemente que la abundancia arqueal viene de un filo específico llamado Euryarchaeota, que conforma casi el cien por ciento del contenido en arqueas del rumen, aquí se encontraron diez tipos o géneros, del cual el más abundante es Methanobrevibacter con una concentración total de noventa y uno por ciento. (Castillo y Dominguez, 2018, p.124).

#### **j) Aceleradores del proceso de descomposición**

Según Gaind (2013) los aceleradores para la biodegradación en un ambiente controlado consisten en una mezcla única de mohos o levaduras mesófilos o termófilos o cultivos bacterianos que aceleran drásticamente el proceso de la mayoría de los materiales de desechos orgánicos y eliminan los malos olores durante la aplicación del procedimiento.

La selección de cepas microbianas es muy importante y depende del material a descomponer. Durante la biodegradación, esta es provocada por una serie de enzimas. Ningún cultivo individual posee todas las enzimas hidrolíticas necesarias en un nivel óptimo, por lo tanto, siempre se ha encontrado que el inóculo mixto es más efectivo para acelerar la degradación.

No obstante, las cepas presentes en el cultivo mixto deben ser compatibles entre sí y deben verificarse antes de la aplicación.

### **k) Hongos**

El inóculo microbiano de los géneros ampliamente estudiados son *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Phanerochaete* y *Pleurotus sajor caju*, Otros hongos mesófilos como *Aspergillus awamori*, *A. niger*, *A. nidulans*, *Trichoderma reesei*, *T. viride*, *Phanerochaete chrysosporium* pueden acelerar la descomposición de la hojarasca de arroz con alto contenido de sílice, o de trigo, rastrojo de mijo de perla y basura de bagazo. (Gaind, 2013).

### **l) Bacterias**

El inóculo bacteriano de los géneros ampliamente estudiados son *Azotobacter*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Chaetominum*, *Clostridium*, *Coprinus*, *Microbispora*, *Pseudomonas*, *Thermoactinomyces* y *Trichurus*. (Gaind, 2013)

### **m) Consideraciones**

De igual modo Gaind (2013) tienen en cuenta las siguientes consideraciones respecto al proceso de descomposición.

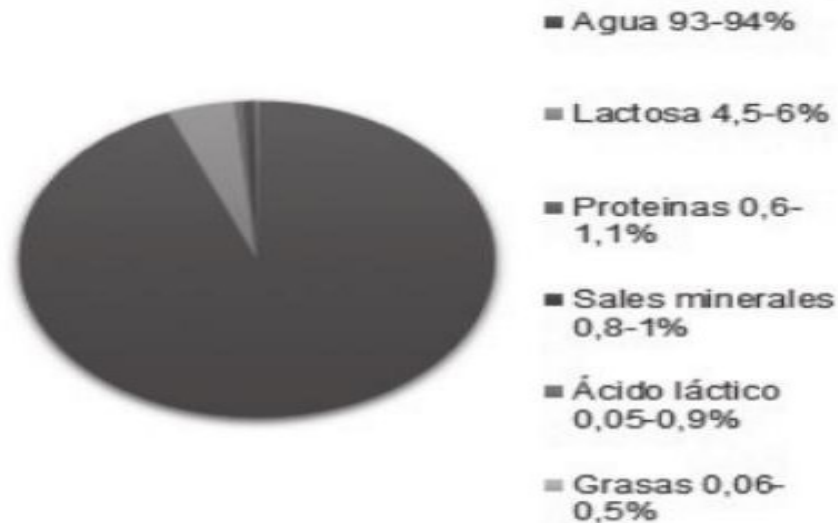
- Los inoculantes microbianos para la biodegradación son efectivos solo bajo condiciones apropiadas.
- Las materias primas orgánicas a descomponer deben tener una relación C: N y un contenido de humedad aceptables para soportar las actividades microbiológicas.
- Después de mezclar los materiales orgánicos, simplemente agregue al consorcio microbiano de cultivos cuidadosamente seleccionados a la biomasa, para acelerar el bioproceso.

### **n) Aplicaciones del suero de leche o lacto suero**

Fernández. et al, (2016), indican que el lacto suero o suero de leche, se trata de una materia capaz de someterse a un proceso de valorización por su composición de materia de provecho que puede

ser recobrado. Como se puede observar en la figura 1, se representa una parte de la composición del lacto suero: proteínas, ácido láctico, sales minerales, grasas y lactosa. (p.49)

**Figura 1**  
*Composición general del suero de leche*

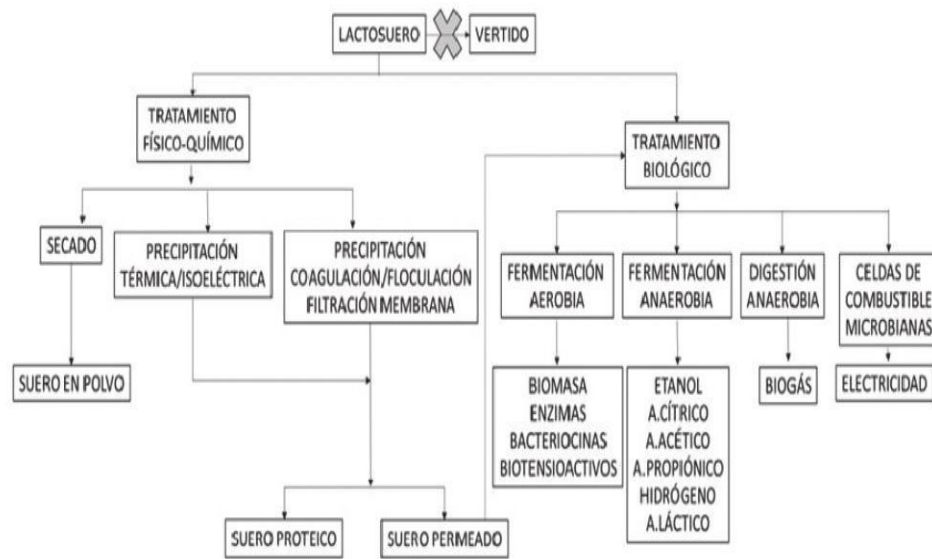


*Nota:* Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno.

Con la finalidad de la recuperación se ejecutan procedimientos químico-físicos y otros biológicos como se muestra en la figura 2. Después, otras opciones viables para su recuperación son generación de fertilizantes, restauración de compuestos de provecho, alimentación del hombre, valoración energética y alimentación de animales. De forma tradicional, el suero de leche, tiene como destino a fuente de alimentos de ganados, primordialmente de los porcinos. Acorde a su composición mayoritaria por agua, se recomienda su aplicación en secado de plantas con la objetividad de hacer más fácil su utilización y su transportación. De esta manera, gracias a la obtención del suero de leche en consistencia polvosa, posibilita la inserción en el alimento del animal. (Fernández. *et al*, 2016, p.49)

**Figura 2**

*Procedimientos del suero de leche y productos obtenidos*



Nota: Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno. (Fernández. et al, 2016)

### 2.2.1.2. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Hassan y Nelson (2012) sustentan que la lactosa, el sólido lácteo más abundante, generalmente sigue siendo un producto de desecho. Hobman (1984) reconoció este problema y describió la digestión anaeróbica para producir metano como un uso potencialmente rentable de la lactosa en el suero de leche desproteínizado.

Enumeró 11 estudios de laboratorio o a escala piloto que utilizaron suero de queso o suero de leche desproteínizado para la digestión anaeróbica. Aunque la cantidad de lactosa infravalorada está aumentando, la conversión de lactosa en metano mediante un proceso anaeróbico comercial es poco común. (p. 6188)

El tratamiento aeróbico y anaeróbico podrían ser opciones viables para las plantas lecheras. La digestión aeróbica se ha utilizado para tratar las aguas residuales municipales. En la fermentación aeróbica, los microorganismos crecen rápidamente y la mayor parte de la energía se utiliza para el crecimiento de células

bacterianas, no para la producción de biogás (Gough et al., 1987 ). Se requiere poca o ninguna dilución de residuos de alta concentración en el proceso anaeróbico.

Se requieren menos nutrientes y no se requiere oxígeno para la digestión anaeróbica. Si se usa metano para producir electricidad, el tratamiento anaeróbico de los desechos municipales da como resultado un balance energético neto positivo. (Hassan y Nelson, 2012, p. 6189)

### **2.2.1.3. BIOMETIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

#### **a) Biomasa**

La biomasa tiene relación con los elementos de origen orgánico dadas en un tratamiento o varios tratamientos biológicos, naturales o inducidos, para ser usado como puntos energéticos. Estos medios pueden agruparse de forma genérica en forestales y agrícolas

En apoyo Vega (2020), asegura que la masa biológica es un punto de obtención particular de energía en estado de renovabilidad que se sostiene en la descomposición automática o incitada de toda la tipología o cualquiera de ella que engloban los detritos orgánicos que tienen una procedencia veloz causada por los procesos biológicos y todo el material vegetal, que tiene causa a su vez directamente en la fotosíntesis, además del metabolismo de organismos que no generan su propio sustento (autótrofo), que no hayan ni tengas partículas contaminantes que signifiquen peligro.

#### **b) Residuos sólidos**

Según la Ley 1278 (2021), residuo arraigado es cualquiera objeto material de extracto o principio resultante del consumición o práctica de un bien o servicio, donde el dueño ya no le ve la utilidad

y quiere desechar, pasando esto a ser valorizado o tratado en un relleno sanitario.

Desechos consta los que están en fase solida o semisólida. Además, entre los desechos encontramos a líquidos así también a gases que están en los contenedores de desechos, cabe recalcar que los sobrantes o desechos líquidos, así como gases ya sea por su particularidad físicas o químicas no llegan a ser tratados conjuntamente con los otros, tampoco pueden ser dispuestos en el medio que nos rodea, merece un tratamiento especial.

Según la Ley 1501 (2021). Los desechos a lo que nos referimos anteriormente son manejados de acuerdo a los siguientes:

- Segregación en la fuente
- Barrido y la limpieza en los espacios públicos
- La recolección de manera seleccionada
- El transporte de estos desechos
- El almacenamiento adecuado
- La preparación o acondicionamiento
- Sacar beneficio o valorizar
- Realizar la transferencia
- El tratamiento adecuado de cada desecho
- Y por último la disposición final del mismo

### **c) Residuos sólidos orgánicos**

Rivera del Río, (2016). Conceptualiza que los materiales residuales que en alguna época tuvieron utilidad, donde conformaron parte de un ser vivo o fueron derivados de una transformación de combustibles. Donde encontramos.

#### **d) Valorización**

Se trata de diferentes tipos de tratamiento que tiene una finalidad con los desechos de reaprovechar y pueda servir como sustituto a otro material prima para producir algún producto, esta actividad ayudará a que el ambiente siga en buenos estados, además la salud pública se verá mejorado. Esta valoración se da de distintas maneras, ya sea energéticamente o material. (MINAM, 2017).

#### **e) Digestión anaerobia**

Crisolo, (2020), La descomposición anaeróbica, como también llamada biometanización, es un método de origen biológico que se produce donde no hay oxígeno, donde toda materia o sustancia orgánica se transforma, mediante la actividad de una gran familia de organismos imperceptibles o microscópicos metalogénicos, formando así una gran combinación de diferentes gases “biogás”, que contiene de forma preponderante CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y otros gases como HN<sub>3</sub> o amoníaco, ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).

### **2.2.1.4. FASES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA**

#### **a) Fase hidrolítica**

Esta fase es conocida como fase preliminar o fase inicial de la biometanización por la acción que realizan las enzimas fuera de la célula, se produce una degradación de las sustancias orgánicas en estado de complejidad (proteínas, componentes inorgánicos, hidratos de carbono y lípidos) a moléculas más fáciles de degradar y que puedan ser solubilizados (aminoácidos, ácidos grasos, compuestos inorgánicos y monosacáridos), (Peñaranda, 2019).

#### **b) Fase ácido génica**

En esta fase, los compuestos que resultaron de la fase hidrolítica se convierten gracias a las bacterias y los

microorganismos fermentativos hidrolíticos en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, ácido acético, H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. (Peñaranda, 2019).

### **c) Fase acetogénica**

En la siguiente fase, los compuestos que salieron de la fase acidogénica se convierten por la interacción de las bacterias acetogénicas en ácido acético e hidrolíticas. También en esta fase intervienen los grupos de la acetogénesis generadores de hidrógeno atmosférico, que desglosan los compuestos aromáticos y los AGV en acetato. (Peñaranda, 2019).

### **d) Fase metalogénica**

En la fase de metalogénica interviene el dióxido de carbono, hidrógeno y ácido acético, y se presentan en el ambiente de los organismos metalogénicos, que seguidamente transforman el ácido metanóico a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>). (Peñaranda, 2019).

### **e) Codigestión anaerobia**

La codigestión anaeróbica es un método o procedimiento donde dos o más sustancias diferentes se unen para brindar un mejor beneficio al biogás para la mejor cooperación del medio de digestión para la mejor provisión de nutrientes faltantes en la descomposición de los detritos orgánicos mediante un método anaeróbico. (Peñaranda, 2019).

### **f) Factores importantes para la metanización**

Según Toala, (2013) los factores fundamentales para producir metano en un reactor son las siguientes:

- Uno de los factores primordiales es la temperatura, un promedio de 30° a 35°C aproximadamente
- Un pH significativamente neutro

- El reactor debe de estar herméticamente sellado para facilitar la digestión anaerobia
- El biodigestor debe tener una base regularmente uniforme.
- El nivel de humedad debe de mantenerse por encima del 80%
- El material introducido debe de estar completamente mezclado sin partículas grandes
- Debe de existir un equilibrio entre el carbono y nitrógeno

### **g) Biodigestores**

Un biodigestor es un depósito sellado impenetrablemente donde al introducir materiales orgánicos y agua se generará gases como el metano, dióxidos de carbono y entre otros gases, Esta resistente tecnología está permitiendo satisfacer distintas necesidades siendo así mismo una alternativa para la descomposición de los residuos orgánicos y disminuyendo al mismo tiempo la contaminación del suelo, agua y aire por la deposición inadecuada de los detritos orgánicos. (Acosta y Muñoz, 2020)

### **h) Modelo de biodigestores**

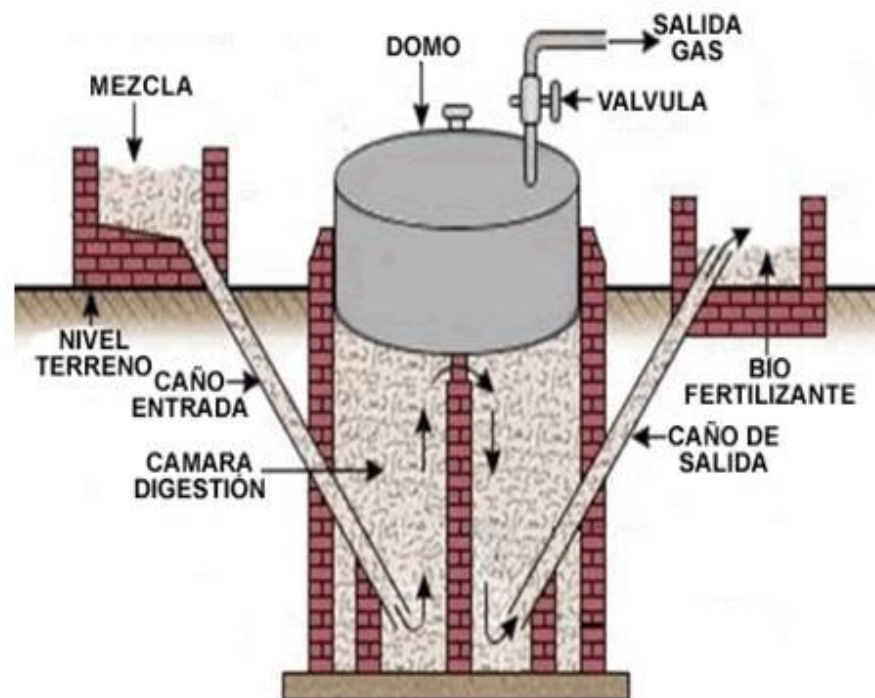
Existen diferentes modelos de biodigestores o reactores si se trata de para un proyecto para generar biogás, sin embargo, no todos son eficientes ante cualquier condición climática por ello es necesario hacer un estudio tanto del biodigestor y del lugar para proceder al armado de un reactor.

### **i) Biodigestor de modelo chino**

Son estructuras cilíndricas con una base y un techo en forma de un domo, se construyen de un material de concreto o ladrillos totalmente enterrados, como se representa en la figura 3. El biodigestor chino tiene un tubo de carga el cual lleva a los desechos

al mismo centro del digestor, además tiene una válvula de salida de gas por la parte superior del tanque, al lado contrario del tubo de ingreso tiene una tubería de salida que sirve para el desfogue del material orgánico. (Peñaranda, 2019).

**Figura 3**  
*Biodigestor modelo chino*

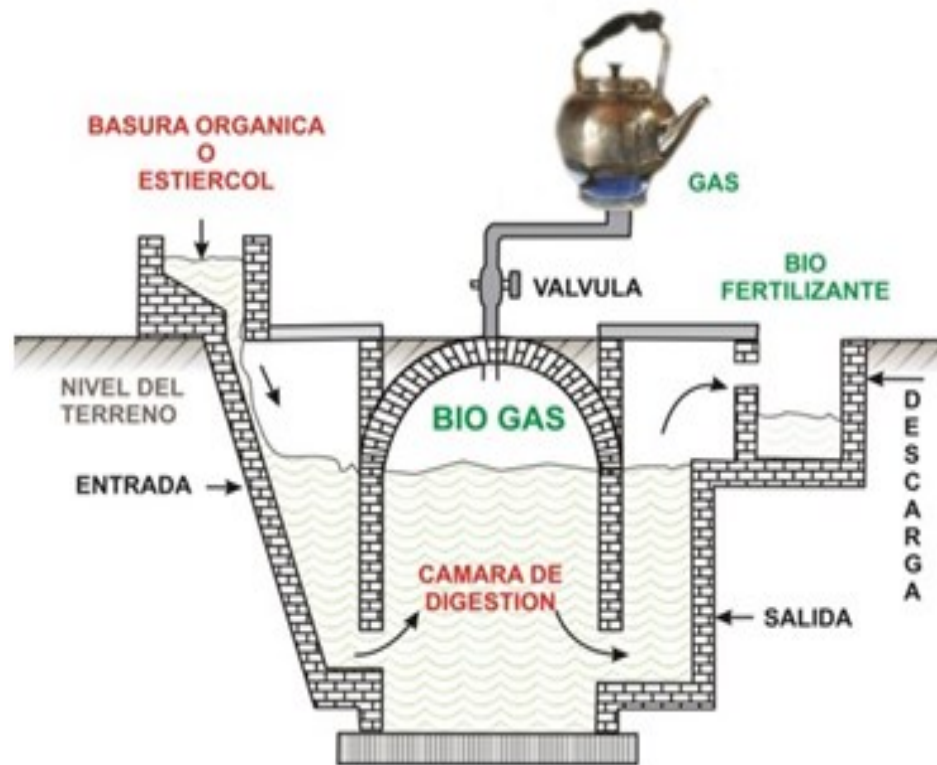


Nota: El biodigestor modelo chino tiene tuberías que ingresan al tanque de fermentación teniendo una bomba de concentración en la parte superior

#### **j) Biodigestor de modelo Taiwán**

Los biodigestores modelo taiwanés son estructuras que generalmente van enterrados tienen una forma vertical construida con ladrillos y cemento a diferencia del modelo chino estos biodigestores no tienen una forma de domo y tienen una entrada por gravedad, como se observa en la figura 4. Cuenta con un sistema que consiste en un tubo de ingreso por gravedad una válvula de salida para gas y tubo para la salida de material sólido y biol y un gasómetro para medir la presión. (Peñaranda, 2019).

**Figura 4**  
*Biodigestor taiwán*



*Nota:* El biodigestor modelo Taiwan tiene una estructura generalmente de ladrillos quemados es posible que no se encuentre uno que use tuberías de PVC a diferencia del chino esta tiene una conexión directa para la salida del biogás.

#### **k) Biodigestor de modelo Bach**

El biodigestor Bach es prácticamente un almacén que generalmente tiene un sistema de funcionamiento discontinuo, son depósitos herméticos que consiste en una línea de tanques uno después de otro conectados entre ellos cada uno con diferente función cuenta con una tapa que sirve para entrada y salida una vez cargada el depósito no se descarga hasta obtener el producto y seguidamente descargarlo, cuenta también con una tubería para la descarga del gas y un gasómetro flotante, como se puede observar en la figura 5. (Peñaranda, 2019).

**Figura 5**  
*Biodigestor modelo bach*

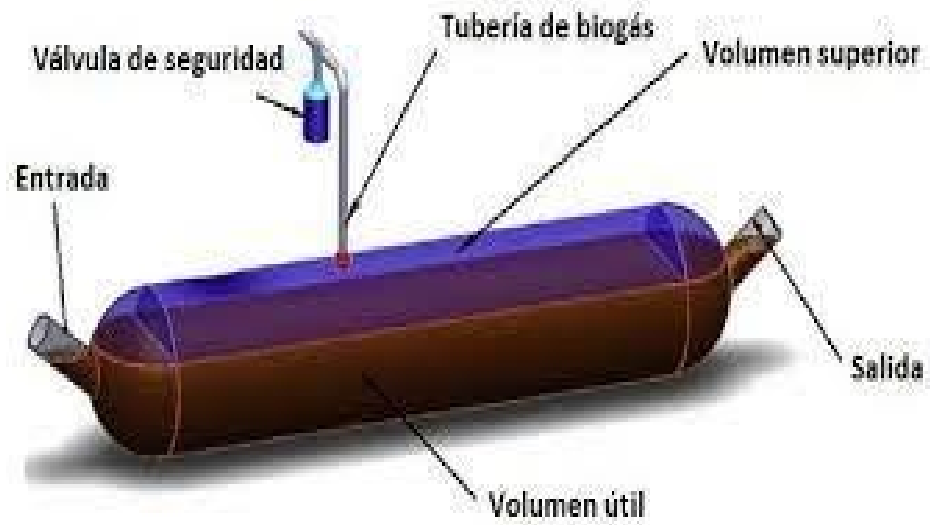


Nota: El biodigestor modelo Bach es una estructura enterrada bajo 2 a 3 metros de profundidad con tapas herméticas que no permiten la salida del biogás.

### **I) Biodigestor de modelo tubular**

El biodigestor modelo tubular es un sistema más común y las más usadas para la obtención de biogás en base a excretas de ganado. Se compone por una bolsa bicapa de polietileno PBC y tubos para la entrada y salida con una válvula para la generación de gas en la zona superior del biodigestor y una válvula de seguridad para controlar la presión del gas como se observa en la figura 6. Se alimenta para un setenta y cinco por ciento del volumen de biomasa a fermentar y el veinticinco por ciento el espacio para la obtención del biogás. (Peñaranda, 2019).

**Figura 6**  
*Biodigestor modelo tubular*

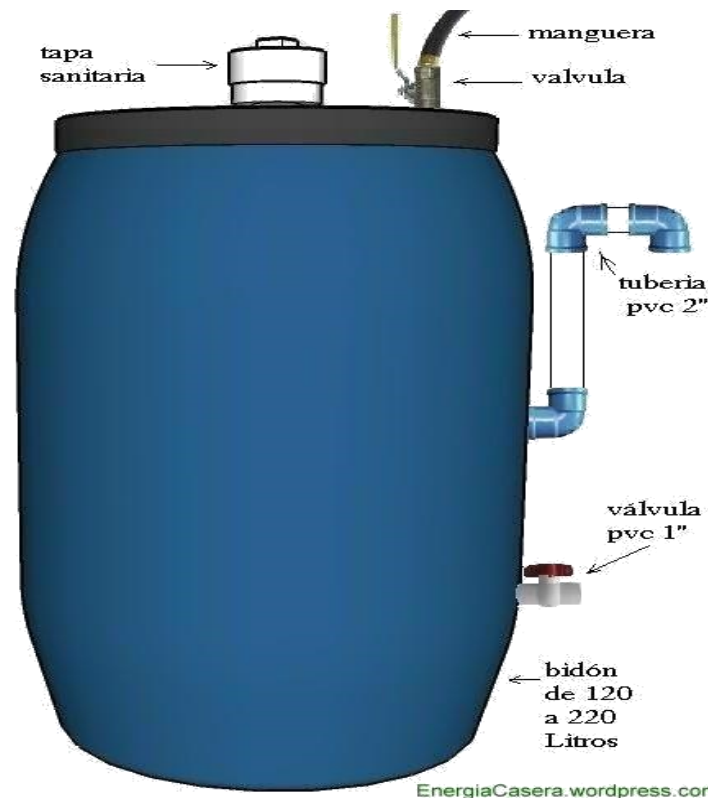


*Nota:* El biodigestor modelo Tubular es un modelo muy clásico que actualmente se viene usando muy seguido debido a su bajo costo, consiste en una bolsa de hermética de geomembrana con dos tubos de PVC que ingresan y sale.

#### **m) Biodigestor de modelo casero**

El biodigestor modelo casero es un sistema común y las más usada para la obtención de biogás en base a detritos orgánicos, generalmente se construye para el abastecimiento de biogás a las familias de menor número esto debido a su tamaño a su bajo costo de su preparación. Este biodigestor consiste en un tanque de PBC sellada herméticamente con un tubo de 2 pulgadas para la entrada de los residuos sólidos y una válvula para la salida del gas en la parte superior del biodigestor y una válvula de seguridad para controlar la presión y con un tubo también para la salida del material solido como se observa en la figura 8. Se alimenta para un setenta y cinco por ciento del volumen de biomasa a fermentar y el veinticinco por ciento el espacio para la obtención del biogás. (Peñaranda, 2019).

**Figura 7**  
*Biodigestor modelo casero*



*Nota:* El biodigestor modelo casero generalmente se viene usando en las viviendas de ello su nombre que actualmente se viene usando muy seguido debido a su bajo costo, consiste en una bomba cerrada a presión con dos tubos de PVC que ingresan y sale, Manual de biodigestores (2017)

#### **n) Tipos de biodigestores Biodigestores de tipo continuo**

El Biodigestor de tipo continuo consiste en que el tiempo de la carga viene a ser paralela con la el tiempo de la descarga mientras la producción mientras se desarrolla una producción uniforme de biogás. (Peñaranda, 2019).

#### **o) Biodigestores de tipo Semicontinuo**

El biodigestor de tipo semi continuo consiste en que se introduce una cierta cantidad de carga para agregar periódicamente cantidades nuevas de carga, como indique el tiempo de retención o estancamiento hidráulico (TRH) y una vez alcanzada la capacidad registrada de carga del biodigestor proceder a la descarga. (Peñaranda, 2019).

#### **p) Biodigestores de tipo Discontinuo**

El biodigestor de tipo discontinuo consiste en un llenado total del nivel registrado de carga, luego esperar el tiempo de producción y cosecha para posteriormente proceder a la descarga y así poder cargar nuevamente. (Peñaranda, 2019).

#### **q) Importancia de los biodigestores**

Los detritos orgánicos al someterse a procesos en una cámara de biodegradación son desintegrados de manera que el tiempo normal del proceso se acelera, obteniéndose de este método biogás y fertilizante, lo que no permite la exposición del gas CH<sub>4</sub> metano al ambiente, esto debido a que este gas es uno de los GEI. (Vega, 2020)

Entonces, es ahí donde abarca la importancia de los biodigestores ya que sin ellas no podríamos convertir al residuo orgánico en energía limpia, los biodigestores cumplen un papel muy importante en todo proceso de descomposición anaerobia. (Vega, 2020)

#### **r) Biogás**

Según Vega, (2020), El biogás define como mezcla de gases producidas a partir de la descomposición de material orgánico que consiste sobre todo en CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, metanos y dióxido de carbono respectivamente, pero también contiene varios gases en menor cantidad y también componentes impuros.

La calidad del biogás variará dependiendo de la materia prima a descomponer y del método de descomposición a la que se le somete. Y un dato importante a tener en cuenta es cuando composición de metano en el biogás supera el 45%, viene a ser un gas inflamable.

### s) Composición química del biogás

Según Aldana (2017). en el manual para la instalación, operación y utilización, refiere que el biogás lo constituye una mezcla de gases y su composición dependerá de tipo de residuos orgánicos que se utilizaran para su producción y de las condiciones ambientales en la que se procesan.

**Tabla 2**  
*Composición química del biogás*

Componentes	Formula química	%
Metano	CH <sub>4</sub>	60-70
Gas carbónico	CO <sub>2</sub>	30-40
Hidrogeno	H <sub>2</sub>	1.0
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxigeno	O <sub>2</sub>	0.1
Ácido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	0.1

*Nota:* instituto de investigaciones eléctricas, México.

### t) Características energéticas del biogás

Las características del biogás generalmente se deben a la existencia del gas metano como un excelente combustible principal y también del hidrógeno en menor cantidad.

El biogás tiene una capacidad térmica incluso mayor que la capacidad térmica del gas natural. Un biocombustible con concentración de CH<sub>4</sub> del sesenta por ciento, posee un poder calórico de aprox. 5,5 kilocalorías. O sea, descartando su concentración de ácido sulfhídrico, puede considerarse un biocombustible idóneo. En la siguiente figura se indican algunos equivalentes. (Toala ,2013)

## u) Bioabono

Vega (2020) en su investigación, indica que el bioabono, es el resultado de un proceso de descomposición anaeróbica de los residuos sólidos y esto depende al tipo de tecnología a la que le somete para dichos procesos. En el proceso de descomposición, la mayor parte del compuesto orgánico se transforma en gas metano, de modo que el material orgánico resulta ser menor volumen porque la gran mayoría de este fue sometido a mineralización, por eso mayormente o de forma normal el amoniaco aumenta y el nitrógeno orgánico en estado sólido disminuye.

**Tabla 3**  
*Composición química del biol*

<b>Componente</b>	<b>Biol proveniente de heces (%)</b>
Solidos totales	5-6
Materia orgánica	38.0
Fibra	20.0
Nitrógeno	1.6
Fosforo	0.2
Potasio	1.5
Calcio	0.2
Azufre	0.2
Nitrógeno amoniacal	0.3

*Nota:* La composición química del bioabono obtenidos como subproductos.

## v) Generación de electricidad o combinación de calor y electricidad

FAO (2019) Los procesos mezclados de calor más electricidad utilizan la energía producida por el material reactante y la reacción reciclada que se produce. Algunos procesos mezclados producen generalmente calor y no necesariamente la electricidad por ser un producto secundario. Otros procesos generalmente producen electricidad y el calor captadose usa generalmente para el funcionamiento del proceso. Sin embargo, se aumenta la productividad del proceso en torno al biogás sólo para generar energía eléctrica o calor.

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **2.3.1. CAPACIDAD FERMENTATIVA**

La capacidad fermentativa es un proceso de tratamientos térmicos que se requiere al momento de descomponer materia orgánica, sin esa capacidad no existiría una descomposición. Esa capacidad es la que brinda las poblaciones microbianas presentes en todo proceso de descomposición.

### **2.3.2. BIOMETIZACIÓN**

La biometización es un proceso biológico que se da en ausencia de oxígeno y mediante varios pasos que involucran poblaciones microbianas heterogéneas, permite que la fracción de materia orgánica más fácilmente biodegradables se convierta en biogás, una mezcla gaseosa que consiste principalmente en metano, dióxido de carbono y en menor medida otros gases como el vapor de agua, CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S.

### **2.3.3. METANO (CH<sub>4</sub>)**

El metano es un tipo de gas producido a través de un proceso de fermentación anaeróbico de cualquier materia orgánica también son producidos en humedales, pantanos en estiércol de animales

Sin embargo, estos son vertidos directamente al medio ambiente y causando así acumulación de gases en la atmosfera como el metano y dióxido de carbono. (Greenfacts, 2020)

### **2.3.4. BIOL**

El biol es un abono líquido producido como sub producto de una biodigestión, también conocida como lixiviado, es producto de la descomposición anaeróbica y aeróbica dependiendo el caso de los de los residuos sólidos. (Sacha, 2019)

### **2.3.5. BIOSOL**

El Biosol o biosolido es el resultado de retirar la parte sólida de la líquida en un proceso de descomposición es generalmente es conocida como compost en este caso siendo el resultado de la fermentación anaeróbica dentro do Biodigestor. (Sacha, 2019)

### **2.3.6. BIODIGESTOR**

Es un tanque sellado herméticamente donde ocurre un proceso de digestión anaeróbico con la finalidad de producir biogas y abono a partir de material orgánico. (ECOTEC, 2017)

### **2.3.7. BIOMETIZACIÓN**

La biometanización es un proceso de descomposición que se produce en un medio oxígeno, generalmente ocurre en biodigestores donde intervienen un gran número de organismos microbianas, convirtiendo a la materia orgánica más persistente en biogás, principalmente en metano y dióxido de carbono. (Sacha, 2019)

### **2.3.8. LACTOSUERO**

El lactosuero es uno de los subproductos que generalmente sale de la producción de quesos, que tiene alrededor del 55% del total de composición como las proteínas, grasas y minerales. (Vega, 2020)

### **2.3.9. RUMEN**

El rumen es una masa particulada de material vegetal producida en uno de los compartimientos del estómago de los animales rumiantes donde se almacena una gran cantidad de microorganismos, generalmente protozoos y bacterias, que tienen la propiedad de fermentar el material orgánico. (Vega, 2020)

## **2.4. HIPÓTESIS**

La capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero tiene efecto en la biometización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero

## 2.5. VARIABLES

### 2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Biometanización de los residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero.

### 2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Capacidad fermentativa

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero

**Tabla 4**  
*Variables e indicadores*

<b>Variable independiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor Final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Capacidad fermentativa	Fermentadores	Rumen	-
		Lactosuero	Nominal dicotómica
		Grupo control	
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>de Tipo de variable</b>
Biometanización de los residuos sólidos orgánicos	<b>Sólidos</b>		
	• Masa	• kg	Numérica continua
	• Volumen	• m <sup>3</sup>	Numérica continua
	• Acidez	• pH	Numérica continua
	• Temperatura	• °C	Numérica continua
Variables de caracterización	<b>Biogás</b>		
	• Temperatura	• PSI	Numérica continua
	• Volumen	• °C	Numérica continua

---

<b>Lixiviado</b>	• M3	Numérica continua
• Volumen		
• Acidez	• Lt	Numérica continua
• Temperatura	• pH	Numérica continua
	• °C	Numérica continua

---

*Nota:* Variables e indicadores que se tomarán en cuenta en el transcurso de la ejecución del proyecto.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN (REFERENCIAL)**

Para Supo y Zacarías (2020), existen tipos de investigación clasificados por criterios. El primer criterio, Según la planificación de las mediciones, se divide en dos, un tipo retrospectivo, en el cual el tesista no realiza la recolección de datos y otro tipo prospectivo, en el cual el tesista recolecta la información necesaria para la ejecución de su proyecto. Esta investigación es del tipo prospectivo.

El segundo criterio, Según el número de variables analíticas, se divide en descriptivo, cuando se cuenta con una variable analítica, y Analítico, cuando se cuenta con más de una variable analítica, en este caso, el proyecto de investigación se encuentra dentro del tipo de investigación analítica, ya que se consideran variable dependiente y variable independiente para el desarrollo del trabajo.

El tercer criterio, como indica la cantidad de medidas de la variable en estudio, se divide en Transversales, cuando hay una sola medida de la variable de interés, y Longitudinales cuando existe más de una medición de la variable de estudio. El presente proyecto es del tipo longitudinal ya que se realizará más de una medición una en el grupo experimental con rumen y lactosuero y otra en el grupo control.

El cuarto criterio, Según la intervención del investigador, está dividido en, con intervención, cuando el investigador interviene ante la ocurrencia de un fenómeno, para dar una alternativa de solución y sin intervención, cuando el investigador solo observa la ocurrencia de ese fenómeno, o de la realidad. El trabajo de investigación pertenece al tipo, Con intervención, ya que el tesista demostrará el efecto de la variable independiente frente a la variable dependiente mediante un experimento.

### **3.1.1. ENFOQUE**

Para Mata (2019), el enfoque hace referencia al principio de la investigación, que está dividida en cualitativa, cuantitativa y mixta. El enfoque engloba el desarrollo investigativo, en todas sus fases, desde la descripción del tema, la exposición del problema, la metodología, la recolección y análisis de datos.

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se hará uso de herramientas estadísticas para su desarrollo, así como para la demostración de la hipótesis.

### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Los niveles de investigación cuantitativa son, exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo. (Hernández, et al., 2014, p. 90).

Esta afirmación es discutida por Zacarías y Supo (2020), quienes a esta clasificación agregan el nivel aplicativo. El presente trabajo se clasifica en el nivel explicativo, ya que se determinará el efecto de la variable independiente mediante la experimentación.

### **3.1.3. DISEÑO**

Según Supo y Zacarías (2020), el diseño de una investigación científica se clasifica en, Pre experimento, cuando solo se realiza la observación de los grupos experimentales, Cuasi Experimento, cuando solo se cuenta con un grupo experimental, al cual se observará, se intervendrá y se observará por segunda vez luego de la intervención y experimento verdadero, en el cual se cuenta con más de un grupo experimental, en los cuales al igual que en cuasi experimental se realizarán dos observaciones, una pre intervención y otra post intervención, o también se puede contar con un grupo experimental de control en la cual no se intervenga pero sí se observe en dos etapas.

Este trabajo de investigación es de tipo experimento verdadero, ya que se tuvo un grupo experimental con intervención y observaciones pre

y post intervención y un grupo control sin intervención, pero con observaciones paralelas a la del grupo experimental.

GE1: X<sub>1</sub> -----O<sub>1</sub>----- O<sub>2</sub> -----O<sub>3</sub>

GE2: X<sub>1</sub> -----O<sub>1</sub>----- O<sub>2</sub> -----O<sub>3</sub>

GE3: X<sub>1</sub> -----O<sub>1</sub>----- O<sub>2</sub> -----O<sub>3</sub>

GC1: O<sub>0</sub> ----O<sub>1</sub>-----O<sub>2</sub>----- O<sub>3</sub>

GE1: Grupo experimental con Rumen y Lactosuero.

GE2: Grupo experimental con Rumen y Lactosuero.

GE3: Grupo experimental con Rumen y Lactosuero.

GC1: Grupo Control sin Rumen y Lactosuero

O<sub>0</sub>: Observación inicial al grupo control.

X<sub>1</sub>: Intervención inicial con rumen y lactosuero.

O<sub>1</sub>: Observación y toma de parámetros en 15 días

O<sub>2</sub>: Observación y toma de parámetros en 30 días

O<sub>3</sub>: Observación y toma de parámetros en 45 días

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población de la presente investigación fueron los desechos sólidos orgánicos (frutas, vegetales y material seco) generados por la población del distrito de Amarilis, provincia de Huánuco y departamento de Huánuco dicha ubicación encuentra ubicada en las coordenadas UTM (WGS84) Zona: 18-S Este: 3639340.20 Norte: 8896985.31. El estudio se realizará en los meses de julio hasta octubre del 2022

### 3.2.2. MUESTRA

La muestra del trabajo de investigación fue 240 kg de residuos sólidos orgánicos para 12 reactores de capacidad de 20 kg cada uno.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

**Tabla 5**  
*Técnicas e Instrumentos de recolección de datos*

VARIABLE	INDICADORES	TECNICAS	INSTRUMENTOS O RECURSOS
Capacidad fermentativa	Fermentadores		
	<b>Sólidos</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa</li> <li>• Volumen</li> <li>• Acidez</li> <li>• Temperatura</li> </ul>	Observación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza</li> <li>• Recipiente graduado</li> <li>• pHmetro</li> <li>• termómetro</li> </ul>
	<b>Biogás</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Volumen</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barómetro</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Recipiente graduado</li> </ul>
	<b>lixiviado</b>		
Sub productos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen</li> <li>• Acidez</li> <li>• Temperatura</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipiente graduado</li> <li>• pHmetro</li> <li>• Termómetro</li> </ul>

*Nota:* Variables e indicadores que se medirán en los productos y subproductos y los instrumentos que se usará.

### **3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

Para la interpretación y discusión de resultados, así como para las conclusiones del trabajo de investigación, se hizo uso de tablas y gráficos obtenidos del análisis estadístico, también la narrativa de la redacción científica será empleada para interpretar dichos datos.

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Se hizo uso del programa estadístico IBM SPSS de la versión 024, que será de utilidad para el análisis de datos, creación de tablas y gráficos mediante medidas de resumen, tales como: medidas de preferencia central y también las medidas de separación. También se emplearán procedimientos estadísticos para contrastar la hipótesis alterna, como pruebas de normalidad y aplicación del estadístico indicado para el análisis de datos según corresponda.

# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS

### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

**Tabla 6**

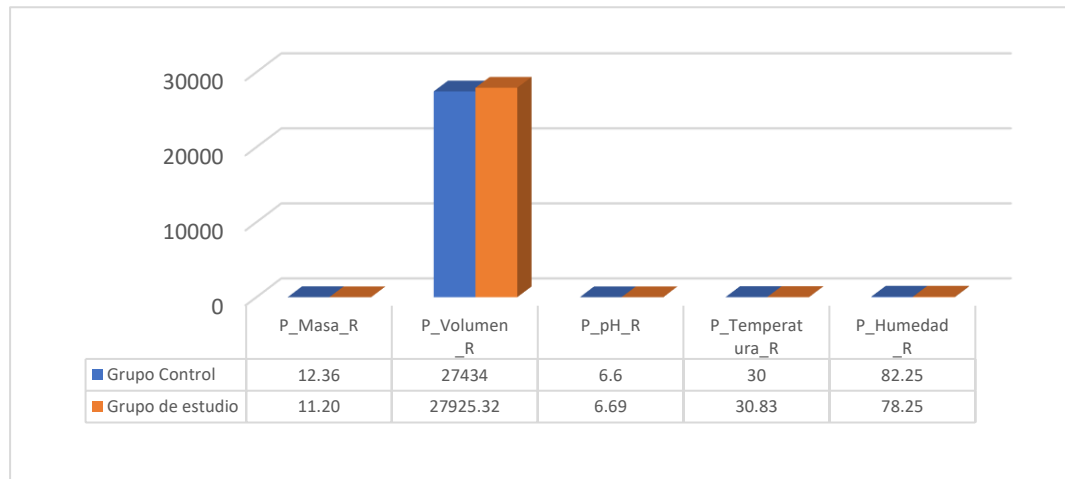
*Descripción de los parámetros del sólido obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero*

Parámetros del sólido	Grupo Control		Grupo de estudio		
	Media	Media	Error estándar de la media	Límite inferior	Límite superior
P_Masa_R	<b>12.36</b>	<b>11.20</b>	0.08	11.04	11.35
P_Volumen_R	<b>27434</b>	<b>27925.32</b>	403.87	27133.74	28716.90
P_pH_R	6.6	6.69	0.04	6.61	6.78
P_Temperatura_R	30	30.83	0.17	30.51	31.16
P_Humedad_R	82.25	78.25	0.76	76.75	79.75

*Nota.* Datos obtenidos en el campo

**Figura 8**

*Descripción de los parámetros del sólido obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero*



*Nota.* Se aprecia gráficamente que los valores del grupo control son semejantes a los valores de los parámetros del grupo de estudio.

**Tabla 7**

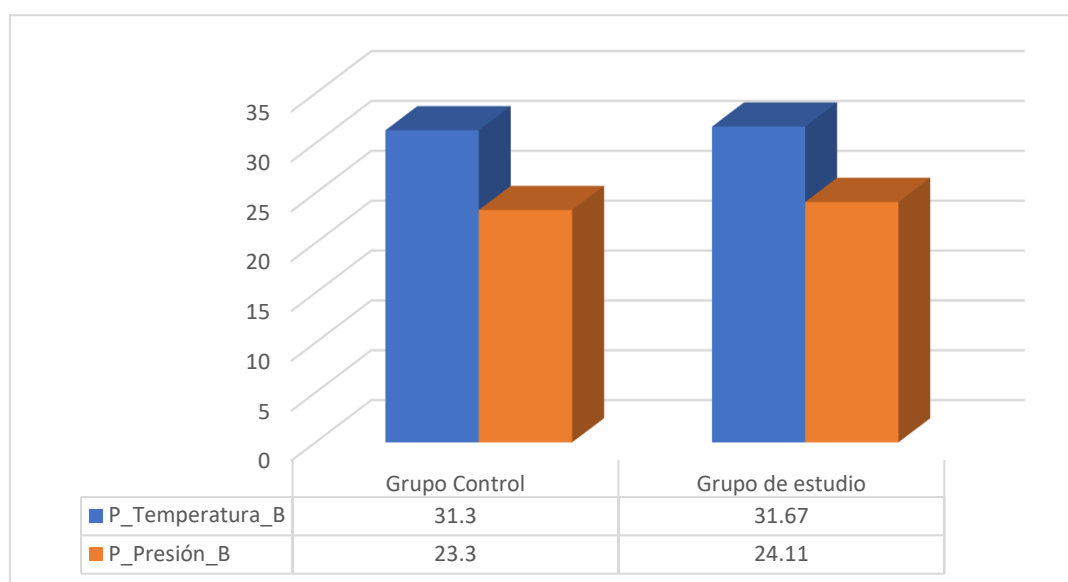
*Descripción de los parámetros del Biogás obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero*

Parámetros del biogás	Grupo Control		Grupo de estudio		
	Media	Media	Error estándar de la media	Límite inferior	Límite superior
P_Temperatura_B	31.3	31.67	0.19	31.29	32.04
P_Presión_B	<b>23.3</b>	<b>24.11</b>	0.22	23.68	24.55

*Nota.* Datos obtenidos en el campo

**Figura 9**

*Descripción grafica de los parámetros del biogás obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero*



*Nota.* En la temperatura y la presión evaluadas en el grupo de estudio, gráficamente se aprecia un valor superior con respecto al grupo control.

**Tabla 8**

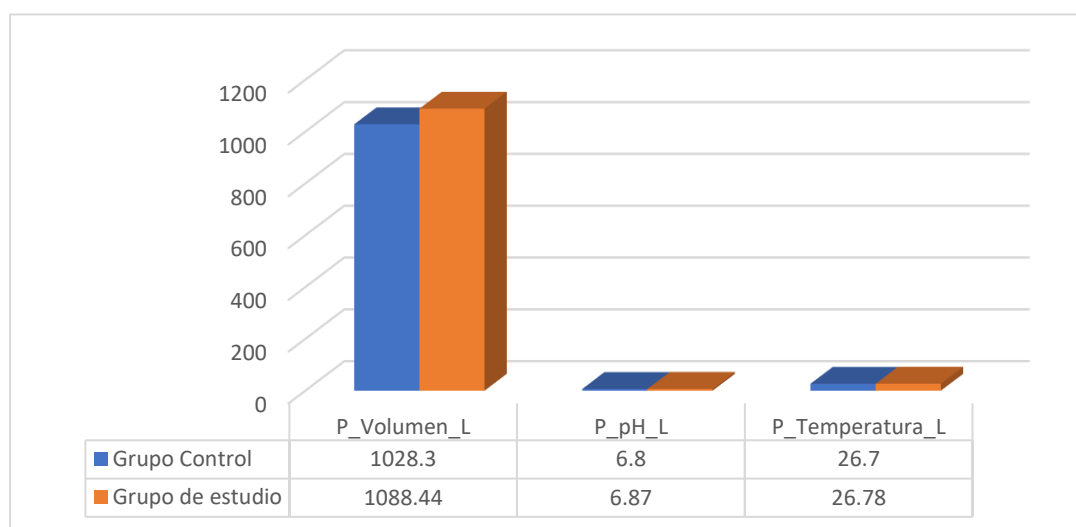
*Descripción de los parámetros del Lixiviado obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero*

Parámetros del lixiviado	Grupo Control		Grupo de estudio		
	Media	Media	Error estándar de la media	Límite inferior	Límite superior
P_Volumen_L	<b>1028.3</b>	<b>1088.44</b>	5.06	1078.53	1098.36
P_pH_L	6.8	6.87	0.15	6.58	7.15
P_Temperatura_L	26.7	26.78	0.22	26.34	27.21

*Nota.* Datos obtenidos en el campo

**Figura 10**

*Descripción de los parámetros del lixiviado obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con rumen y lactosuero en un reactor modelo casero*



*Nota.* En cada uno de los parámetros evaluados en los lixiviados (volumen, pH y Temperatura), en el grupo de estudio, gráficamente estos valores son superiores a los hallados en el grupo control.

**Tabla 9**  
*Prueba de normalidad de los datos*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	o			o		
P_Masa_R	,222	3	.	,985	3	<b>0,768</b>
P_Volumen_R	,215	3	.	,989	3	<b>0,798</b>
P_pH_R	,253	3	.	,964	3	<b>0,637</b>
P_Temperatura_R	,385	3	.	,750	3	<b>0,000</b>
P_Humedad_R	,314	3	.	,893	3	<b>0,363</b>
P_Temperatura_B	,175	3	.	1,000	3	<b>1,000</b>
P_Presión_B	,385	3	.	,750	3	<b>0,000</b>
P_Volumen_L	,378	3	.	,766	3	<b>0,036</b>
P_Temperatura_L	,385	3	.	,750	3	<b>0,000</b>
P_pH_L	,219	3	.	,987	3	<b>0,780</b>

*Nota.* La prueba que se considera por el tamaño de muestra es la de Shapiro-Wilk

Los valores de significancia en los indicadores que superan el 5% (0.05) se consideran que presentan normalidad. Por los antecedentes en otros estudios se sabe que indicadores como la temperatura, la presión y el volumen si presentan normalidad, por lo que es pertinente el uso de procedimientos paramétricos para el análisis de los datos. Para este caso es necesario usar el ANOVA (Análisis de la Varianza) con un factor intra sujetos y t de Student para una muestra.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

H1: La capacidad fermentativa del rumen y lactosuero tienen efecto en la descomposición anaerobia de residuos sólidos orgánicos mediante un reactor modelo casero

H0: La capacidad fermentativa del rumen y lactosuero no tienen efecto en la descomposición anaerobia de residuos sólidos orgánicos mediante un reactor modelo casero

Para completar el desarrollo de la hipótesis del estudio se hace necesario realizar análisis previos para identificar si existe diferencia en las cuatro mediciones realizadas

**Tabla 10**  
*Prueba de hipótesis con ANOVA con un factor intra sujetos*

Pruebas multivariante con la Traza de Pillai					
	Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Masa_R	1,000	721581,44	2,000	1,000	0,001
Volumen_R	1,000	34257,399	2,000	1,000	0,004
pH_R	,997	168,250	2,000	1,000	0,054
Temperatura_R	,966	14,313	2,000	1,000	0,184
Humedad_R	,987	36,878	2,000	1,000	0,116
Temperatura_B	,867	3,250	2,000	1,000	0,365
Presión_B	,998	283,000	2,000	1,000	0,042
Volumen_L	,999	1332,250	1,000	2,000	0,001
pH_L	,996	120,333	2,000	1,000	0,064
Temperatura_L	,667	1,000	2,000	1,000	0,577

*Nota.* Pruebas realizadas para los indicadores en los residuos, biol y lixiviados.

La prueba estadística nos indica que existen cambios significativos con el transcurso del tiempo, en las medidas realizadas en los indicadores de la masa y el volumen en los residuos, la presión y el volumen en el biol y el volumen en los lixiviados.

**Tabla 11**  
Prueba de hipótesis con *t* de Student para una muestra evaluada en la última medición del estudio (después de 45 días)

	t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia		Media	Valor de prueba
				Inferior	Superior		
Masa_R	-34.08	2	<b>0.001</b>	-2.99	-2.32	7.23	9.89
Volumen_R	-4.377	2	<b>0.048</b>	-	-22.78	21602.48	22937.20
				2646.66			
pH_R	3.500	2	0.073	-0.05	0.52	7.03	6.80
Temperatura_R	4.000	2	0.057	-0.10	2.77	30.33	29.00
Humedad_R	-6.928	2	<b>0.020</b>	-12.97	-3.03	70.00	78.00
Temperatura_B	5.000	2	<b>0.038</b>	0.23	3.10	30.67	29.00
Presión_B	2.000	2	0.184	-0.77	2.10	27.67	27.00
Volumen_L	17.486	2	<b>0.003</b>	63.83	105.50	1844.70	1760.00
pH_L	0.286	2	0.802	-0.94	1.07	6.67	6.60
Temperatura_L	5.000	2	<b>0.038</b>	0.23	3.10	26.70	25.00

*Nota.* Pruebas realizadas para los indicadores en los residuos, biol y lixiviados.

La prueba indica que, en el valor final de medición, a los 45 días del experimento, los valores obtenidos en el grupo de estudio difieren del grupo control en los indicadores de la masa, volumen y humedad en los residuos, asimismo, existe diferencia en el indicador de la temperatura del biol y diferencia en los indicadores del volumen y la temperatura en los lixiviados. En los demás indicadores no existe diferencia significativa entre los resultados del estudio con respecto al grupo control.

**Tabla 12***Comparaciones de los efectos evaluados al finalizar el estudio a los 45 días*

Indicador	Pre test	Post Test	Interpretación
Masa_R	15.00	7.23	Hubo una reducción de la masa de 51.8%
Volumen_R	33893.46	21602.48	Hubo una reducción del volumen de 36.2%
pH_R	6.30	7.03	Es semejante a los valores del grupo control
Temperatura_R	27.33	30.33	Es semejante a los valores del grupo control
Humedad_R	81.33	70.00	Hubo una reducción de la humedad de 13.9%
Temperatura_B	31.33	30.67	Hubo una reducción de la temperatura de 2.1%
Presión_B	19.33	27.67	Es semejante a los valores del grupo control
Volumen_L	467.00	1844.67	Hubo un incremento del volumen de 295.0%
pH_L	6.70	6.67	Es semejante a los valores del grupo control
Temperatura_L	27.00	26.67	Es semejante a los valores del grupo control

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

De acuerdo al objetivo principal: Determinar el efecto de la capacidad fermentativa del rumen con lactosuero en la biometización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero, los resultados demuestran que la capacidad fermentativa del rumen y lactosuero tienen efecto en la descomposición anaerobia de residuos sólidos orgánicos mediante un reactor modelo casero, respecto a los parámetros de masa, volumen y humedad de la unidad de estudio, es decir, hubo una diferencia significativa entre el grupo control y el grupo experimental, una disminución de masa en un 51.8%, del volumen en un 36.2% y de la humedad en un 13.9%.

Estos resultados se complementan con los antecedentes, Arief Endro y Maulia (2019), que concluyeron en su estudio que el compost con adición de contenido ruminal presenta características similares respecto al compost sin este contenido, lo que apoya la viabilidad de esta investigación, ya que la calidad del compost no se vería afectada si es que se utilizan estos microorganismos eficientes, y que respaldado en nuestros resultados el proceso de descomposición sería más rápido.

Así mismo, Suyatno Sedlacek (2021), concluyeron en su investigación que el contenido ruminal, aumenta ciertos nutrientes en el abono final, estos, específicamente N, P, K y C. Estos resultados, también complementan los resultados de la presente investigación, ya que cuentan con un enfoque más agronómico, direccionado en la calidad del abono, sin embargo, el presente estudio, está enfocado en la optimización del proceso de descomposición.

De acuerdo al objetivo específico: Describir los parámetros del Biogás obtenido de la biometización de residuos sólidos orgánicos del rumen con lactosuero en un reactor modelo casero, los resultados presentaron que el parámetro de la temperatura en el Biogás fue diferente, obtuvo una reducción significativa del 2.1% a comparación del grupo control, y el parámetro de la presión fue similar en ambos grupos, lo que demuestra que en la obtención

del producto "biogas" la actividad microbiana del grupo experimental no interviene en la presión del biocombustible.

De acuerdo al objetivo específico: Describir los parámetros del Lixiviado obtenido de la biometización de residuos sólidos orgánicos del rumen con lactosuero en un reactor modelo casero, los resultados presentaron que el parámetro del volumen de los lixiviados tuvo una variación significativa respecto al grupo control, un incremento del 295%, lo que puede estar relacionado directamente con la actividad microbiana. Respecto a los otros parámetros del lixiviado; pH y temperatura, no se ha encontrado diferencia significativa.

## CONCLUSIONES

- La capacidad fermentativa del rumen con lactosuero tiene un efecto sobre la masa y volumen descompuestos en un reactor modelo casero, así mismo en la humedad de los residuos sólidos orgánicos sometidos al tratamiento.
- La capacidad fermentativa del rumen con lactosuero no tiene un efecto sobre el pH y la temperatura de los residuos sólidos orgánicos sometidos al tratamiento en el reactor modelo casero.
- La capacidad fermentativa del rumen con lactosuero tiene un efecto sobre la temperatura del subproducto biogás, más no sobre la presión de este mismo.
- La capacidad fermentativa del rumen con lactosuero tiene un efecto sobre el volumen del subproducto lixiviados, más no sobre el pH y la temperatura de este mismo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios con diferentes dosis de aplicación del tratamiento planteado para identificar el método ideal para mejores resultados.
- Se recomienda controlar el proceso de biometanización con diversas prácticas, recomendadas en manuales autorizados, para evitar la alteración de resultados.
- Se recomienda a las Municipalidades incluir este método de valorización de residuos sólidos orgánicos mediante reactores, para aprovechar subproductos como el biogás y el biol.
- Se recomienda a la Universidad de Huánuco, implementar los laboratorios necesarios para evaluar la calidad de suelos (abono) y caracterizar subproductos, como el biogás y los lixiviados.
- Se recomienda tomar de referencia los resultados presentados en el presente estudio, tomando en cuenta factores meteorológicos y climáticos propios de la ciudad de Huánuco.
- Se recomienda desarrollar estudios similares que afronten la problemática abordada en la presente investigación, la generación excesiva de residuos sólidos orgánicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta J. & Muñoz L. (2020). Implementación de un biodigestor para la obtención de biogas a partir de los excrementos de animales de granja ubicada en el cantón salcedo [tesis, universidad técnica de Cotopaxi]. Repositorio de la universidad técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6834>
- Aldana M. (2017). Proyecto de implementación de sistemas biodigestores para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por usuarios residenciales en la región Piura, Universidad de Piura- Perú <https://n9.cl/go6df>
- Arief B., Endro S. & Maulia F. (2019). Proceso de compostaje de hojas y la influencia del contenido ruminal y la adición de salvado de arroz. Departamento de Ingeniería Ambiental, Universitas Diponegoro, JL. PROF.H. SOARDARTO, S.H. <https://openknowledge.fao.org/items/915b73d0-4fd8-41ca-9dff-5f0b678b786e/full>
- Banco Mundial (2018): en su informe “Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes” p.2 <https://www.redalyc.org/journal/3442/344271354013/html/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20la%20Organizaci%C3%B3n%20de%20las,urgentes%20%5B1%2C%202%5D>.
- Boronat y López (2010, noviembre). El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria. EUREKA. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92017185010.pdf>
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2021, 16 de noviembre). Fermentación
- Carbajal. (1983). Cinemática y Dinámica grado 10º de educación media.
- Castillo, E. L. & Domínguez M. O., (2018, 6 de marzo). Factores que afectan la composición microbiana ruminal y métodos para determinar el

rendimiento de la proteína microbiana. Revisión.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v10n1/2448-6698-rmcp-10-01120.pdf>

Cinemática y Dinámica grado 10° de educación media.

Crisolo K. (2020). Técnicas de aprovechamiento de residuos orgánicos como alternativa de uso sostenible. Universidad Autónoma del Sur- Lima, Perú.

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1540/TB-Crisolo%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Díaz, W. (2017). Propuesta de implementación de un biodigestor para minimizar el consumo de gas licuado de petróleo en el proceso escaldado en la empresa Frigorífico industrial Valle Verde S.A.C. [Tesis, Universidad Privada Del Norte]. Repositorio de la universidad Privada Del Norte. <https://n9.cl/iq7g>

Eco eventos. (24 de marzo de 2021). Obtenido de energía casera: <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero/>

ECOTEC. (09 de agosto de 2017). Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/biodigestores-2>

Enciclopedia Britannica.  
<https://www.britannica.com/science/fermentation>

Falcón, V. (2016). Diseño de sistema productivo sostenible para la obtención de energía, abonos orgánicos y mejoramiento de agua residual, en la granja Retama del distrito de Huánuco [Tesis, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1723>

FAO. (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de [fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf](http://fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf)

- Fernández C., Martínez J., Moran A. & Gomez X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno. DOI: 10.18273/revisión.v29n1-2016004
- Gaind (2013). Aceleradores para el compostaje. <https://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Accelerators-ForComposting-2986.html>
- Greenfacts. (2020). facts on healt and the environment. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metano.htm#:~:text=El%20metano%20es%20un%20gas,como%20gas%20de%20efecto%20invernadero.>
- Hassan A. N. & Nelson B. K., (2012, noviembre). Revisión invitada: Fermentación anaeróbica de aguas residuales de alimentos lácteos. Revista de ciencia láctea. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5732>.
- Hernández S., Autor, Fernández C., Autor, Baptista L. Editor, Rocha M. (ed.). (2014). Metodología de la Investigación. (6ª ed.). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- IMD. (2019). Universidad Nacional de Cuyo. <https://www.uncuyo.edu.ar/prensa/mas-de-mil-litros-de-residuos-organicos-compostados-en-un-proyecto-de-la-uncuyo>
- Ley 1278 de 2021. Decreto legislativo que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. 10 de mayo de 2021. <https://cutt.ly/wb7rKVu>
- Ley 1501 de 2021. Decreto legislativo que modifica el decreto legislativo n° 1278, que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. 10 de mayo de 2021. 1466666-4. <https://cutt.ly/bb7rZys>
- Mata S. (2019, 16 de julio). Los diseños de investigaciones con enfoque cuantitativo. (Consultado el 20 de mayo del 2021). <https://es.linkedin.com/pulse/los-dise%C3%B1os-de-investigacionescon-enfoque-cuantitativo-cr>

- Medina, A. (1992), El Biol y Biosol en la Agricultura. Ed. Programa Especial de Energía. Cochabamba, Bolivia.
- Mendoza. (2018). Uso eficiente de los recursos (agua, energía y papel) por medio de una propuesta de medidas de ecoeficiencia en la institución educativa Juan Velasco Alvarado, Pillco Marca, Huánuco, 2017. Huánuco.
- Merino. (2006). Energías Renovables. Iberdrola.  
<http://www.windygrid.org/manualEolico.pdf>
- Meza M. & Ñahuinripa J. (2019). Efecto de la temperatura y el caudal en la disminución de la materia orgánica en un biodigestor anaerobio. Huancayo  
Perú.[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7060/T010\\_45047793\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7060/T010_45047793_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MINAM. (2017). Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Lima, Perú. <https://cutt.ly/hb7r8Px>
- Ministerio del ambiente (2019) Medir emisiones de gases de efecto invernadero de mi organización <https://www.gob.pe/minam>
- NIH. (2018). Instituto Nacional de Cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol>
- Ortega, G. (2016). Diseño de un biodigestor anaerobio para la generación de biogás a partir de los desechos orgánicos generados en la hacienda Rocon [ Tesis, Escuela superior Politecnica de Chimborazo]. Repositorio de la Escuela superior Politecnica de Chimborazo.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4970/1/236T0211.pdf>
- Oviedo, Badii, Guillen, & Lugo. (2015). Historia y Uso de Energías Renovables.

- Peñaranda J. (2019). Estudio para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos del instituto caldas mediante proceso de biodigestión.
- Piriz. (2013). Energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú. Escola Técnica Superior d'Enginyeria .
- Proboste. (2007). Diseño y evaluación técnica económica de unaplanta eólica para la ciudad de Punta Arenas. Universidad Austral de Chile.
- Puerta (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>
- RAE. (2012). portal linguistico. Obtenido de Real Academia Española: <https://www.rae.es/>
- Raffino. (2020). Concepto de energía eléctrica. Argentina: <https://concepto.de/energia-electrica/>.
- Rojas. (2012). Evaluación del recurso eólico de la uns para proyección de un bosque eólico de autogeneración. Universidad Nacional del Santa.
- Sacha, J. (2019). hagamos nuestro biol. Jatun sacha: [https://www.unodc.org/documents/bolivia/DI\\_Hagamos\\_nuestro\\_biol.pdf](https://www.unodc.org/documents/bolivia/DI_Hagamos_nuestro_biol.pdf)
- Saclina. (2017). Usos más comunes de la energía solar. <http://www.saclima.com/usos-mas-comunes-la-energia-solar/>.
- Sanchez, J. (2019). Productos y sub productos de un proceso de biodigestión anaeróbica en un reactor de estructura cilíndrica [Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio de la Universidad Nacional
- Shirakawa, A. (2016). Evaluación del método de ensilado de excretas de cerdo en la generación de biogás y biol mediante biodigestores [Tesis, Universidad Nacional Agraria la Molina]. repositorio de la Universidad

Significado. (2019). Significado de Viento.  
<https://www.significados.com/viento/>.

Supo J. & Zacarías H. Editor, Independently Published (ed.). (2020). Metodología de la Investigación Científica: Para Las Ciencias de la Salud y Las Ciencias Sociales.  
[https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%8Da\\_de\\_la\\_Investigaci%C3%93n\\_Cient.html?id=WruXzQEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Metodolog%C3%8Da_de_la_Investigaci%C3%93n_Cient.html?id=WruXzQEACAAJ&redir_esc=y)

Suyatno Sedlacek (2021) Uso de los contenidos del rumen como bioactivadores para fermentación en estiércol de cabra fertilizante  
<https://core.ac.uk/download/pdf/47237282.pdf>

Toala Moreyra E.E. (2013) Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf>

Universidad Autónoma De Bucaramanga (UNAB)- Colombia.  
[https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7264/2019\\_Tesis\\_Eilin\\_Juliana\\_Pe%C3%B1aranda\\_Paez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7264/2019_Tesis_Eilin_Juliana_Pe%C3%B1aranda_Paez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vargas, F. (10 de agosto de 2014). Slideshare. Obtenido de características técnicas de un biodigestor de tipo tubular empleado en la agricultura familiar:  
<https://es.slideshare.net/slideshow/18-vargas-federico/37842142>

Varnero, M. (2011). Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Vega J. (2020) Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Mionegro, Santander. Bucaranda, Colombia  
<https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.1274>

9/12005/2020\_Tesis\_David\_Julian\_Vega.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Voidarou, C., Antoniadou, M., Rozos, G., Tzora, A., Skoufos, I., Varzakas, T., Lagiou, A. y Bezirtzoglou, E. (2020). Alimentos fermentativos: microbiología, bioquímica, beneficios potenciales para la salud humana y problemas de salud pública. <https://doi.org/10.3390/foods10010069>

Walsh Medical Media (s. f). Tecnología de la fermentación  
<https://www.walshmedicalmedia.com/scholarly/acetic-acid-fermentationjournals-articles-ppts-list-1871.html>

Wehandaka P., Suyatno S.& David S. (2021). El uso de los contenidos del rumen como bioactivadores para Fermentación en Estiércol de Cabra Fertilizante Producción. Departamento de Ciencia Animal, Facultad de Agricultura y Ciencia Animal, Universidad de Muhammadiyah Malang. Java Oriental, Indonesia.  
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93912118001.pdf>

## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Daza Calixto, Y. (2024). *Efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial con lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXOS 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

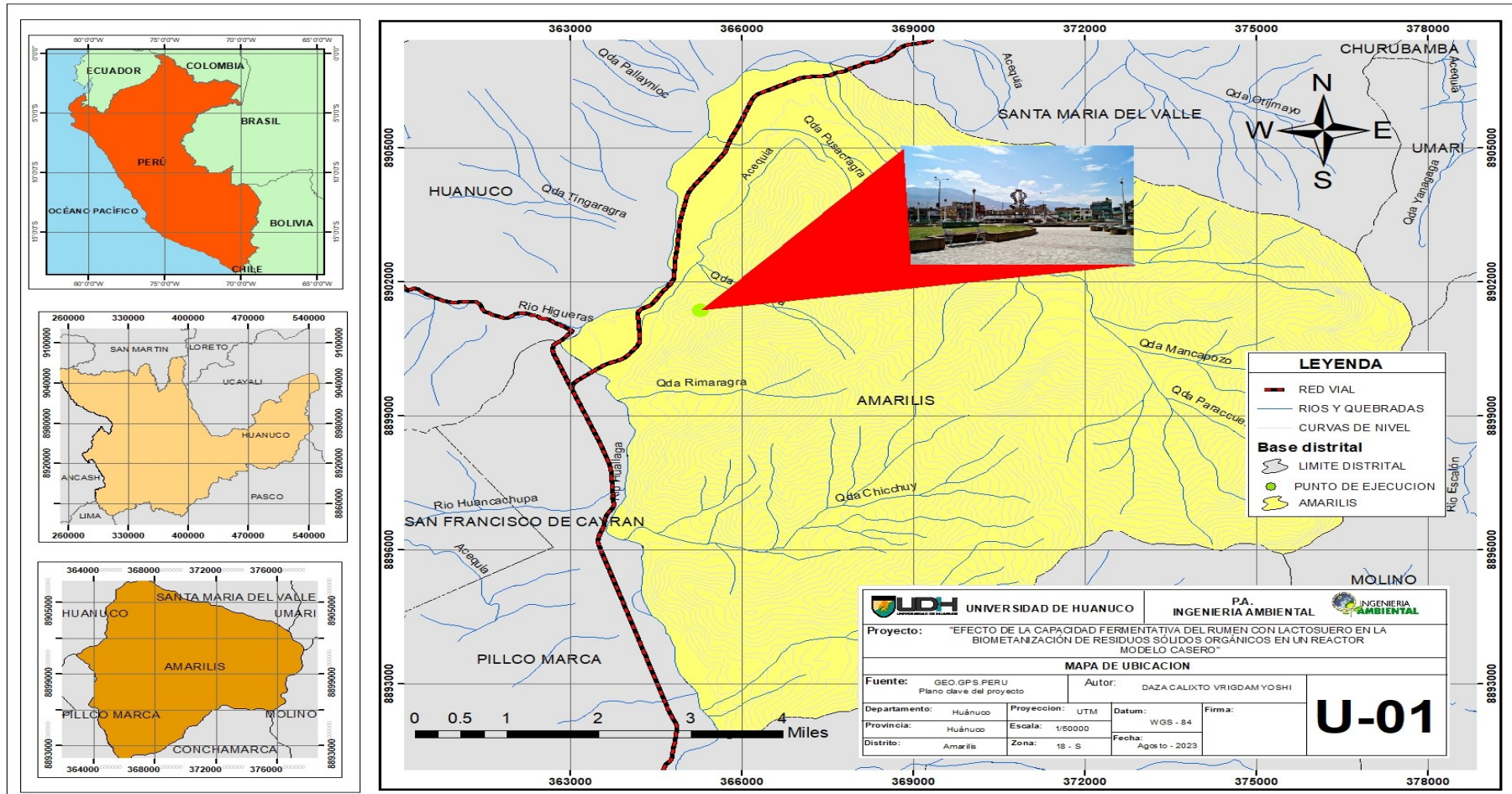
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables / indicadores	Metodología
¿Cuál es el efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial y lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero?	Determinar el efecto de la capacidad fermentativa del contenido rumial y lactosuero en la biometanización de residuos sólidos orgánicos en un reactor modelo casero	La capacidad fermentativa del contenido rumial y lactosuero tienen efecto en la descomposición anaerobia de residuos sólidos orgánicos mediante un reactor modelo casero		<p><b>Tipo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Según <b>la planificación de las mediciones</b>. Prospectivo</li> <li>• Según el número de variables analíticas. Analítico</li> <li>• Según el número de mediciones de la variable de estudio. Longitudinal</li> <li>• Según la intervención del investigador. Experimental</li> </ul> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño</b></p> <p><b>GE1: O1 ----- X1 ----- O2</b></p> <p><b>GC: O1 ----- O2</b></p> <p>GE1: Grupo experimental con contenido rumial y Lactosuero.</p> <p>O1: Observación inicial de las unidades de estudio.</p> <p>X1: Intervención del contenido rumial y Lactosuero en el reactor.</p> <p>O2: Observación final de los productos y sus parámetros (45 días)</p> <p>GC2: Grupo control sin contenido rumial ni lactosuero</p> <p>O1: Observación inicial de las unidades de estudio.</p> <p>O2: Observación de los productos y sus parámetros (45 días)</p>
Problema específico	Objetivo específico			
¿Cuáles son los parámetros físicos del sólido obtenido de la biometización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero?	Describir los parámetros del sólido obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con contenido rumial y lactosuero en un reactor modelo casero			
¿Cuáles son los parámetros del biogás obtenido de la biometización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con	Describir los parámetros del Biogás obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con contenido			

---

lactosuero en un reactor modelo casero?	rumial y lactosuero en un reactor modelo casero	<b>Población</b>
¿Cuáles son los parámetros del lixiviado obtenido de la biometización de residuos sólidos orgánicos del contenido rumial con lactosuero en un reactor modelo casero?	Describir los parámetros del Lixiviado obtenido de la biometanización de residuos sólidos orgánicos con contenido rumial y lactosuero en un reactor modelo casero	La población de la presente investigación son los residuos sólidos orgánicos (frutas, verduras y material seco) generados por la población del distrito de Amarilis, provincia de Huánuco departamento de Huánuco dicha ubicación encuentra ubicada en las coordenadas UTM (WGS84) Zona: 18-S Este: 3639340.20 Norte: 8896985.31. El estudio se realizará en los meses de julio hasta octubre del 2023
		<b>Muestra</b>
		La muestra del trabajo de investigación serán 216 kg de residuos sólidos orgánicos para 12 reactores de capacidad de 20 kg cada uno.

---

## ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN



### ANEXO 3

## DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



## DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



## ANEXO 4

### PANEL FOTOGRAFICO



RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS DEL MERCADO DE PUELLES- HUANUCO PARA PROCEDER AL RESPECTIVO TROZADO Y DEPOSITAR EN LAS BANDEJAS.



ARMADO DE LOS REACTORES Y CODIFICACION DE LOS MISMOS PARA INSERTAR LOS RESIDUOS Y SELLARLOS HERMETICAMENTE



DEPOSITANDO EL MATERIAL ORGANICO EN CADA BANDEJA PARA AÑADIR LOS MICROORGANISMOS Y SELLARLOS HERMETICAMENTE



CALCULANDO LOS PESOS EXACTOS EN CADA BANDEJA UTILIZANDO UNA BALANZA ELECTRONICA Y ANOTANDO EN UN CUADERNO DE CAMPO.



PREPARANDO LA MEZCLA PARA LA ACTIVACION DE LOS MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL CONTENIDO RUMIAL Y LACTOSUERO PARA AÑADIR A LAS BANDEJAS.



MEZCLANDO AGUA CON LOS MICROORGANISMOS ACTIVADOS PARA AÑADIR EN LAS BANDEJAS. CON UNA CANTIDAD EXACTA A CADA BANDEJA DE GRUPO EXPERIMENTAL.



TOMA DE PARAMETROS A LOS 15 DIAS DE HABER INICIADO EL PROYECTO. DEL GRUPO A QUE CONSISTE EN 3 MUESTRAS DE GRUPO EXPERIMENTAL Y UNO DE GRUPO CONTROL.



TOMA DE PARAMETROS A LOS 15 DIAS DE HABER INICIADO EL PROYECTO. DEL GRUPO A QUE CONSISTE EN 3 MUESTRAS DE GRUPO EXPERIMENTAL Y UNO DE GRUPO CONTROL.



TOMA DE PARAMETROS A LOS 30 DIAS DE HABER INICIADO EL PROYECTO. DEL GRUPO A QUE CONSISTE EN 3 MUESTRAS DE GRUPO EXPERIMENTAL Y UNO DE GRUPO CONTROL.



TOMA DE PARAMETROS A LOS 30 DIAS DE HABER INICIADO EL PROYECTO. DEL GRUPO A QUE CONSISTE EN 3 MUESTRAS DE GRUPO EXPERIMENTAL Y UNO DE GRUPO CONTROL.



TOMA DE PARAMETROS A LOS 45 DIAS DE HABER INICIADO EL PROYECTO. DEL GRUPO A QUE CONSISTE EN 3 MUESTRAS DE GRUPO EXPERIMENTAL Y UNO DE GRUPO CONTROL.



TOMA DE PARAMETROS A LOS 45 DIAS DE HABER INICIADO EL PROYECTO. DEL GRUPO A QUE CONSISTE EN 3 MUESTRAS DE GRUPO EXPERIMENTAL Y UNO DE GRUPO CONTROL.



VISITA DEL DOCENTE EVALUADOR  
AL AREA DE EJECUCION DEL  
PROYECTO



VISITA DEL DOCENTE  
EVALUADOR AL AREA DE  
EJECUCION DEL PROYECTO