

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Rendimiento del biogás y biol producidos del estiércol de  
ganado vacuno en el Fundo Palmeras Molinopampa**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Jhoyse Heredia Araujo  
Nancy Antonia Huaman Apaestegui  
Valeria Sofia Aguilar Calizaya

**Asesor:**

Mag. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, febrero 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Ing. Joel Hugo Fernandez Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Rendimiento del biogás y biol  
producidos del estiércol de ganado vacuno en el Fundo Palmeras  
Molinopampa”** constituye la memoria que presenta las Bachilleres Jhoyse Heredia Araujo, Nancy Antonia Huaman Apaestegui y Valeria Sofia Aguilar Calizaya, para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 14 días del mes de febrero del año 2022.



---

Joel Hugo Fernandez Rojas

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **10 días** día(s) del mes de **febrero** del año 2022 siendo **las 15:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodríguez**, el secretario: **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y los demás miembros: **Ing. Nancy Curasi Rafael** y el **Ing. Jocelyn Dianella Torres Guerra**, y el asesor **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Rendimiento del biogás y biol producidos del estiércol de ganado vacuno en el Fundo Palmeras Molinopampa"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **JHOYSE HEREDIA ARAUJO**,  
 .....b) **NANCY ANTONIA HUAMAN APAESTEGUI** y,  
 .....c) **VALERIA SOFIA AGUILAR CALIZAYA**  
 , conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**  
*(Nombre del Título profesional)*  
 con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **JHOYSE HEREDIA ARAUJO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B *</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

Candidato (b): ..... **NANCY ANTONIA HUAMAN APAESTEGUI** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A-</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

Candidato (c): ..... **VALERIA SOFIA AGUILAR CALIZAYA** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A-</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

(\*) *Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
 Presidente  
 Mg. Iliana Del Carmen  
 Gutierrez Rodríguez

\_\_\_\_\_  
 Secretario  
 Ing. Orlando Alan  
 Poma Porras

\_\_\_\_\_  
 Asesor  
 Mg. Joel Hugo  
 Fernández Rojas

\_\_\_\_\_  
 Miembro  
 Ing. Nancy Curasi  
 Rafael

\_\_\_\_\_  
 Miembro  
 Ing. Jocelyn Dianella  
 Torres Guerra

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (a)  
 Jhoyse Heredia Araujo

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (b)  
 Nancy Antonia  
 Huaman  
 Apaestegui

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (c)  
 Valeria Sofia Aguilar  
 Calizaya

# Rendimiento del biogás y biol producidos del estiércol de ganado vacuno en el Fundo Palmeras Molinopampa

Yield of biogas and biol produced from cattle manure in the Fundo Palmeras Molinopampa

Aguilar Calizaya Valeria Sofia<sup>1</sup>; Heredia Araujo Jhoyses<sup>2</sup>; Huaman Apaestegui Nancy Antonia<sup>3</sup> y Joel Hugo Fernández Rojas<sup>4</sup>

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú, [valeriaaguilar@upeu.edu.pe](mailto:valeriaaguilar@upeu.edu.pe), [jhoysesheredia@upeu.edu.pe](mailto:jhoysesheredia@upeu.edu.pe), [antoniahuaman@upeu.edu.pe](mailto:antoniahuaman@upeu.edu.pe) y [hugof@upeu.edu.pe](mailto:hugof@upeu.edu.pe)

## Resumen

**[Introducción]:** El uso de gas propano es un recurso con alto costo en el Perú y el biogás es una alternativa. El biol obtenido del proceso de biofermentación anaerobia de la materia orgánica es otra alternativa como nutriente orgánico ecológico óptimo para el sembrío **[Objetivo]:** Evaluar el rendimiento del biogás como combustible para cocina y biol en la producción de cilantro en el fundo palmeras Molinopampa **[Metodología]:** Utilizando estiércol de ganado vacuno se procesó biogás y biol por método anaerobiosis con la proporción de mezcla estiércol: agua de 1:5. El TRH fue 25 días a una temperatura ambiental de 14°C. Para la producción de cilantro, se implementó 12 parcelas de 1m<sup>2</sup> c/u. **[Resultados]:** Respecto al rendimiento del biogás en la cocción de alimentos (arroz, papa, pallares, agua, carne de pollo y camote) se obtuvo una eficiencia de 84.48 % comparado con el uso de gas propano. Por otro lado, la influencia del biol en la producción de cilantro fue más notoria en el tratamiento 3 para las variables de peso (628 g), longitud de tallo (21 cm), longitud de raíz (9.50 cm) y número de hojas (87 Und) a comparación del testigo, tratamiento 1 y tratamiento 2 **[Conclusiones]:** se logró obtener una eficiencia promedio de 84.48 % respecto al rendimiento del biogás obtenido, comparado con el uso de gas propano comercial. Asimismo, se evidenció la influencia del biol en la producción de cilantro, identificando que en el tratamiento 3 (6 L de biol) se obtuvo los mejores promedios: peso 628 g, longitud de tallo 21 cm, profundidad de raíz 9.50 cm, N° de Hojas 87 Und, a comparación de los demás tratamientos.

**Palabras claves:** Eficiencia del Biol, Metano, producción de cilantro, Rendimiento de Biogás

## Abstract

**[Introduction]:** The use of propane gas is a high cost resource in Peru and biogas is an alternative. The biol obtained from the anaerobic biofermentation process of organic matter is another alternative as an optimal ecological organic nutrient for sowing **[Objective]:** To evaluate the performance of biogas as fuel for cooking and biol in the production of coriander in the plantation of palmeras Molinopampa **[Methodology]:** Using cattle manure, biogas and biol were processed by anaerobiosis method with a manure: water mixture ratio of 1: 5. HRT was 25 days at an ambient temperature of 14 ° C. For coriander production, 12 plots of 1m<sup>2</sup> each were implemented. **[Results]:** Regarding the performance of biogas in cooking food (rice, potatoes, lima beans, water, chicken meat and sweet potatoes) an efficiency of 84.48% was obtained compared to the use of propane gas. On the other hand, the influence of biol on coriander production was more noticeable in treatment 3 for the variables of weight (628 g), stem length (21 cm), root length (9.50 cm) and

number of leaves (87 Und) compared to the control, treatment 1 and treatment 2 **[Conclusions]:** the yield of the biogas obtained was evaluated, identifying its efficiency with an average of 84.48%. The influence of biol on coriander production was evaluated, identifying that in treatment 3 (6 L of biol) the best averages were obtained: weight 628 g, stem length 21 cm, root depth 9.50 cm, No. of Leaves 87 Und, compared to the other treatments.

**Keywords:** Biol Efficiency, Methane, coriander production, Biogas Yield

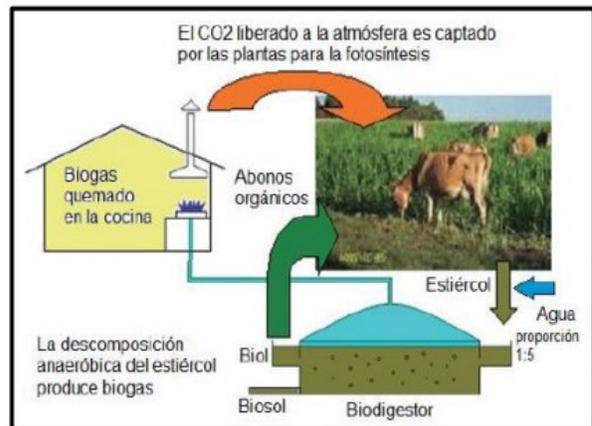
## 1. Introducción

El estiércol producido en zonas ganaderas es capaz de ocasionar impactos negativos en el medio ambiente si no se implementa medidas de control en el almacenamiento y transporte, ya que la disipación de gases de efecto invernadero hacia la capa atmosférica afecta el almacenamiento de micro y macro nutrientes en el suelo y en las fuentes hídricas (Rodríguez, 2012).

La producción de biogás es de gran estimación, ya que hoy en día se corrobora un mayor uso de combustibles fósiles, es por ello que cada vez aumentan las empresas pretenden encontrar una alternativa renovable para satisfacer las necesidades energéticas. (López, 2017). Es por ello que nace la idea de reemplazar este tipo de combustibles fósiles por fuentes de energías limpias, tal es el caso del biogás, un gas combustible que es obtenido por métodos de anaerobiosis, por la degradación de la materia orgánica, a través de medio de microorganismos y otros factores influyentes, en un ambiente anaeróbico (Morero, 2013).

El biogás está compuesto aproximadamente en un 60% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 35% de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), 4% de vapor de agua y un máximo estimado de 1% de ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) (Marin, 2016). Dichos componentes a excepción del metano tienen la capacidad de generar problemas para los equipos que se usan en el biogás, ocasionando dificultades de corrosión, incluso reduciendo la eficacia del equipo, debido a que el metano es el componente exclusivo que tiene propiedades para generar combustión (Hernández, 2018). Es por ello que existen diferentes sistemas de purificación, encargados de eliminar los compuestos corrosivos, específicamente los compuestos de azufre y dióxido de carbono que en términos de combustión disminuye el contenido energético del biogás (Álvarez, 2016).

Por otro lado, para la obtención de biogás y biol, es ejecutado en biodigestores; que son capaces de aprovechar el proceso de anaerobiosis (Ausencia de oxígeno) de los microorganismos que se encuentran en el estiércol, dicho biol es utilizado como abono de fácil aplicación ya que puede ser adaptado de acuerdo a las necesidades y requerimientos de cada agricultor (Díaz, Características



**Figura 1:** Representación esquemática Biogás: combustible ecológico.

**Figure 1:** Schematic representation Biogas: ecological fuel.

**Fuente:** (De Barrena et al., (2013)

Fisicoquímicas y Microbiológicas del Proceso de Elaboración de Biol y su Efecto en Germinación de Semillas, 2017).

La transformación de la digestión anaeróbica, sucede de manera simultánea por la degradación de la materia orgánica, a cada paso es fragmentado en tres fases que facilitan mostrar la progresión de los sucesos microbiológicos que suceden en el procedimiento de la digestión y la productividad de metano (Kossmann, 2016).

**Cuadro 1.** Reacciones bioquímicas en el proceso de digestión anaeróbica y producción de metano  
**Table 1.** Biochemical reactions in the process of anaerobic digestion and methane production

<b>Hidrólisis</b>	
Carbohidratos complejos	Azúcares simples
Lípidos complejos	Ácidos grasos
Proteínas complejas	Aminoácidos
<b>Producción de ácidos</b>	
Azúcares simples + Ácidos grasos + aminoácidos	Ácidos orgánicos, incluyendo acetato + alcoholes
<b>Acetogénesis (producción de acetato)</b>	
Ácidos orgánicos + alcohol	Acetato
<b>Producción de metano</b>	
Acetato	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2$
$\text{H}_2 + \text{CO}_2$	$\text{CH}_4$
Metanol	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Fuente: Gerardi (2016).

El bioabono sólido o líquido de color marrón verdoso oscuro no genera un olor desagradable, no atrae insectos (moscas) a comparación del estiércol fresco, la cual puede aplicarse de forma directa en diversos tipos de cultivo; los indicadores de olor a podrido y la presencia de un color verde azulado muestran que la mezcla está contaminada la cual debe eliminarse (FONCODES, 2016).

### 1.1 Características del Cilantro

El cilantro es una hortaliza de origen europeo, con extensión en desarrollo en lugares como China, India y Tailandia, tiene la forma parecida al perejil, perteneciente a la familia del comino, eneldo, hinojo, entre otros (Benavides, 2007).

**Cuadro 2.** Clasificación Taxonómica del Cilantro  
**Table 2.** Taxonomic Classification of Coriander

Clasificación Taxonómica	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Apiales
<b>Familia</b>	Apiaceae (umbelliferae)
<b>Género</b>	Coriandrum

<b>Especie</b>	sativum
<b>Nombre científico</b>	Coriandrum sativum L.
<b>Nombre común</b>	coriandro, cilantro, culantro, coriander (english)

Fuente: (Buscagro, 2010).

Es una hortaliza que al año obtiene una altura de aproximaciones a 75 cm. muestra el tallo liso y dos tipos de hojas, las de la parte inferior que son parecidas al perejil y las que se encuentran en las partes superiores que son copiosas. Florea en forma de sombrillitas con flores de color blanco (Cuenca, 2015).

### **Cuadro 3.** Morfología del Cilantro

**Table 3.** Coriander Morphology

<b>Morfología del Cilantro</b>	
<b>Raíz</b>	Las raíces de la planta del cilantro son finas y sencillas y muy delicadas al inicio, ya que provee excelente anclaje para absorber agua y nutrientes.
<b>Tallo</b>	El tallo del cilantro es de contextura delgada, cilíndrica, hueco, suave, herbáceo y erecto; llegando a medir hasta 90 cm de altura, dependiendo a la variedad de la semilla.
<b>Hojas</b>	Las hojas son de color verde claro, plumosas y planas, según la variedad, ya que sus primeras hojas son redondeadas más que las secundarias
<b>Flores</b>	Perfectas suelen salir las primeras flores y cuando la planta está envejeciendo producen más flores estaminadas de un punto central; se agrupan en umbelas tienden a ser blancas, rosadas o moradas

Fuente: (Hernandez,2003).

### **Distancia en el momento de siembra**

Para una buena producción de cilantro, se tiene que considerar la siembra en forma de hileras, respetando la distancia entre 30 a 50 cm entre cada planta, a una profundidad de 1 cm; ya que si se siembran a mayor distancia no germinan de forma adecuada. Pasado los 3 meses después de haber sembrado se empieza a cosechar, empezando de las hojas más desarrolladas (Hernandez, 2003).

### **Clima**

Para un buen desarrollo productivo del cilantro el clima es un factor muy importante e influyente para que se pueda aprovechar en mayor cantidad y calidad; es por ello que la temperatura debe oscilar entre 10°C y 30°C; ya que dentro de este rango de temperatura suministran condiciones favorables en el crecimiento, considerando que el cilantro no tolera heladas ligeras (Lopez, 2012).

## Nutrientes del suelo NPK

### Función de los Nutrientes

los nutrientes presentes en los suelos son aprovechados por las plantas; clasificándose en dos categorías los macronutrientes y micronutrientes (FAO, 2003).

Las plantas necesitan nutrientes, ya que éstos son importantes para su desarrollo, es por ello que los macronutrientes tales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg) se necesitan en grandes cantidades, debido a que favorece en el crecimiento de las plantas, dureza total, desarrollo foliar, resistencia (Gonzales, 2019). Por otro lado, los micronutrientes boro (B), cloro (Cl), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn) solo son necesario en pequeñas cantidades, debido a que sí se presentan en grandes cantidades limitan el crecimiento de las plantas (Melgar, 2019).

**Los macronutrientes** Cuando el tipo de suelo es pobre en macronutrientes se requieren cantidades altas para un buen proceso productivo de diferentes plantas (Gonzalvez, 2008).

**El Nitrógeno (N)** Es un macronutriente esencial e indispensable cuando se quiere obtener un buen proceso productivo, ya que las plantas lo aprovechan en forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ) (Enrique, 2008).

**El Fósforo (P)**, Dicho macronutriente contempla una función importante en el transporte de energía, debido a la constitución de enzimas, proteínas y es un componente estructural de fosfoproteínas, fosfolípidos y ácidos nucleicos. Asimismo, aporta nutrientes importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, supliendo de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta ( Barrios, 2010).

**El Potasio (K)**, A comparación de otros componentes, éste no forma parte de los compuestos de las plantas ya que dicho macronutriente es asimilado como ión “K” (Larriva, 2003).

**Calcio (Ca)**, es un macronutriente secundario, cuya función es regular y activar la división y crecimiento celular, encargado de conservar unidas las paredes celulares de las plantas (Silva, 2017).

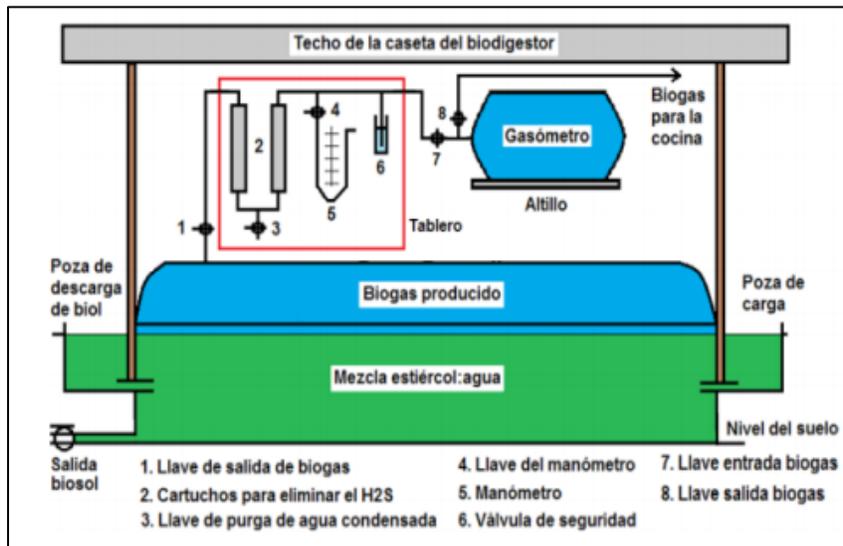
**Azufre (S)**, es un macronutriente cuya función es salvaguardar a las células y detoxificar a las plantas, debido a su capacidad de prevenir la deshidratación por las variaciones climáticas (Trémols, 2015).

**Magnesio (Mg)**, es un macronutriente importante ya que constituye el núcleo de la molécula de clorofila, pigmento de las hojas (importante para realizar el proceso de la fotosíntesis en presencia de la luz solar (Marcus, 2008).

## 2. Metodología

### 2.1 Procedimiento para la instalación del sistema de producción de biogás

Se realizó la instalación de los componentes de producción de biogás y biol, empleándose el esquema y juicio establecidos por Barrena et al. (2013) (Fig. 2).



**Figura 2.** Esquema de instalación del sistema de producción de biogás y bioabonos con biodigestor tubular.

**Figure 2.** Installation diagram of the biogas and bio-fertilizer production system with tubular biodigester.

**Fuente:** (De Barrena et al., (2013)

#### 2.1.1 Componentes del Sistema de Producción

##### - Biodigestor de Geomembrana de PVC

El biodigestor de PVC que se empleó fue de un volumen total de 12 m<sup>3</sup>, con 1 mm de espesor, 1.27 m de diámetro. El biodigestor tuvo un niple de 1" para la salida del biogás colocada en el lomo del biodigestor con accesorios de material de PVC.

##### - Poza para el biodigestor

Se construyó una poza para el biodigestor, de 1 metro de altura x 10 metros de largo. Asimismo, se colocaron planchas de Tecnopor de 3/4" en las partes internas y los bordes de la geomembrana.

##### - Poza de alimentación

Para la construcción de la poza de alimentación, se tomó en cuenta las siguientes dimensiones 0,5 m de largo; 0,5 m de ancho y 0.5 m de profundidad cuya función es facilitar la carga del biodigestor hasta su volumen de trabajo total y posteriormente su carga correspondiente. Se utilizó un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 25 días, con la mezcla estiércol-agua en la relación de 1:5.

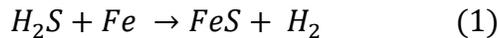
- **Poza de descarga**

Se construyó una poza de 1 m de altura x 1 metro de largo, la cual estará sobre la tubería de material PVC de 4 pulgadas y en la parte final a nivel de profundidad, en la tubería de PVC de 4” y en la parte extrema se colocará una reducción y una llave de paso de 2” para retirar el biol.

- **purificación del biogás**

Para la purificación de la composición Química del biogás, se utilizó 2 filtros rellenos con clavos de fierro de 2 pulgadas (2,5 Kg por filtro) con la finalidad de eliminar el Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S) presente en el biogás. Los filtros fueron elaborados con material de PVC de 2” de 0,50 m de largo con reducciones de 2” a ½” en ambos extremos, obteniendo la siguiente reacción química:

La Reacción Química en la purificación de Biogás usando clavos de fierro se estimó mediante la **Ecuación 1** de la siguiente manera:



**2.1.3 Procedimiento para determinar el Rendimiento del Biogás como combustible para cocina**

En la determinación del rendimiento del biogas en la preparación de alimentos tales como: Arroz, Papa, Carne (Pollo), paltas, Agua (Café) y camote, se acondicionó una cocina comercial a gas propano para el buen funcionamiento del biogás; conectándose de forma directa los quemadores al tubo de conducción, controlando el flujo a través de llaves de ½ pulgada de material de plástico.

**Cuadro 4.** Parámetros para evaluar el rendimiento del biogás

**Table 4.** Parameters to evaluate the performance of biogas

Parámetros
Tipo de Alimento
Cantidad de Alimento
Tiempo de cocción

**2.3. Procedimiento para la Evaluación de la Influencia del Biol en la Producción del Cilantro.**

**2.3.1 Metodología para la toma de muestra del biol.**

Se tomó 1 muestra representativa de 1 litro del biol obtenido del biodigestor tubular ubicado en el cobertizo del Fundo Palmeras Molinopampa y se envió al Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina – Lima.

**2.3.1 Metodología para el muestreo de calidad de suelos.**

- **Preparación del suelo, siembra y tratamientos.**

Para la preparación del terreno donde se sembró el cilantro, en primer lugar, se realizó la limpieza del suelo a través de labranza tradicional, quitando las malezas y residuos de árboles presentes en el terreno, con la finalidad de obtener una estructura favorable y pueda ayudar a las plantas a tener un acceso rápido a los nutrientes, agua y aireación. En este procedimiento se realizó teniendo en cuenta la guía para muestreo de suelos basado en el D.S 002-2013 - MINAM un muestreo de suelo a 30 cm de profundidad para conocer las caracterización físico química del suelo (pH, CE, MO, P, K y N). La muestra representativa para el análisis fisicoquímica del suelo será de 1 kg por tratamiento.

- **Influencia del Biol en la producción de cilantro (*Coriandrum sativum*)**

Para evaluar la influencia del biol en el incremento de la producción de cilantro en el Fundo Palmeras Molinopampa, se hizo uso de un terreno, donde fueron demarcadas por 12 parcelas experimentales de 4 m x 6 m, con un distanciamiento de 0,5 m entre parcelas; los tratamientos fueron divididos al azar, por triplicado con testigo. Se retiró el biol del biodigestor y se aplicó a las parcelas utilizando diferentes dosis, a tres parcelas del tratamiento 1 se le aplicó 2 litros de biol (A1, A2, A3), a otras tres parcelas del tratamiento 2 se le aplicó 4 litros de biol (B1, B2, B3) y a otras tres parcelas del tratamiento 3 se les aplicó 6 litros de biol (C1, C2, C3).

**Cuadro 5.** Parámetros Físicos a evaluar en la Producción del Cilantro  
**Table 5.** Physical Parameters to be evaluated in Coriander Production

<b>Parámetros Físicos en la Producción del Cilantro</b>	
Profundidad de la raíz	Cm
Altura del Tallo	Cm
Número de Hojas	Und
Peso total por parcelas	Kg

### 3. Resultados

#### 3.1 Rendimiento del Biogás como combustible para cocina.

Se comprobó que el biogás es un combustible ecológico para la preparación de alimentos, ya que produce una llama azul, no tizna y tampoco genera humo. Asimismo, se puede observar en el **Cuadro 6** los parámetros y tiempos promedios evaluados en el rendimiento del biogás, comparado con los resultados obtenidos haciendo uso de gas propano en la misma cantidad y tipo de alimento, obteniendo como resultado que existe mayor poder calorífico en la cocción de arroz (35 min que representa el 85 % de eficiencia comparado con el uso de gas propano comercial), pallares (55 min que representa el 74.32 % de eficiencia comparado con los resultados de uso de gas propano), Agua (15 min representa el 83.3 % de eficiencia comparado con el uso de gas propano comercial) y

camote (48 min que representa el 90.56 % de eficiencia comparado con el uso de gas propano comercial).

**Cuadro 6:** Parámetros evaluados en el rendimiento del biogás y Uso de Gas Propano

**Table 6:** Parameters evaluated in biogas performance

Alimento	Cantidad de Alimento (Kg)	Tiempo Promedio Haciendo Uso de Biogás(min)	Tiempo Promedio Haciendo Uso de Gas Propano (min)
Arroz	1	35.00	39.00
Papa	0.5	43.00	41.00
Carne (Pollo)	0.5	48.00	44.00
Pallares	0.5	55.00	74.00
Agua (Café)	2	15.00	18.00
Camote	1	48.00	53.00
<b>TOTAL</b>	5.5	243.00	268.00

### 3.3 Resultados de los Parámetros Físico - Químicos del Suelo

En el **cuadro 7**, se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos del suelo obtenidos a través del análisis en el laboratorio de la UNTRM (Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas); evidenciando el incremento de Nitrógeno en la parcela de Testigo Con un valor promedio de 0.16 %, Tratamiento 1 con un valor promedio de 0.18%, Tratamiento 2 con un valor promedio de 0.21% y Tratamiento 3 con un valor promedio de 0.25 ppm; fosforo en la parcela de Testigo con un valor promedio de 11.23 ppm, Tratamiento 1 con un valor promedio de 12.36 ppm, Tratamiento 2 con un valor promedio de 13.45 ppm y tratamiento 3 con un valor promedio de 15.31 ppm; Potasio en la parcela de Testigo con un valor promedio de 325.63 ppm, Tratamiento 1 con un valor promedio de 328.54 ppm, Tratamiento 2 con un valor promedio de 332.47 ppm y Tratamiento 3 con un valor promedio de 335.56 ppm; Materia Orgánica en la parcela de Testigo con un valor promedio de 3.96 %, Tratamiento 1 con un valor promedio de 4.20 %, Tratamiento 2 con un valor promedio de 4.29 % y Tratamiento 3 con un valor promedio de 4.35 % y pH en la parcela de testigo con un valor promedio de 6.9 y los Tratamientos 1, 2 y 3 con valores promedio de 7.0, identificando que todos los ensayos tuvieron un efecto disuasorio, algunos más que otros.

**Cuadro 7:** Parámetros Físicos del Suelo

**Table 7:** Soil Physical Parameters

Tratamiento	Parcela	Parámetros Evaluados				
		Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Materia Orgánica (%)	pH
Testigo	T-1	0.17	10.00	325.00	4.09	7
	T-2	0.15	12.05	327.70	3.8	6.8
	T-3	0.16	11.65	324.20	4	7

<b>Tratamiento 1 (2 L de Biol)</b>	A-1	0.19	11.90	328	3.9	6.9
	A-2	0.20	12.37	330.08	4.25	7
	A-3	0.16	12.80	327.54	4.45	7
<b>Tratamiento 2 (4 L de Biol)</b>	B-1	0.23	13.35	331.67	4.5	7
	B-2	0.19	13.09	333.26	5	7
	B-3	0.20	13.90	332.47	3.8	7
<b>Tratamiento 3 (6 L de Biol)</b>	C-1	0.27	15.8	336.70	5	7
	C-2	0.23	14.94	335.46	3.95	7
	C-3	0.25	15.20	334.52	4.09	7

### 3.4 Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos del Biol

En el **cuadro 8**, Se observa los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del Biol, obtenidos a través del análisis en el laboratorio de la UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina), identificando que la CE tuvo un valor de 4.3 dS/m, pH con un valor 6.4, Nitrógeno con un valor de 740 mg/L, Fosforo con un valor de 180 mg/L, Potasio con un valor de 1220 mg/L, Calcio con un valor de 578 mg/L y Magnesio con un valor de 230 mg/L, dichos valores obtenidos se encuentran dentro del rango (máximo y mínimo) del contenido de macro y micronutrientes presentes en bioles registrados en 119 análisis químicos realizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes del Departamento de Suelos – UNALM.

**Cuadro 8:** Parámetros Fisicoquímicos del Biol

**Table 8:** Physicochemical Physical Parameters of Biol

Parámetros	Unidad de Medida	Resultados
Conductividad Eléctrica	dS/m	4.3
pH	..	6.4
Nitrógeno	mg/L	740
Fosforo	mg/L	180
Potasio	mg/L	1220
Calcio	mg/L	578
Magnesio	mg/L	230

### 3.5 Resultados de la Producción de Cilantro.

En el **Cuadro 9**, se muestra los resultados físicos obtenidos de la producción de cilantro, Altura de Tallo en las Parcela de Testigo se obtuvo un valor promedio de 13 cm, profundidad de raíz un valor promedio de 7 cm, N° de hojas con un valor promedio de 56 Und y Peso de 380 gr; en las parcelas del Tratamiento 1, altura de tallo con un valor promedio de 17 cm, profundidad de raíz un valor promedio de 8 cm, N° de hojas con un valor promedio de 67 Und y peso de 500 gr; las parcelas del Tratamiento 2, altura de tallo con un valor promedio de 19 cm, profundidad de raíz un valor promedio de 9 cm, N° de hojas con un valor promedio de 81 Und y peso de 550 gr; las parcelas del Tratamiento 3, altura de tallo con un valor promedio de 21 cm, profundidad de raíz un valor promedio de 9.50 cm, N° de hojas con un valor promedio de 87 Und y peso de 628; evidenciando que el uso de biol en la producción de cilantro favoreció en mejorar las condiciones del suelo.

**Cuadro 9:** Resultados de los parámetros Físicos del Cilantro  
**Table 9:** Results of the Physical Parameters of Coriander

	Parcela	Peso (g)	Altura de Tallo (cm)	Profundidad de Raíz (cm)	Nº de Hojas
Testigo	T-1	380	14	7	61
	T-2	277	13	6	60
	T-3	278	14	7	56
Tratamiento 1 (2 L de Biol)	A-1	500	17	9	66
	A-2	493	18	9	68
	A-3	488	17	8	67
Tratamiento 2 (4 L de Biol)	B-1	550	19	9	79
	B-2	540	19	9	80
	B-3	545	19	9	81
Tratamiento 3 (6 L de Biol)	C-1	627	21	9.5	86
	C-2	626	21	9.5	85
	C-3	628	21	9.5	87

### 3.5.1 Análisis de varianza del peso.

En el **cuadro 10**, se muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza para el peso (gr) de cilantro con las dosis de biol de 0 (Testigo), 2 (Tratamiento 1), 4 (Tratamiento 2) y 6 L (Tratamiento 3), se obtuvo un p-valor de 0.000; es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza del peso  
**Table 10.** Weight analysis of variance

FV	SC	GL	MC	F	p-valor
Entre tratamientos	161411.33	3	53803.78	60.24	0.000
Dentro de tratamientos	7145.33	8	893.17		
Total	168556.67	11			

Al realizar la prueba Tukey, se obtuvo la conformación de tres grupos; el primero de los cuales, formado por el testigo con el menor peso, el segundo grupo conformado por las dosis de 2L, 4 L con un peso intermedio y el tercer grupo conformado por la dosis de 6 L, siendo este último grupo con el cual se obtuvo el mayor peso; es decir con la dosis de 6 L, se obtuvo el mayor peso promedio de cilantro (628 g).

**Cuadro 11.** Prueba Tukey para el peso  
**Table 11.** Test Tukey for weight

Dosis de biol	N	Grupos		
		1	2	3
0 L	3	311.67		
2 L	3		492.67	
4 L	3		545.00	
6 L	3			628.00
p-valor		1.000	0.218	1.000

### 3.5.2 Análisis de varianza de la Longitud de tallo.

En el **cuadro 12**, se muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza para la altura del tallo de cilantro con las dosis de biol de 0, 2, 4 y 6 L, donde se obtuvo un p-valor de 0.000; es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de la altura del tallo

**Table 12.** Analysis of variance of stem height

FV	SC	GL	MC	F	p-valor
Entre tratamientos	86.92	3	28.97	173.83	.000
Dentro de tratamientos	1.33	8	0.17		
Total	88.25	11			

Al realizar la prueba Tukey, se obtuvo la conformación de tres grupos; el primero de los cuales, formado por el testigo con la menor longitud del tallo, el segundo grupo conformado por la dosis de 2, el tercero por la dosis de 4 L y el cuarto grupo conformado por la dosis de 6 L, siendo este último grupo con el cual se obtuvo la mayor longitud del tallo; es decir con la dosis de 6 L, se obtuvo la mayor longitud promedio del tallo de cilantro (21.0 cm). A continuación, en el **cuadro 13**, se muestra los resultados obtenidos de la Prueba Tukey.

**Cuadro 13.** Prueba Tukey para la altura del tallo

**Table 13.** Tukey test for stem height

Dosis de biol	N	Grupos			
		1	2	3	4
0 L	3	13.67			
2 L	3		17.33		
4 L	3			19.00	
6 L	3				21.00
p-valor		1.000	1.000	1.000	1.000

### 3.5.3 Análisis de varianza de la longitud de raíz.

En el **cuadro 14**, se muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza para la longitud de raíz de cilantro con las dosis de biol de 0, 2, 4 y 6 L, donde se obtuvo un p-valor de 0.000; es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

**Cuadro 14.** Análisis de varianza de la longitud de raíz

**Table 14.** Root length analysis of variance

FV	SC	GL	MC	F	p-valor
Entre tratamientos	13.90	3	4.63	27.79	.000
Dentro de tratamientos	1.33	8	0.17		
Total	15.23	11			

Al realizar la prueba Tukey, se obtuvo la conformación de dos grupos; el primero de los cuales, formado por el testigo con la menor longitud de raíz, el segundo grupo conformado por las dosis de 2, 4 y 6 L con, siendo este último grupo con el cual se obtuvo la mayor longitud de raíz. A continuación, en el **cuadro 15**, se muestra los resultados obtenidos de la Prueba Tukey.

**Cuadro 15.** Prueba Tukey para la longitud de raíz

**Table 15.** Tukey test for root length

Dosis de biol	N	Grupos	
		1	2
0 L	3	6.67	
2 L	3		8.67
4 L	3		9.00
6 L	3		9.50
p-valor		1.000	.134

### 3.5.4 Análisis de varianza del Número de Hojas.

En el **cuadro 16**, se muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza para la determinación del Número de Hojas de cilantro con las dosis de biol de 0, 2, 4 y 6 L, se obtuvo un p-valor de 0.000; es decir existe diferencia significativa entre los tratamientos.

**Cuadro 16.** Análisis de varianza del N° de Hojas

**Table 16.** Root length analysis of variance

FV	SC	GL	MC	F	p-valor
Entre tratamientos	1458.000	3	486.000	171.529	0.000
Dentro de tratamientos	22.667	8	2.833		
Total	1480.667	11			

Al realizar la prueba Tukey, se obtuvo la conformación de cuatro grupos; el primero de los cuales, formado por el testigo con la menor cantidad de número de hojas, el segundo grupo conformado por la dosis de 2, el tercero por la dosis de 4 L y el cuarto grupo conformado por la dosis de 6 L, siendo este último grupo con el cual se obtuvo la mayor cantidad de número de hojas; es decir con la dosis de 6 L, se obtuvo la mayor cantidad de número de hojas de cilantro (87.000 Und). A continuación, en el **cuadro 17**, se muestra los resultados obtenidos de la Prueba Tukey.

**Cuadro 17.** Prueba Tukey para el Número de Hojas

**Table 17.** Tukey test for root length (ingles)

Dosis de biol	N	Grupos			
		1	2	3	4
0 L	3	59.000			
2 L	3		67.000		
4 L	3			80.000	
6 L	3				87.000
p-valor		1.000	1.000	1.000	1.000

#### 4. Discusión

El elemento más importante en el proceso productivo del biogás es el metano con un porcentaje de 40 a 70 % produciendo una llama color azul, la cual no genera humo y tampoco tizna los utensilios de cocina (Savran, 2012). Es por ello que los resultados obtenidos del rendimiento del Biogás presentados en el **cuadro 6**, se logró identificar que en la cocción de Arroz (35 min), agua (café) (15 min), camote (53 min) y pallares (55 min) existió menor tiempo a comparación de los resultados haciendo uso de gas propano, esto se debe al poder calorífico que puede existir en el biogas (Carvajal, 2018). Por otro lado, Barrena (2019) en su investigación identificó que, para la cocción de arroz utilizando biogás tomó un tiempo de 30 min, para hervir agua tardó 18 min, cocción de olluco tardó 50 min y para freír camotes tardó 11 min. Broncano (2019) determinó el tiempo promedio para la cocción de arroz que tardó un tiempo de 40 minutos, cocción de yucas 37 min, hervir agua tardó 20 min y locro 48 min. (Hellenthal, 2019) en su investigación determinó el tiempo para cocción de diferentes alimentos, encontrando que para la cocción de arroz tardó un tiempo promedio de 37,4 min, agua tiempo promedio 15,75 min, papa tiempo promedio de 43,5 min, plátano tiempo promedio de 58,6 min, frijoles tiempo promedio de 47,6 min, carne tiempo promedio de 63,6 min y sopa tiempo promedio de 69,6 min.

Los resultados obtenidos en la Producción del cilantro se asemejan con los resultados de la investigación de (Barrena, 2019) y (Broncano, 2019). En el análisis de varianza del Peso en el **cuadro 10** se evidenció que el mayor peso promedio de cilantro (628 g) fue del tratamiento 3 con una dosis de 6 L, a diferencia de los demás tratamientos; Asimismo en el **cuadro 11** se evidencia que la mayor longitud promedio del tallo de cilantro fue de 21.0 cm correspondiente al tratamiento 3 (dosis de 6 L). por otro lado la mayor longitud de raíz se obtuvo en el tratamiento 3 con la dosis de 6L, demostrando que el biol aporta nutrientes necesarios para mejorar la calidad del suelo para cultivos incrementando su rendimiento, identificando que la investigación de Chauca (2010) quien sembró alfalfa utilizando biol en la Región Amazonas, con un tiempo de retención hidráulica de 20 días, determinando que el biol incrementó la producción de más follaje en la “alfalfa”, en base a que la mezcla biol + biosol y el tratamiento con biol han producido más peso de “alfalfa” al momento del corte (más tallos/m<sup>2</sup>), concluyendo que el biol influyó de manera positiva en el tema productivo de la alfalfa, incrementado el desarrollo de las raíces, facilitando una buena absorción de nutrientes para el suelo. Asimismo, Broncano (2019), identificó que utilizando 6 L de biol en la producción de pasto elefante tuvo mayores resultados en las variables de producción de peso seco y fresco, superando al testigo con 42,5 % por otro lado Colpos (2016), menciona que el uso de fertilizantes orgánicos no solo es necesario para enriquecer al suelo sino también por ser un mejorador de las características físicas y almacén de energía para la vida microbiana del suelo. Cubas (2017), en su investigación utilizando biol en parcelas experimentales de producción de pasto Nicarion identificó, que utilizando biol obtuvo crecimientos más altos en tallo con un promedio de 70 cm, superando casi el doble en tamaño a comparación del testigo quien obtuvo una altura de 37 cm.

Díaz (2017), aplicó biol al suelo y vía foliar (100%) en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) logrando aumentar hasta un 12 % respecto al rendimiento en comparación con el testigo, por otro lado Toalombo (2014), comparó 3 bioles elaborados a base de tres diferentes estiércoles (bovino, cuy y cerdo) para el cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth); obteniendo como resultados que el biol de bobino aumentó el crecimiento del cultivo de mora, identificando que el uso de biol

es una alternativa viable para Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria, una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible, con la finalidad de garantizar una vida saludable.

## **5. Conclusiones**

Se evaluó el rendimiento de biogás como combustible para cocina (preparación de alimentos) obteniendo un porcentaje promedio de 84.48 %, en la cual comparando dichos resultados de cocción de arroz (35 min), agua para café (15 min), camote (48 min) y pallares (55 min) con los resultados obtenidos utilizando gas propano en la preparación de alimentos, se identificó que el uso del biodigestor tubular de geomembrana de PVC de volumen total de 12 m<sup>3</sup> en la presente investigación, ha sido un componente indispensable para la evaluación del rendimiento de biogás producido del estiércol de ganado vacuno como combustible para cocina, ya que el uso de biogás es eficiente y viable para la preparación de alimentos por el poder calorífico que presenta, especialmente en las zonas rurales, que carecen de acceso al gas propano, de tal forma también contribuye a reducir el impacto ambiental generado por el estiércol a cielo abierto del ganado vacuno

La mejor influencia de Biol aplicado en las parcelas experimentales de cilantro (*Coriandrum sativum*) se logró en el Tratamiento 3 utilizando una dosis de 6L, obteniendo resultados promedios de: peso 628 g, longitud de tallo 21 cm, profundidad de raíz 9.50 cm, Número de Hojas 87 Und; superando a las parcelas de Tratamiento 1 (empleando 2 L de biol) y Tratamiento 2 (empleando 4 L de Biol), quienes obtuvieron datos menores debido a la concentración utilizada; convirtiendo al Biol como un fertilizante orgánico óptimo para sembrío de cilantro ya que tiene la capacidad de enriquecer y mejorar la calidad del suelo.

## **6. Recomendaciones**

Realizar comparaciones de Rendimiento de Biogás entre varios Biodigestores para lograr realizar pruebas estadísticas y poder evaluar los factores que influyen para la obtención de un biogás.

Realizar mediciones semanales de los componentes del biogás, con la finalidad de evaluar el incremento de cada uno de los compuestos.

Realizar ensayos usando biol obtenido del estiércol de ganado vacuno en la producción de otro tipo de hortaliza.

## **7. Ética y conflicto de intereses**

Los autores declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, durante el estudio y producción del manuscrito; Asimismo no hay ningún tipo de conflictos de intereses.

## **8. Agradecimientos**

Las autoras de este trabajo de investigación agradecemos.

A Dios, por otorgarnos sabiduría y la ganas para culminar esta etapa de universidad.

A nuestros padres, por el gran apoyo en todo aspecto durante este proceso de la tesis.

A nuestro asesor, por el apoyo incondicional brindado.

A nuestra casa de estudios Universidad Peruana Unión, por albergarnos valores y enseñanzas de alto nivel.

## Referencias

- Álvarez, N. (2016). *Procesos de Adsorción para la Captura de CO<sub>2</sub> en Corrientes de Biogás*.
- Barrios, M. (2010). Importancia del Fósforo en el suelo. *INIA, Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Yaracuy*, 6. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/231-fosforo\\_suelo\\_animal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/231-fosforo_suelo_animal.pdf)
- Barrena, M. (2019). Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa Chachapoyas, Amazonas, Perú. *ARNALDOA*, 10.
- Benavides, N. (2007). *Guía Práctica de Exportación de Cilantro a EE.UU.* Managua. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B3444e/b3444e.pdf>
- Broncano, E. (2019). *Beneficios de la Producción de Biogás y Bioabonos Usando Estiércol de Gnado Vacuno, Pulpa de Café y Aguas Mieles en el Centro Poblado de Aguas Verdes, Pardo Miguel Naranjos, Rioja, San Martín*. Chachapoyas. Obtenido de <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1923>
- Carvajal, A. (2018). Characterization of the Calorific Power of the Residual Biomass of Cacao CCN51 through Anaerobic and Thermochemical Gasification Processes. *Redalyc*, 6.
- Colpos, T. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Revista Agro Productividad*, 7. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/249320586.pdf>
- Cubas, F. (2017). Producción de biogás y biabonos utilizando estiércol de bobino. 2.
- Cuenca, V. (2015). *Producción de Culantro en Suelos pesados en la granja experimental Santa Ines, como materia prima para Elaboración de fitofarmacos*. Machala. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1113/7/CD330\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1113/7/CD330_TESIS.pdf)
- Díaz, J. (2017). *Características Físicoquímicas y Microbiológicas del Proceso de Elaboración de Biol y su Efecto en Germinación de Semillas*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2792>
- Enrique, G. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 12. Obtenido de [http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art\[1\]%204%20Abonos.pdf](http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art[1]%204%20Abonos.pdf)
- FAO. (2003). *Los Fertilizantes y Usos en el Suelo*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- FONCODES. (2016). *Programa de Adaptación al Cambio Climático - Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, Compost y humus*. Perú. Obtenido de <https://cooperacionsuiza.pe/wp-content/uploads/2019/06/HAKUYWINAY.pdf>

- Gerardi, M. (2016). *The Microbiology of Anaerobic Digester* (en línea). New Jersey, US. 188. Obtenido de <http://es.bookzz.org/book/544947/69db99>
- Gonzales, B. (2019). Efectos de los macronutrientes en el crecimiento de *Lactuca Sativa*. *BInvestigación*, 10. Obtenido de <https://revistas.uaa.mx/index.php/bi/article/view/1806>
- Gonzalvez, V. (2008). *Manual Técnico de Fertilización y el Balance de Nutrientes en Sistemas Agroecológicos*. Catarroja. Obtenido de <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>
- Hellenthal, M. (2019). Rendimiento del biogas como combustible para cocina e iluminación producido en biodigestor tubular en La Providencia, Luya – Amazonas. 12.
- Hernandez, J. (2003). *Crecimiento y desarrollo del Cilantro por Efecto de Fotoperiodo y Temperatura*. Marin. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/5784/1/1020148421.PDF>
- Hernández, J. (2018). *Evaluación de los procesos de transferencia de masa que ocurren durante la purificación de biogás empleando membranas*.
- Kossmann, W. (2016). *Biogas Digest*. Obtenido de [https://biogas.ifas.ufl.edu/ad\\_development/documents/biogasdigestvoll1.pdf](https://biogas.ifas.ufl.edu/ad_development/documents/biogasdigestvoll1.pdf)
- Larriva, N. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el Suelo y plantas. *Ciencias de la vida*, 2. Obtenido de <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/1178>
- Lopez, E. (2012). *Estudio de las Unidades Calor y Fotoperiodo en el Desarrollo del Cultivo de Cilantro (Coriandrum sativum L.)*. Mexico. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/668/T10940%20LOPEZ%20REYES,%20ELEAZAR%20TESIS.pdf?sequence=1>
- López, G. (2017). *Fundamentos Teóricos y propuesta de un proceso para la práctica del envasado del Biogás libre de CO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>S*. El Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15120/1/Fundamentos%20te%C3%B3ricos%20y%20propuesta%20de%20un%20proceso%20para%20la%20pr%C3%A1ctica%20del%20envasado%20de%20biog%C3%A1s%20libre%20de%20CO2%20y%20H2S%20en%20El%20Salvador.pdf>
- Marcus, R. (2008). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas*, 7. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1071/1071>
- Marin, L. (2016). *Purificación Biológica de Biogás*. Santiago de Chile.
- Melgar, R. (2019). Nutrientes importantes en el cultivo de Gruesa. *Agrolluvia*, 5. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/Ricardo->

Melgar/publication/264881085\_Uso\_de\_Micronutrientes\_en\_Cultivos\_de\_Gruesa/links/51cdc920cf20d5fbde55c7d/Usode-Micronutrientes-en-Cultivos-de-Gruesa.pdf

Morero, B. (2013). Simulación del Proceso de Absorción Química con Soluciones de Aminas para la Purificación Biogás. *Scielo*, 8.

Rodriguez, J. (2012). Impactos y Regulaciones Ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Scielo*, 12. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004)

Savran, V. (2012). Producción de Biogás y Bioabonos a partir de efluentes de Biodigestores. *Scielo*, 35(2), 8. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200009)

Silva, A. (2017). Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento. *Scielo*, 7. Obtenido de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=s2301-15482017000200031&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=s2301-15482017000200031&script=sci_arttext)

Toalombo, M. (2014). *Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo Biol al cultivo de mora (Rubus glaucus Benth)*. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6490>

Trémols, J. (2015). *Importancia del azufre en la agricultura*. Artemisa. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Javier-Martinez-Pacheco-2/publication/324808288\\_GENES\\_INVOLVED\\_IN\\_BLACK\\_SHANK\\_RESISTANCE\\_AND\\_GENETIC\\_BREEDING\\_IN\\_CUBA\\_in\\_Spanish/links/5ae36085aca272ba507ce9e5/GENES-INVOLVED-IN-BLACK-SHANK-RESISTANCE-AND-GENETIC-BREED](https://www.researchgate.net/profile/Javier-Martinez-Pacheco-2/publication/324808288_GENES_INVOLVED_IN_BLACK_SHANK_RESISTANCE_AND_GENETIC_BREEDING_IN_CUBA_in_Spanish/links/5ae36085aca272ba507ce9e5/GENES-INVOLVED-IN-BLACK-SHANK-RESISTANCE-AND-GENETIC-BREED)