

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA**  
**DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**INGENIERIA AGROPECUARIA**



**PERFIL DEL PROYECTO DE INVESTIGACION PREVIO A LA**  
**OBTENCION DEL TITULO DE:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**“CARACTERIZACION DEL BIOL PRODUCIDO EN**  
**BIODIGESTORES DE TIPO TRADICIONAL Y DE CUPULA FIJA”**

**AUTOR:**

Gina Gabriela Pozo Sánchez

**DIRECTOR DE PROYECTO:**

Dr.C. Edison Samaniego Guzmán PhD

**SANTA CLARA - PASTAZA - ECUADOR**

**2019**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Gina Gabriela Pozo Sanche, con C.I: 1600641730, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el presente Proyecto de Investigación bajo el tema: “Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad, a la vez cedemos los derechos de autor a la Universidad Estatal Amazónica, para que pueda realizar publicaciones sobre la misma de la forma que crea conveniente, así como su almacenamiento tanto en medios físicos como electrónicos.

.....

Gina Gabriela Pozo Sanchez

C.I: 1600641730

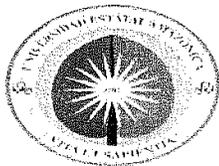
# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Por medio del presente, Yo, Dr.C. Edison Samaniego Guzmán PhD, con C.I: 0601811276, certifico que la egresada, Pozo Sanchez Gina Gabriela, realizó el Proyecto de Investigación titulado: “Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija” previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria bajo mi supervisión.

.....

Dr.C. Edison Samaniego Guzmán PhD

**DIRECTOR DE PROYECTO**



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA  
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 200-SAU-UEA-2020

Puyo, 11 de febrero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la egresada POZO SANCHEZ GINA GABRIELA con C.I. 1600641730 con el Tema: “**Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija**”, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director del proyecto Dr. C. Samaniego Guzmán Edison, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 5%, Informe generado con fecha 11 de febrero de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

# **CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

El proyecto de investigación titulado: “**Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija**” fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

.....

Dr. Segundo Benedicto Valle Ramírez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....

Dr. Julio Cesar Muñoz Renjifo, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

MsC. Jorge Luis Alba Rojas  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por regalarme la vida, por permitirme tener una familia incondicional y darme una hermosa oportunidad de alcanzar un escalón más en mi vida.

Agradezco a mis padres y mis hermanas por brindarme su apoyo incondicional, quienes día a día me acompañaron y animaron para seguir adelante en este proceso.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica por la oportunidad que nos otorga a los ecuatorianos en el anhelado fin de conseguir los sueños de superación de todos los jóvenes.

A mi director de tesis el Dr. C. Edison Samaniego Guzmán PhD por compartir sus conocimientos y apoyarme en este proceso investigativo. De la misma manera agradezco a mi Co-tutora la Ing. Lizzaida Rojas Ledesma por su apoyo, dedicación y retroalimentación.

Gina Gabriela Pozo Sanchez

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedica a mi pequeña familia que me inspiraron y apoyaron para seguir adelante y poder cumplir mi sueño a mi hija Arleth. De igual manera a mis padres que me han sabido formarme con buenos valores, hábitos y costumbres, la cual me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

Gina Gabriela Pozo Sanchez

## RESUMEN

La utilización de insumos sintéticos en la agricultura ha representado el incremento de cosechas. Sin embargo, en el caso de los fertilizantes químicos, su inadecuado uso y aplicación ha generado deterioro ambiental, por lo que es importante buscar alternativas en la nutrición de cultivos. Una opción factible y ecológica son los abonos orgánicos. El objetivo al producir biol con estiércol ovino, fue caracterizar sus propiedades fisicoquímicas para aportar nuevos conocimientos en la agricultura y en posteriores investigaciones. Se utilizó un biodigestor tradicional de 200 litros y un moderno de 1100 litros, estacionarios. El muestreo se realizó en un período de 49 días. Los resultados del análisis fisicoquímico para el caso del pH de 6,5 a 6,8. En contenido de nutrientes en el biodigestor moderno en elementos como: potasio 0,38%, calcio 0.06%, magnesio 0.04%, boro 2.8%, hierro 4,5% y manganeso 1,8%. Los resultados del biodigestor tradicional son bajos en contenido de macro y micronutrientes, sin embargo, presenta valores altos en calcio 0.06, boro 0.8 y manganeso 1.9, lo que puede usarse como complemento a la fertilización química. La temperatura máxima que alcanzó en la descomposición del estiércol ovino fue de 50 °C a los 28 días de iniciado el proceso. En relación al costo de producción se obtuvo para el biodigestor tradicional un valor por litro de \$ 4,13 y para el moderno de \$ 3,04 debido a la tecnología de construcción lo que repercute en eficiencia del equipo al mejorar la producción.

Palabras claves: biol, estiércol, ovino, biodigestor, abono.

## **ABSTRACT**

The use of synthetic inputs in agriculture has represented the increase in crops. However, in the case of chemical fertilizers, their inappropriate use and application has generated environmental deterioration, so it is important to look for alternatives in crop nutrition. A feasible and ecological option is organic fertilizers. The objective of producing biol with sheep manure was to characterize its physicochemical properties to provide new knowledge in agriculture and in subsequent research. A traditional 200-liter digester and a modern 1100-liter stationary biodigester were used. Sampling was performed over a period of 49 days. The results of the physicochemical analysis in the case of pH from 6.5 to 6.8. In nutrient content in the modern biodigester in elements such as: 0.38% potassium, 0.06% calcium, 0.04% magnesium, 2.8% boron, 4.5% iron and 1.8% manganese. The results of the traditional biodigester are low in macro and micronutrient content, however, it has high values of calcium 0.06, boron 0.8 and manganese 1.9, which can be used as a complement to chemical fertilization. The maximum temperature reached in the decomposition of sheep manure was 50 oC 28 days after the process began. In relation to the cost of production, a value per liter of \$ 4.13 was obtained for the traditional biodigester and for the modern one of \$ 3.04 due to construction technology, which has an impact on the efficiency of the equipment by improving production.

Keywords: biol, manure, sheep, biodigester, fertilizer.

# ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS .....	¡Error! Marcador no definido.
INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE FIGURAS DE LOS ANEXOS .....	6
INDICE DE TABLAS DE ANEXOS.....	6
CAPITULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
5. OBJETIVOS.....	3
5.1. Objetivo General.....	3
Caracterizar el biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija .....	3
5.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPITULO II.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
2.1. Biodigestores.....	4
2.2. Componentes del Biodigestor.....	5
2.3. Clasificación de los biodigestores.....	6
2.5. Tipos de Biodigestor.....	6
2.5. Importancia de los Biodigestores.....	8
2.6. Definición de Biol.....	9
2.9. Propiedades del biol.....	9
2.10. Importancia del biol.....	9
2.11. Verificación de la calidad del biol.....	10
2.12. Aplicación del biol.....	10
2.13. Materiales para la elaboración del Biol .....	11
2.11. Proceso de elaboración de Biol.....	12
CAPITULO III .....	13

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3.1. Localización de la investigación.....	13
3.2. Tipo de investigación. ....	13
3.3. Metodología de la investigación.....	14
3.4. Diseño de Investigación. ....	15
CAPITULO IV .....	16
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	16
CAPITULO V .....	28
5. CONCLUSIONES.....	28
6. RECOMENDACIONES .....	29
CAPITULO VI .....	30
7. BIBLIOGRAFIA .....	30
8. ANEXOS.....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biodigestor modelo chino. Fuente: Ribera, (2011).....	7
Figura 2. Biodigestor modelo Bacht (tradicional).....	8
Figura 3. Mapa de las provincias Napo y Pastaza. Ubicación de la zona de estudio, CIPCA (en verde). Fuente: SIG, UEA, (2018).....	13
Figura 4. Biodigestores A (Biodigestor Moderno) y B (Biodigestor Tradicional). ....	14
Figura 5. Rango de pH del biol de ambos biodigestores. ....	16
Figura 6. Temperatura en el proceso de descomposición.....	17
Figura 7. Nitrógeno Total del Biol. ....	18
Figura 8. Fosforo del biol. ....	19
Figura 9. Potasio en el biol. ....	20
Figura 10. Calcio del Biol ....	22
Figura 11. Contenido de Micronutrientes (ppm) del Biol obtenido en el biodigestor tradicional. ....	23
Figura 12. Contenido de micronutrientes (ppm) del Biol obtenido en el biodigestor moderno. ....	23
Figura 13 Costo por litro de biol producido (incluido equipo) en el primer año .....	25
Figura 14. Costos de biol producido por litro (sin incluir equipos) en el segundo año.....	26
Figura 15. Costos de cada fase de producción y costos totales de producción. ....	27

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calendario de alimentación de los biodigestores. ....	15
--	----

## INDICE DE FIGURAS DE LOS ANEXOS

Figura 1. Recolección de materia prima estiércol ovino .....	33
Figura 2. Limpieza del biodigestor moderno. ....	33
Figura 3. Elaboración del biodigestor tradicional. ....	34
Figura 4. Instalación del biodigestor tradicional .....	34
Figura 5. Pesaje de la materia prima.....	35
Figura 6. Primera carga del biodigestor moderno. ....	35
Figura 7. Carga de agua al biodigestor moderno.....	36
Figura 8. Carga de materia prima en el biodigestor tradicional. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 9. Carga de agua en el biodigestor tradicional .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 10. Carga de cachaza al 5% en el Biodigestor moderno. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	

## INDICE DE TABLAS DE ANEXOS.

Tabla 1.- Temperatura de la descomposición de la materia prima.....	37
Tabla 2.- Resultados de los análisis de composición química del biol.....	37
Tabla 3. Costos de producción. ....	38
Tabla 4. Costos de producción de biol incluido equipos.....	39
Tabla 5. Costos de Producción de biol (sin incluir equipos).....	40
Tabla 6. Costos totales de producción.....	40

# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen varias razones bien fundamentadas para usar métodos orgánicos o ecológicos. La agricultura convencional agroquímica se basa en la dependencia del agricultor en tecnologías industrializadas que requieren alta inversión de dinero y que debido a su flujo unidireccional (al no permitir la posibilidad de reciclar) lleva a la contaminación y degradación ambiental y dificulta el desarrollo económico del sector rural; una situación "insostenible" a largo plazo (Cajamarca, 2012).

La aplicación de compuestos orgánicos es la alternativa para el mejoramiento del suelo, estos aumentan a lo largo del tiempo capa orgánica del suelo y con su aplicación frecuente se mejoran características importantes para el manejo productivo: compactación, permeabilidad, aireación, pH, absorción de nutrientes y humedad, entre otros. Sin embargo su uso no es muy generalizado en virtud del tiempo de respuesta que genera sobre el suelo; normalmente más lento, que las generadas por compuestos químicos (Arango, 2017).

El biol, es una alternativa natural, capaz de promover y estimular el desarrollo de las plantas y sobre todo mejora y activa el poder germinativo de las semillas, el proceso se lo realiza en un biodigestor, es un poco lento, pero da buen resultado (Montesinos, 2013).

Es por ello que es fundamental, crear alternativas nuevas para las futuras generaciones, con el fin de que aprovechen el suelo, sin deteriorarlo; y así su alimentación sea más sana y de calidad. Por esta razón se propone evaluar un biol (abono orgánico), con base de estiércol ovino en un biodigestor de cúpula fija y en uno tradicional, para determinar su tiempo de descomposición, la composición química, comparando los dos sistemas.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador y particularmente en la región amazónica los suelos se caracterizan por tener bajo contenido de materia orgánica, nutrientes con un bajo potencial de retención, especialmente en lo referente al calcio, al potasio y al fósforo, un pH bajo, es decir, suelos ácidos, en estos suelos se evidencia una gran cantidad de arcilla, aproximadamente de un 30% esto hace que el suelo amazónico sea impermeable y no deje un flujo de agua natural, debido a la influencia de factores ambientales como la temperatura y precipitación, que causan el lavado de nutrientes por lixiviación o por filtración a capas más profundas, estos factores empobrecen los suelos afectan directa a los cultivos desde la germinación, fases fisiológicas, productividad y reproducción (Garden, 2017).

Los fertilizantes químicos son de rápida absorción no son recomendables para la amazonia, debido a los altos índices de precipitación, no existe suficiente tiempo de retención en el suelo para ser asimilado por la planta, lo que requeriría tiempos más cortos de repetición incrementando los costos de producción, dejando de ser rentable para el agricultor. Con estos antecedentes se justifica buscar nuevas alternativas para suministrar nutrientes al suelo, que permitan un mayor tiempo de retención y por tanto mayor asimilación de la planta. La elaboración de biol en la agricultura permite mejorar la calidad del suelo; en su estructura, textura, intercambio catiónico, actividad microbiana, productividad lo que aporta a incrementar los ingresos de los agricultores, elevando el nivel de vida de la familia campesina, contribuyendo a una agricultura sostenible y sustentable que tributa a mejorar la soberanía alimentaria de los sectores más vulnerables (Intagri, 2019).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El principal problema que tienen los productores amazónicos en el campo, es el tipo de suelo con pH ácidos, bajos niveles de nutrientes debido principalmente a la erosión hídrica, arrastre de nutrientes por elevadas precipitaciones, la utilización inadecuada de productos químicos lo cual afecta el rendimiento y la productividad de los cultivos. Es por ello que existe la necesidad de buscar nuevas alternativas para nutrir a los cultivos y mejorar la calidad del suelo, productos que contribuyan a mejorar la retención, estructura, textura, aporten nutrientes, disponibles para las plantas en largos períodos de tiempo, mejorando la productividad y conservación ecológica.

### **4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La baja capacidad productiva de los suelos de Pastaza se puede mejorar con el uso de biol como alternativa que ayude a mejorar el incremento de la productividad de los cultivos?

### **5. OBJETIVOS.**

#### **5.1. Objetivo General.**

Caracterizar el biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija

#### **5.2. Objetivos Específicos.**

- Evaluar la composición física ( temperatura, ph) del biol obtenido en biodigestores de tipo tradicional y de cupula fija.
- Determinar la composición química (N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn, Fe ) del biol obtenido en biodigestores de tipo tradicional y de cupula fija.
- Valorar los costos de producción de los biodigestores y del biol.

## CAPITULO II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

MAGAP, (2014), menciona que el Biol es un fitoestimulante de origen orgánico, producto de la descomposición anaeróbica (sin la acción del aire) de los desechos orgánicos animales a través de una filtración o decantación.

Meza, (2015), manifiesta que el biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno. Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentables ecológicamente y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente, por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para obtener biol es a través de “biodigestores”.

El Biol es el resultado de la fermentación de estiércol y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio. Tras salir del biodigestor, este material ya no huele y no atrae insectos una vez utilizado en los suelos. Es un producto estable biológicamente, rico en humus y una baja carga de patógenos (Meza, 2015).

El biol contiene bastante materia orgánica, en el caso del biol de bovino podemos encontrar hasta 40.48%, y en el de porcino 22.87%. El biol agregado al suelo provee materia orgánica que resulta fundamental en la génesis y evolución de los suelos, constituye una reserva de nitrógeno y ayuda a su estructuración, particularmente la de textura fina. La capacidad de fertilización del biol es mayor al estiércol fresco y al estiércol compostado debido a que el nitrógeno es convertido a amonio ( $\text{NH}_4$ ), el cual es transformado nitratos (Ribera, 2011).

#### 2.1. Biodigestores.

El biodigestor es una cámara hermética donde se acumulan residuos orgánicos (vegetales o excremento de animales) mediante un proceso natural de bacterias (anaerobias) presentes en los excrementos que descomponen el material contenido en metano y en fertilizante (Pacheco, 2010).

Al especificar que se puede tomar cualquier forma se está indicando que se utilizan tanques cilíndricos, rectangulares, esféricos o semiesféricos, dependiendo de las preferencias del usuario y de las facilidades que se tenga para su construcción. Sin embargo, desde el punto de vista físico y del proceso no se recomienda emplear tanques rectangulares; requieren mayor cantidad de materiales de construcción y crean dentro de la masa en digestión zonas de diferentes composición y temperatura que impiden obtener mayor provecho del sistema (Zuñiga, 2007).

Los biodigestores ayudan a proteger el medio ambiente, por eso es muy importante la producción de materia orgánica obtenida de la vegetación, suelo, los seres vivos, el agua, el aire, los cuales por medio de algunos procesos se convierten en biol útil para hacer funcionar los biodigestores (Andi, 2016).

Un digestor es un receptor de materia orgánica a fermentar (excremento de animales, humanos y desechos vegetales (evitando cítricos los cuales causan acidificación de la muestra), este contenedor cerrado también llamado reactor debe ser hermético e impermeable, en el cual se producirá la fermentación anaeróbica, generando bioles ricos en nitrógeno, fósforo y potasio y produciendo gas metano, (Fregoso, 2001).

## **2.2. Componentes del Biodigestor.**

FAO, (2011), describe las partes respectivas que debe tener un biodigestor para un correcto funcionamiento.

### **Sistema de Carga**

Es la puerta de ingreso al biodigestor, utilizado para el monitoreo de pH, temperatura del sustrato. Ayuda a la homogenización de la materia prima.

### **Tanque de digestión**

Es en el tanque donde se produce la fermentación anaeróbica, esta debe cumplir las condiciones anaeróbicas requeridas e impermeabilidad y puede ser construida de hormigón, metal, o cualquier material resistente a infiltraciones.

## **Cámara de gas**

Esta cámara debe almacenar gas y ser resistente a fugas, puede ser de cúpula fija, depósito flotante o cámara flexible

## **Sistema de descarga**

Es el contenedor de descarga que por diferencia de presión descarga la materia transformada (biol) obtenido de la degradación anaerobia.

### **2.3. Clasificación de los biodigestores.**

Andi, (2016), menciona que los biodigestores se pueden categorizar según su forma de alimentación, de los cuales tenemos:

**Sistema discontinuo:** El modelo tipo bacht es el más nombrado en el sistema de biodigestores discontinuos, este tipo se alimenta una sola vez de forma total y se cierra herméticamente, en un lapso de tiempo de 20 a 50 días, dando como productos biol y gas.

**Sistema semicontinuo:** los modelos representativos es el tipo Chino e Hindú, pueden ser implementados en las zonas urbanas como rurales y son de pequeña y mediana escala, generando una producción diaria de gas provocada por la digestión anaeróbica.

**Sistema continuo:** son ejecutados a gran escala con una alimentación de flujo constante, se implementan equipos para la alimentación, calefacción, agitación y control del biodigestor.

### **2.5. Tipos de Biodigestor.**

#### **Modelo Chino**

Este reactor consiste en una cámara de gas-firme construida de ladrillos, piedra u hormigón. La cima y “fondos son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas de mortero para hacerlo firme, cuando se extrae el gas a

través de un tubo instalado en la campana misma. Para evitar que la campana se ladee, se construye un soporte de hierro como guía, (Figura 1) (Pacheco, 2010).



Figura 1. Biodigestor modelo chino. Fuente: Ribera, (2011)

### **Modelo Bacht (Discontinuo)**

Este tipo consiste en una batería de tanques o depósitos herméticos (digestores) con una salida de gas conectada con un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Este tipo se alimenta una sola vez de forma total y se cierra herméticamente, en un lapso de tiempo de 20 a 50 días, dando como productos el biol y gas.

Estos tipos de biodigestores admiten mayor carga de materiales y poco diluidos, por lo que el requerimiento de agua es menor que en los sistemas continuos. Otro aspecto a favor es que no son afectados por presencia de material pesado como tierra o arena.

Este modelo está destinado a pequeñas y grandes explotaciones agropecuarias, su uso a escala doméstica es poco práctico, (Figura 2).

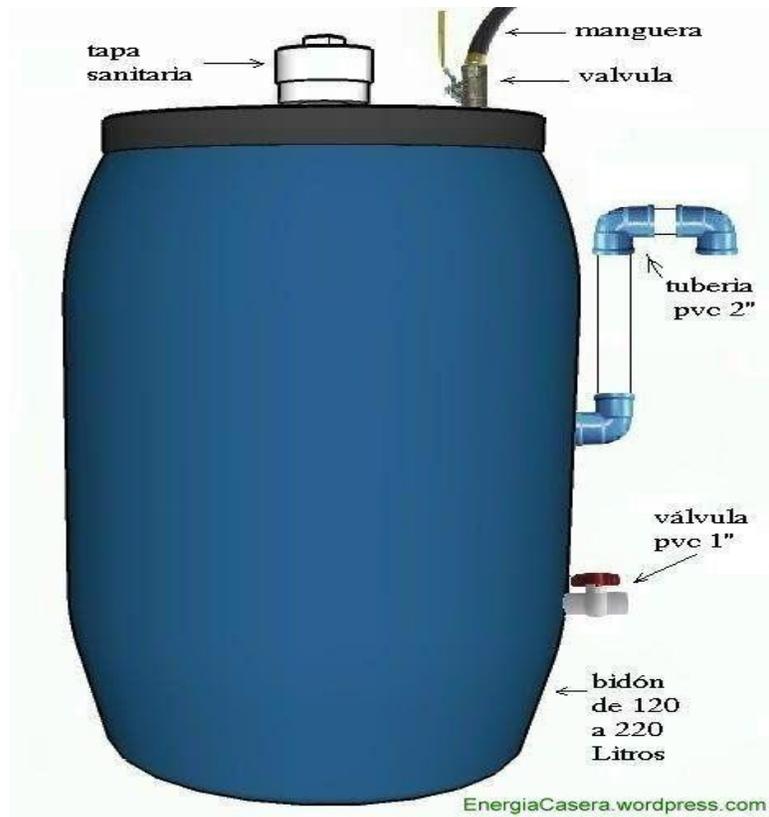


Figura 2. Biodigestor modelo Bacht (tradicional)

## 2.5. Importancia de los Biodigestores.

Los biodigestores son importantes ya que nos ayudan a producir un bio-fertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio, capaz de competir con los fertilizantes químicos, que son más caros y dañan el medio ambiente, también permiten disminuir la tala de los bosques al no ser necesario el uso de leña para cocinar, ayudan a eliminar los desechos orgánicos, por ejemplo, la excreta animal, que contaminan el medio ambiente y es una fuente de enfermedades para el hombre y los animales (Zuñiga, 2007).

De igual manera los biodigestores tienen riesgos y consideraciones especiales que se deben tomar en cuenta como: La temperatura de la cámara de digestión debe mantenerse entre 20° C y 60° C; esta puede ser limitante en lugares extremos, el biogás contiene un subproducto llamado sulfato de hidrógeno, el cual es un gas corrosivo y tóxico para los seres humanos, al igual que cualquier otro gas combustible, existe el riesgo de explosión o incendios por un mal funcionamiento, mantenimiento o seguridad (Cayturo, 2015).

## **2.6. Definición de Biol.**

Es un fertilizante foliar (líquido) de origen orgánico, que es producto de la descomposición anaeróbica (sin aire), de los desechos orgánicos y sustratos de plantas (Leguminosas: Alfalfa, Arveja, Haba, etc.) y estiércol fresco de animales (Vacuno, Porcino, Ovino, Gallinas, Cuy, etc.) que se obtienen por medio de la filtración del bio-abono y que se aplica a los cultivos para mejorar su crecimiento y desarrollo estimulando una mayor resistencia a plagas y enfermedades (Mejía, 2011).

## **2.9. Propiedades del biol.**

El biol además de ser fuente de nutrientes (N, P, K, Ca, S), también es un fitoregulador de crecimiento porque contiene fitohormonas que aceleran el crecimiento del follaje (vigor), inducen a la floración y fructificación y aceleración la maduración de los cultivos. El uso de algunas especies vegetales con características biosidas en la elaboración de biol, lo cual convierte adicionalmente en un bioplaguicida que reduce el ataque de ciertas plagas y enfermedades. Algunas plantas biosidas conocidas son: Ajenjo (*Artemisa* sp), Eucalipto (*Eucaliptos globulus*), Paico (*Chenopodium ambrosoides*), Ortiga (*Urtica* sp.), etc (Mamani, 2010).

## **2.10. Importancia del biol.**

El biol es un abono orgánico líquido que promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas, permitiendo un mejor desarrollo de las raíces, hojas, flores y frutos. Estos fertilizantes son de rápida absorción para las plantas, ayudando a revitalizar las plantas que sufre estrés, ya sea por plagas, enfermedades o interrupción de sus procesos normales de desarrollo mediante una oportuna, sostenida y buena nutrición. Asegura una mejor calidad de los productos en su presentación, durabilidad, manipulación y conservación, además de mayor peso en kilogramos por unidad de superficie. Mejorando el vigor del cultivo y permitiendo le soportar con mayor eficacia ataques de plagas, enfermedades y los efectos adversos del clima (INIA, 2008).

## **2.11. Verificación de la calidad del biol.**

Rivera, (2007), describe varios aspectos o parámetros que vale la pena observar para verificar la calidad de los biofertilizantes fermentados.

**El olor:** Al abrir el tanque fermentador no debe haber malos olores (putrefacción). La tendencia es que entre más dejemos fermentar y añejar el biol, éste será de mejor calidad y desprenderá un olor agradable de fermentación alcohólica y se conservará por más tiempo.

**El color:** Al abrir el tanque fermentador, el biol puede presentar las siguientes características o una de ellas: Formación de una nata blanca en la superficie, entre más añejo el biol, más blanca será la nata, el contenido líquido será de un color ámbar brillante y traslúcido y en el fondo se debe encontrar algún sedimento. Cuando los biol no están bien maduros, o sea, que no se han dejado añejar por mucho tiempo, la nata superficial, regularmente es de color verde espuma y el líquido es de color verde turbio, esto no quiere decir que el biol no sirva, sino que cuando lo comparamos con el más añejo, este último (el añejo) es de mejor calidad, inclusive siendo más estable para su almacenamiento.

Los bioles serán de mala calidad cuando tengan un olor a putrefacto y la espuma que se forma en la superficie tienda hacia un color verde azulado y oscuro.

## **2.12. Aplicación del biol.**

La aplicación del biol en los cultivos es foliar y los mejores horarios para hacer esta tarea son las primeras horas de la mañana hasta más o menos las diez de la mañana y en las tardes, después de las cuatro, para aprovechar que en estos horarios hay una mayor asimilación de los biofertilizantes porque hay una mayor apertura de estomas (es por donde las plantas comen vía foliar, equivale a nuestra boca) en las hojas de las plantas. Se recomienda que su aplicación sea realizada preferiblemente de la parte de abajo de las hojas, hacia arriba. También pueden ser aplicados vía ferti-riego, goteo dirigido y de forma nebulizada en invernaderos (Rivera, 2007).

## **2.13. Materiales para la elaboración del Biol**

### **2.13.1. Estiércol.**

Los estiércoles son excrementos de los animales que resultan del proceso de digestión de los alimentos que consumen; generalmente entre el 60% y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se les da a los estiércoles antes de ser aplicados. El estiércol es considerado la principal fuente de abono orgánico, el adecuado manejo del estiércol es una excelente alternativa para mejorar las características físicas y químicas del suelo y asimismo brindar una fuente de nutrientes a las plantas, puede ser manejado y almacenado como sólido, (Roman, 2013).

Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10kg/ha al año, y de preferencia de manera diversificada. Para obtener mayores ventajas deben aplicarse después de ser descompuestos o fermentados, y de preferencia cuando el suelo está con la humedad adecuada. La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o secado) y de cómo se le haya manejado. Para la práctica y uso en general se puede considerar que el estiércol contiene: 0,5% de nitrógeno, 0,25% de fósforo y 0,5% de potasio, es decir que una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5 kg de nitrógeno, 2,5 kg de fósforo y 5 kg de potasio (Gavilanes, 1995).

Se debe evitar el uso del estiércol fresco, debido a que puede tener gérmenes de enfermedades, semillas de malas hierbas que se pueden propagar en los cultivos; por lo que es casi imposible abastecer las necesidades de los cultivos sólo mediante el estiércol. Otra fuente de fertilización para las plantas es la orina animal, que cuando es fermentada (llamada «purín») constituye un abono líquido rico en nitrógeno y fósforo (Huanca, 2018).

### **2.10.2. Estiércol Ovino.**

El estiércol de oveja es considerado rico en nutrientes y muy equilibrado, ya que son animales que se alimentan de pasto. Ahora que, si se encuentra muy fresco, es conveniente que se someta a un proceso de fermentación que dure 3 meses para que se degrade y sea apto para

mezclar con la tierra. A manera general, unos 30g de estiércol de oveja son lo equivalente 1 kg de estiércol de vaca. Además, otra gran virtud es que cuenta con pajullos, los cuales son excelentes para airear la tierra, siendo un aporte adicional de nitrógeno, (Erika, 2017).

Los excrementos de las ovejas y las cabras contienen 3 % de N, 1 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 2 % de K<sub>2</sub>O. La cabra con un peso corporal de 20 y 40 kg excreta de 0.320 a 0.625 kg de estiércol y orina de 0.374 a 0.498 litros, mientras que las ovejas con un peso corporal de 25-40 y 50-60 kg excreta de 0.370 a 1.430 kg por cabeza por día, (Iglesias, 2015).

## **2.11. Proceso de elaboración de Biol.**

El proceso se inicia con la instalación del biodigestor, que debe ser cerca de donde se recolecta la biomasa y a su vez donde haya una buena aireación, una vez instalado el biodigestor se procede a pesar el estiércol y/o los residuos de mercado u otros insumos a utilizar. No es necesario picar o cortar los residuos vegetales en trozos muy pequeños, (Fronteres, 2018).

Se coloca 50 kg de excremento de ganado (vacuno, ovino, porcino, cuy, etc.), vaciamos agua limpia hasta la mitad del tanque y mezclamos, se coloca los 4 kg de hojas picadas de leguminosas, 1 kg de cáscara de huevos molido, 1 litro de leche. Luego de colocar todos los ingredientes, se llena el tanque con agua, quedando unos 10 cm de la boca del tanque y mezclamos, se procede a tapar el tanque con su tapa o con plástico, amarramos con la piola herméticamente. En el centro de la tapa o en plástico tapa hacemos un agujero de un centímetro de diámetro y luego se introduce la manguera y el otro extremo va a una botella descartable con agua. Este compuesto debe permanecer en ese estado al menos unos dos o tres meses, tiempo en el cual se transformará los desechos de los animales y de las plantas dejando sus nutrientes en el agua. En la botella con agua se observa burbujas, esto es debido a la descomposición, (Ribera, 2011).

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1. Localización de la investigación.

La investigación se realizó, en el programa de Bio-Abonos en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica, de la Universidad Estatal Amazónica (CIPCA), localizada en el km 44 vía Puyo - Tena (Figura 3), cuya ubicación geográfica es de  $01^{\circ} 14' 4,105''$  de latitud sur y  $77^{\circ} 53' 4,27''$  de longitud oeste, a una altura de 584 msnm.



Figura 3. Mapa de las provincias Napo y Pastaza. Ubicación de la zona de estudio, CIPCA (en verde). Fuente: SIG, UEA, (2018)

#### 3.2. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es experimental se investigó la elaboración de un biol con base de estiércol ovino, se evaluó el tiempo de descomposición del estiércol, la composición química del Biol según el tipo de biodigestor.

### 3.3. Metodología de la investigación.

#### 3.3.1 Procedimiento

Se trabajó en un espacio experimental de 3 m de ancho y 6 m de largo en un área de 18 m<sup>2</sup>.

En esta área se encuentra instalado el biodigestor moderno modelo chino) que tiene una capacidad de 1000 litros y se instaló un biodigestor convencional de 200 litros.



Figura 4. Biodigestores A (Biodigestor Moderno) y B (Biodigestor Tradicional).

Para la preparación del biol se colocó 50 kg de estiércol fresco de ovino más 75 litros de agua, se concluirá la alimentación de los biodigestores con 5 kg de estiércol, llegando a obtener un total 155 kg de estiércol como materia prima y se procede a aplicar 5% de cachaza. Es importante recalcar que el estiércol se incorporará dos veces a la semana en el biodigestor moderno en diferentes dosis, como esta detallado en la Tabla 1.

Tabla 1. Calendario de alimentación de los biodigestores.

<b>Transición de la dieta por semana</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>Semana 1</b>					50kg de estiércol ovino
<b>Semana 2</b>	30kg de estiércol ovino				25kg de estiércol ovino
<b>Semana 3</b>	20kg de estiércol ovino				15kg de estiércol ovino
<b>Semana 4</b>	10kg de estiércol ovino				5kg de estiércol ovino
<b>Semana 5</b>	Incorporación de la cachaza (5%)				

En el biodigestor tradicional se colocó 125 kg de estiércol fresco de ovino, el agua en una relación; por cada 1 kg de estiércol, 1.5 litros de agua y se procede a tapar y sellar el tanque para evitar la entrada de oxígeno. Se añade agua dos veces por semana según sea necesario para mantener al nivel de la entrada de alimentación.

Una vez finalizada la alimentación de los biodigestores, se mido variables como: pH, temperatura, en cada uno de los biodigestores. Además, se tomaron muestras del biol y se envió al laboratorio del INIAP Santa Catalina de Quito, para determinar la composición química de macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg y S; y de micronutrientes: B, Zn, Fe, Mn y Cu. Se realizó el cálculo de los costos de producción en relación a la construcción de los biodigestores, materia prima y el costo de biol producido por litro de cada biodigestor.

### **3.4. Diseño de Investigación.**

El diseño que se implementó es de tipo descriptivo, donde se caracteriza el biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cúpula fija, la composición físico - química y los costos de producción de los biodigestores y biol.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

#### Composición física

##### pH

Nuestros resultados revelaron valores de pH de 6,5 para el T1 (Biol, Biodigestor tradicional) y 6,8 para el T2 (Biol, Biodigestor moderno), es decir T1 con un valor que lo ubica como un biol neutro, y el T2 como un Biol ligeramente ácido (Figura 6; Tabla 2 Anexos). Por el contrario, Ramos et al (2008), reportaron que en su estudio la influencia del pH en la actividad microbiana (producción de CO<sub>2</sub> y actividad deshidrogenasa) en poblaciones de microorganismos aerobios mesófilos viables, mohos y levaduras no presentaba diferencias significativas entre tratamientos (T1, estiércol bovino, T2 estiércol ovino + harina de huesos). En efecto el pH del Biol dependerá de múltiples factores, y un adecuado pH contribuiría a una buena relación en concentración de microorganismos presentes en el suelo y un buen desarrollo de las plantas, debido a que el pH es un factor crítico para el normal desarrollo de la actividad de microorganismos presentes en la fase líquida (Castillo, 2010). En nuestros resultados el Biol producido en el Biodigestor moderno (innovación tecnológica) obtuvo un pH ligeramente ácido, no obstante, siguiendo el estudio de Castillo (2010) quien reporta que los valores de pH óptimos deben mantenerse en un rango de entre 6 y 8, el pH (6,5; Figura 6) obtenido en el T1 en este estudio se encuentra en un rango óptimo y podría ser utilizado en la producción de diferentes cultivos en la amazonia ecuatoriana.

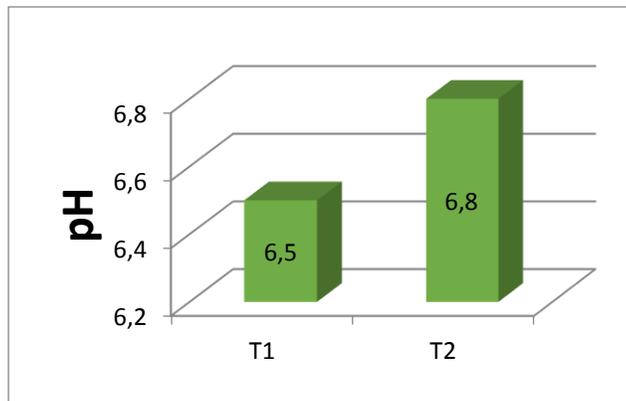


Figura 5. Rango de pH del biol de ambos biodigestores.

## Temperatura

El proceso de descomposición de la materia orgánica del biodigestor moderno generó un incremento y decremento de temperatura durante la fase de investigación, como se esperaba. La temperatura osciló entre 15 °C y 35 °C a los, 15 días y 56 días, respectivamente (Figura 6). La temperatura en el Biodigestor moderno en la primera medición registró una temperatura de 15°C, hasta alcanzar una temperatura máxima de 50 °C a los 28 días, a partir de esta medición la temperatura en este Biodigestor descendió a 35 °C y se mantuvo o se estabilizó hasta los 56 días. Este resultado como producto del comportamiento de la producción de biol con estiércol ovino en Biodigestor de moderno guarda relación con estudios como el de Acosta & Abreu, (2005), quienes estudiaron la producción de biol de estiércol de pollo, ovino y vacuno (cada uno como tratamientos diferentes) en dos biodigestores, observaron que la temperatura óptima en cada uno de estos rangos es difícil de predecir, ya que depende del tipo de residual, de las condiciones ambientales, entre otros. Es posible que se requiera de un mayor tiempo de observación y toma de datos para llegar a resultados definitivos, puesto que según otro estudio (Míderos, 2012) la temperatura tiene una gran influencia sobre la actividad biológica, afectando su capacidad catalítica como a la difusión del sustrato hacia las células. Además, que a más altas temperaturas las reacciones de biodegradación requieren menos energía de transformación, aunque estos sistemas de reacción son menos estables. Los bioles estarán listos para ser utilizados cuando después de preparados, pare o finalice el periodo más activo de la fermentación anaerobia del estiércol, lo cual es verificado cuando se haya paralizado por completo la salida de los gases por la manguera.

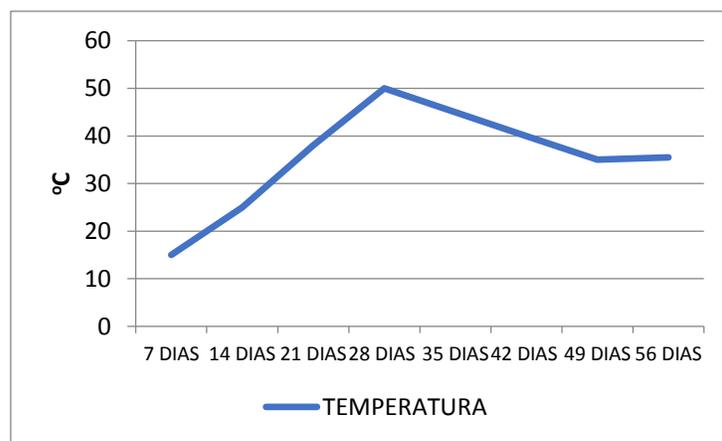


Figura 6. Temperatura en el proceso de descomposición

## Composición química

### Nitrógeno Total (N)

En los digestores utilizados en la investigación el contenido de N, tiene un valor de 0,01 % no presenta diferencias significativas entre los dos tipos de digestores, (Figura 7; Tabla 1 Anexos). Un estudio realizado por Moreira, (2016), cuya formulación fue de: 40,82 Kg estiércol fresco de bovino más 90 litros de agua, 9,07 Kg de residuos de haba (*Vicia faba*), 6 litros de leche de vaca y 6 litros de melaza, presento un contenido de nitrógeno de 0,05 %. Resultados similares encontró García, (2016), quien reporto un valor de 0,51 % de N, al realizarlo en un biodigestor de modelo chino, adicionando otro tipo de materia orgánica (melaza, ceniza, restos de cosecha), las mismas que posiblemente aportaron elementos ricos en N para una mayor concentración. Por los valores reportados en nuestra investigación, si se utiliza este producto en la etapa de crecimiento se debe complementar con algún tipo de fertilizante sintético para lograr llegar a niveles que requiere la planta de N y obtener buenos resultados. Nuestros resultados posiblemente se deben a que solo se utilizó como materia prima el estiércol ovino sin adicionar otro tipo de materia orgánica. La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o seco) y de cómo se le haya manejado (Tapia y Fries, 2007), o quizá requiere un mayor tiempo de descomposición en el biodigestor, el mismo que está fuera de la planificación del presente trabajo.

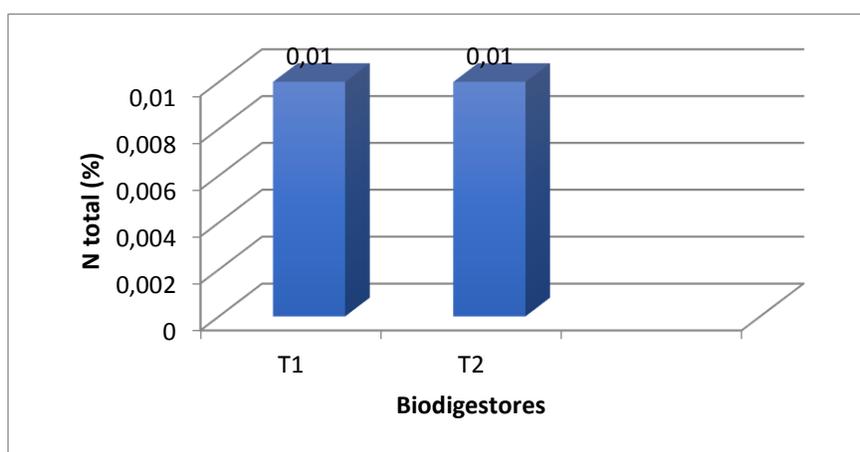


Figura 7. Nitrógeno Total del Biol.

## Fósforo (P)

El biodigestor moderno reporta valores de 0,02 % con respecto a este elemento, mientras que el digestor tradicional reporta 0,01 % de fósforo (Figura 8; Tabla 1 Anexos). Según el estudio realizado por Basantes, (2009), utilizando un biodigestor tradicional y con una formulación de: 50% estiércol de ovino, 10% de harina de sangre, 30% de roca fosforica, 10% de ceniza, humus, melaza, leche, alfalfa y levadura, obtuvo un contenido de Fosforo de 0,2%. Basantes en su investigación trabajó con estiércol ovino, pero adicionando otro tipo de materia orgánica las mismas posiblemente aportan para la mayor concentración de P que el obtenido en nuestro estudio. Por otro lado, un estudio realizado por Moreira (2016), cuyas materias primas son de 40,82 Kg estiércol fresco de bovino más 90 litros de agua, 9,07 Kg de residuos de haba (Vicia faba), 6 litros de leche de vaca y 6 litros de melaza, observo un de contenido, 0,12 % de fosforo; resultados que superaron los valores de P obtenidos en nuestro estudio. Al igual que Medina, (2019) en un estudio reciente utilizando una formulación de estiércol bovino lechero tuvo un resultado de 0,2% de P y de estiércol bovino lechero + alfalfa obtuvo valores de 0,3 %. Las concentraciones de P obtenidas en ambos biodigestores en nuestro estudio son bajas, posiblemente debido a que solo se utilizó estiércol ovino como materia prima para la elaboración del biol, este elemento es importante en la etapa de floración y fructificación de las plantas, P.

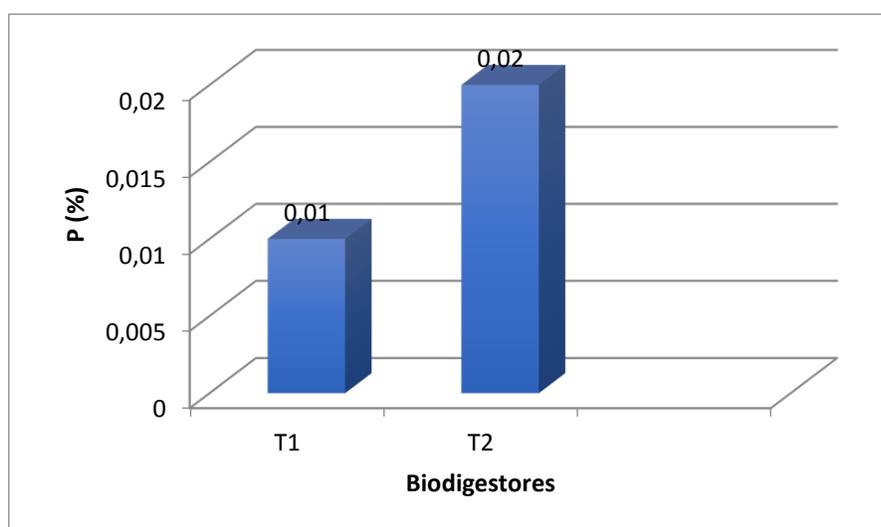


Figura 8. Fosforo del biol.

### Potasio (K)

La concentración de potasio presento valores de 0,38 % para el digestor moderno y de 0,02 % para el digestor tradicional, estos macronutrientes sobre sale en los resultados del biodigestor moderno, con relación a los demás macronutrientes por su altos porcentaje, lo que haría a este producto ideal para usar en la etapa de maduración del fruto, (Figura 9; Tabla 1 Anexos). Nuestra investigación presenta valores sumamente bajos a los reportados por varios autores; Gomez, (2018), realizó un estudio añadiendo estiércol + otras materias primas, en aquel estudio el Biodigestor tradicional alcanzo valores de 2,10 % K. Por otro lado, Medina (2019), utilizando un biodigestor tradicional utilizando una formulación de estiércol bovino lechero + alfalfa obtuvo una concentración de potasio de 2,1%. Sin embargo, un estudio realizado por Moreira, (2016), cuyas materias primas fueron: 40,82 Kg estiércol fresco de bovino más 90 litros de agua, 9,07 Kg de residuos de haba (*Vicia faba*), 6 litros de leche de vaca y 6 litros de melaza, presento un de contenido de potasio, 0,82 % K. Estos valores de K, varían de acuerdo al tipo de materia prima a utilizar en la preparación de biol.

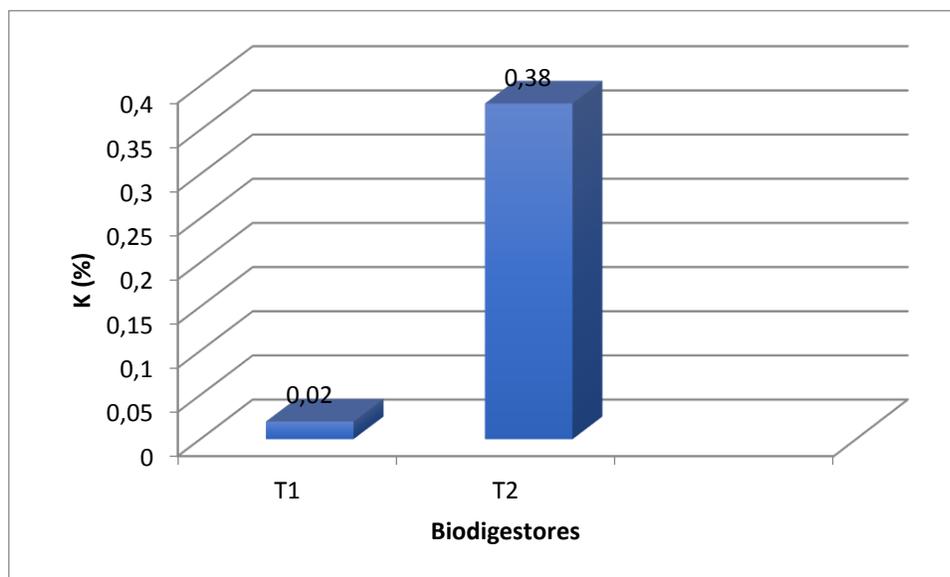


Figura 9. Potasio en el biol.

## **Calcio (Ca)**

La presencia de este elemento en el biol reporta valores similares para los dos tipos de biodigestores con 0,06 % (Figura 10; Tabla 1 Anexos). Sin embargo, se puede apreciar que es seis veces más alto que el N y tres veces superior a fósforo en ambos biodigestores, siendo el calcio un elemento complementario para el desarrollo de las plantas se debe realizar una dosificación adecuada el momento de calcular las dosis de aplicación.

Según el estudio realizado por Basantes, (2009); cuya formulacion para preparar el biol es de: 50% estiércol de ovino, 10% de harina de sangre, 30% de roca fosforica, 10% de ceniza, humus, melaza, leche, alfalfa y levadura, el bio obtenido reporta un contenido de Calcio es de 0,8%. La diferencia del contenido de Ca se considera a que Basantes utiliza materias primas como roca fosfórica y cenizas, elementos que contiene altas concentraciones de Ca, que se ven reflejas en el producto final, lo que demuestra que se debe utilizar otras materias primas cuando se trate de producir biol se realizo añadiendo otras materias primas. Medina, (2019), en el estudio cuya formulacion con la que trabajo es con: estiércol bovino lechero + alfalfa, el cual reporto valores de 0,4% Ca, estos valores son mas bajos que los que reporto de Basantes,(2009) en su estudio.

Segun el estudio realizado por Moreira, (2016), cuyas materias primas fueron: 40,82 Kg estiércol fresco de bovino más 90 litros de agua, 9,07 Kg de residuos de haba (Vicia faba), 6 litros de leche de vaca y 6 litros de melaza, presento un de contenido de 0,37% de Ca. La variación de estos macronutrientes depende a la cantidad y al tipo de materia prima que se utiliza para la elaboración de biol, ya que esto ayuda a tener una mejor concentración de macro y micronutrientes necesarios para los cultivos.



Figura 10. Calcio del Biol

### Microelementos

En relación a los micronutrientes, que son poco esenciales en la producción agrícola, se ha realizado una evaluación con la finalidad de aportar al conocimiento ya que los mismos generalmente no se reportan en estudios de este tipo. En los resultados se encontró que en relación a la concentración de micronutrientes tales como: Boro, Zinc, Cobre, Hierro y Manganeso; en la composición de los bioles T1 y T2. El biodigestor T1 presenta valores que van desde 0,01 ppm para el Zn, Cu, Fe, en el caso B y el Mn sobresalen de los anteriores con valores de 0,8 ppm B y 1,09 ppm para el Mn, estos elementos se consideran importantes en la biología de la planta ya que se necesitan en cantidades muy pequeñas, (Figura 11; Tabla 1 Anexos).

Rizo, (2010), señala y recalca que dichos elementos son de gran relevancia agronómica ya que la carencia de uno o más micronutrientes puede ser un factor limitante para el crecimiento o desarrollo de la planta. En cuanto al biodigestor moderno los valores son proporcionalmente superiores para los distintos elementos, sobresaliendo el Fe con 4,5 ppm, seguido del B con 2,8 ppm y el Mn con 1,8 ppm los otros elementos mantienen valores similares a 0,1 ppm, (Figura 12; Tabla 1 Anexos).

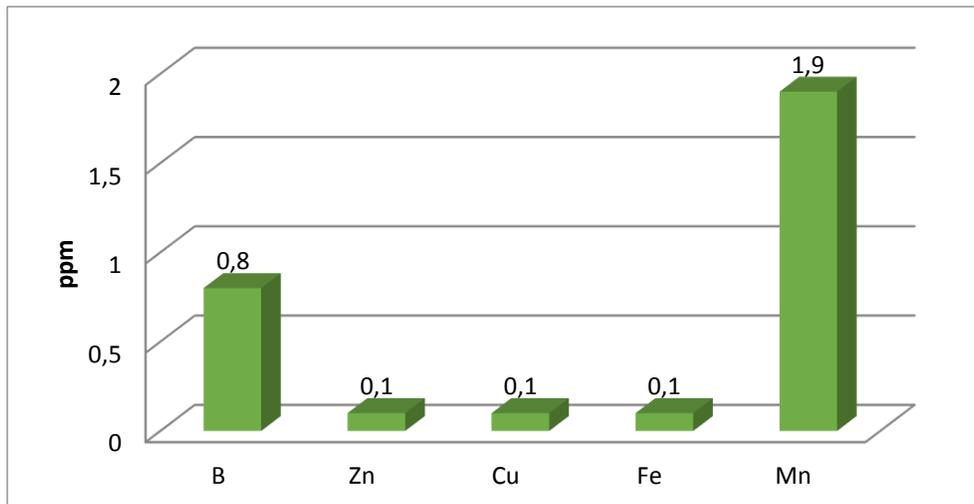


Figura 11. Contenido de Micronutrientes (ppm) del Biol obtenido en el biodigester tradicional. En términos generales los contenidos de minerales en el Biol T1 son menores a los valores que presenta el Biol T2, esta diferencia muy posiblemente se atribuye a la incorporación de cachaza, y a la diferencia de volumen utilizado para cada biodigester, aunque en relación al porcentaje (5 %) fue equivalente o similar para los dos casos; la cual aumentaría el contenido de minerales en su composición que aportarían al biol. En el estudio realizado por García, (2016), el cual reporta valores de micronutrientes altos en: Fe con un valor de 300 ppm, Cu un valor de 2,5 ppm, Mn con un valor de 40,7ppm y Zn con un valor de 5,3 ppm, este estudio fue realizado en un biodigester de domo fijo (modelo chino).

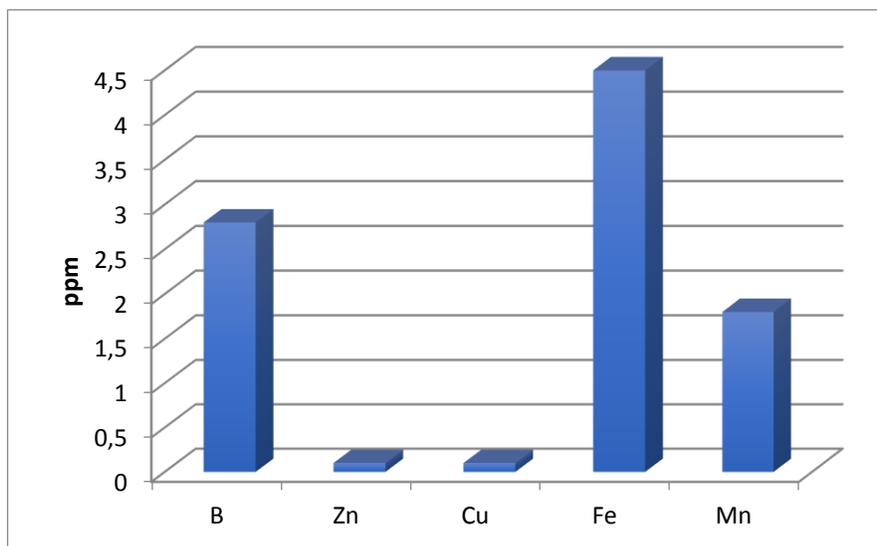


Figura 12. Contenido de micronutrientes (ppm) del Biol obtenido en el biodigester moderno.

En un estudio realizado por Moreira (2016) en Biodigestor tradicional, el contenido de micronutrientes encontrados fueron los siguientes: 2 ppm de Boro, 7 ppm de Zinc, 6 ppm de Cobre, 16 ppm de Hierro y 5 ppm de Manganeso. También es importante recordar que la aplicación del biol es mediante una dilución en el agua de riego, por lo que las cantidades de los minerales agregados al suelo serían bastante bajos con relación a las encontradas en el biol puro, por esta razón es importante complementar y agregar a los suelos de manera programada a través de los fertilizantes químicos. Prochnow (2009), menciona que para tener una buena producción de frutos en diferentes especies de cultivos, es importante aplicar abonos que contengan los micro y macronutrientes necesarios tanto para mejorar la estructura del suelo como el desarrollo y rendimiento de las plantas. De acuerdo a Warnars, (2014), el biol a base de estiércol presenta una excelente composición química cuando elabora con la utilización de otras materias primas, que aparentemente interactúan para mejorar la concentración y cantidad de micro y macronutrientes.

### **Costo de producción del biol**

Los resultados del análisis de los costos que intervienen para la producción de biol, considerando el valor estimado e invertido para la construcción de los equipos; se aprecia un incremento de un 53,12 % para el digestor moderno, debido a que utiliza mayor cantidad de accesorios, y mejor tecnología; sin embargo, esta diferencia de precio (\$ 0,90) en la producción con el tiempo se recupera. El digestor tradicional tiene menor costo \$ 1,02 por litro, en esta diferencia se hace evidente la influencia del valor de los materiales utilizados para la construcción (Figura 13; Tabla 4 Anexos).

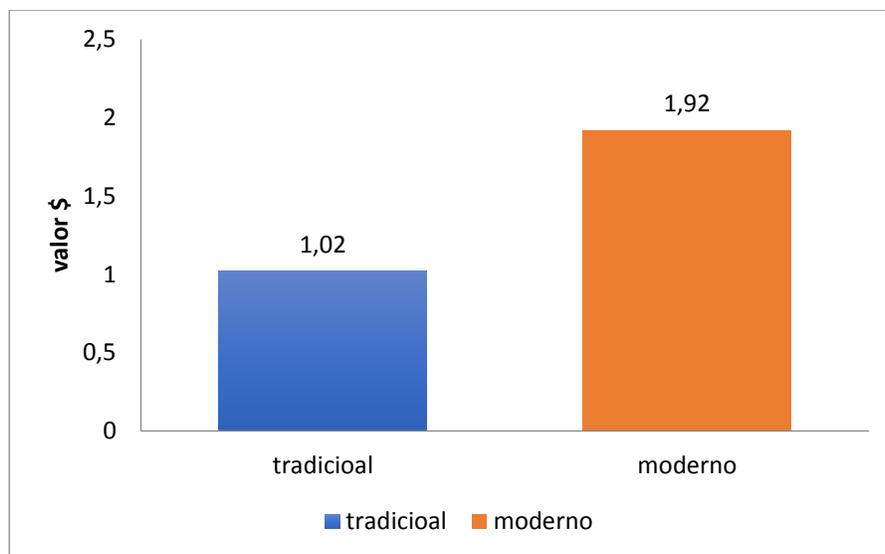


Figura 13 Costo por litro de biol producido (incluido equipo) en el primer año

Los resultados sin considerar el costo del biodigestor, con la finalidad de obtener el valor real de producción; así para el tradicional se tiene \$ 0,71 con una diferencia de un 5 % en más con relación al digestor moderno, que reporta un valor de \$ 0,67 por litro producido; si bien la diferencia no es significativa numéricamente, esta puede llegar a ser representativa si consideramos la cantidad total producida con relación a la vida útil del digestor, lo que repercute en la economía de los agricultores (Figura 14; Tabla 5 Anexos). Bedoya, (2008), reporta para la producción de 100 litros de Biol es de 55,5 dólares, lo que quiere decir que cada litro de Biol me cuesta producir 0,55 centavos. El costo mayor es el del tarro de 100 litros y los desechos orgánicos. El Biol sin embargo aumenta entre un 19% y 25% la producción de fréjol, según las evaluaciones realizadas. Esta diferencia se debe al tipo de materia prima utilizada, sin embargo, se mantiene en un rango apropiado.

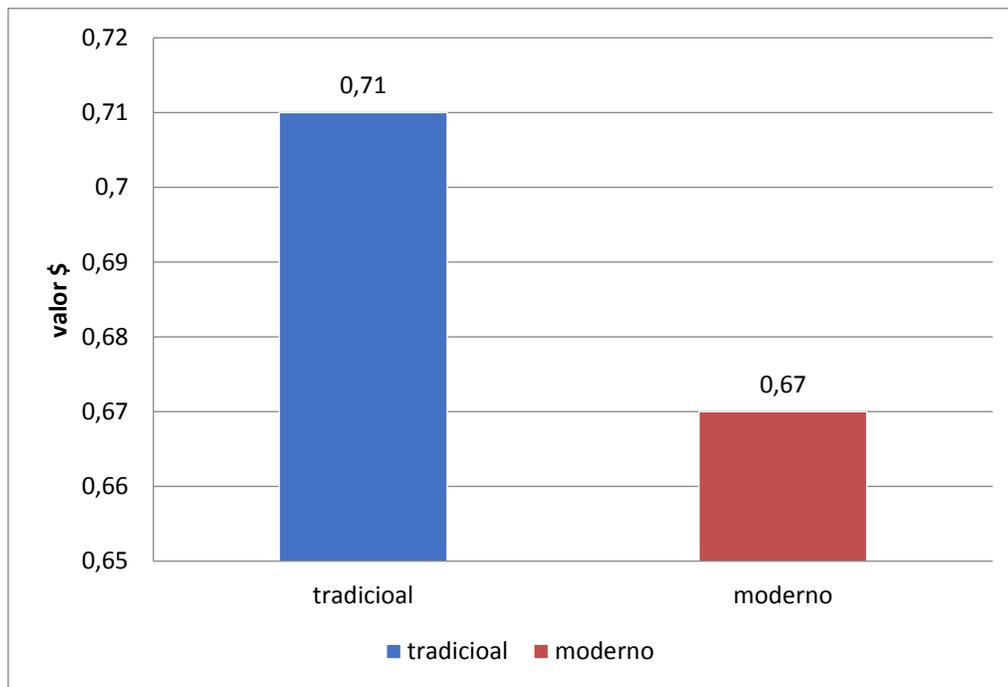


Figura 14. Costos de biol producido por litro (sin incluir equipos) en el segundo año.

Con relación a los costos totales, la construcción del digestor moderno sobresale con un valor de \$ 447,4 frente al biodigestor tradicional con un valor de \$ 60,7; esta diferencia está dada por el tipo de materiales que se utiliza para cada tipo de digestor, el número de jornales utilizados durante la construcción y la etapa de producción, mientras que con relación al costo de las materias primas utilizadas, la diferencia se basa en la cantidad utilizada según la capacidad de cada digestor, por tanto el análisis realizado en párrafos anteriores evidencia el costo real de producción de biol en un biodigestor, ya que el valor del equipo se recupera en la vida útil del mismo (Figura 15; Tabla 6 Anexos).

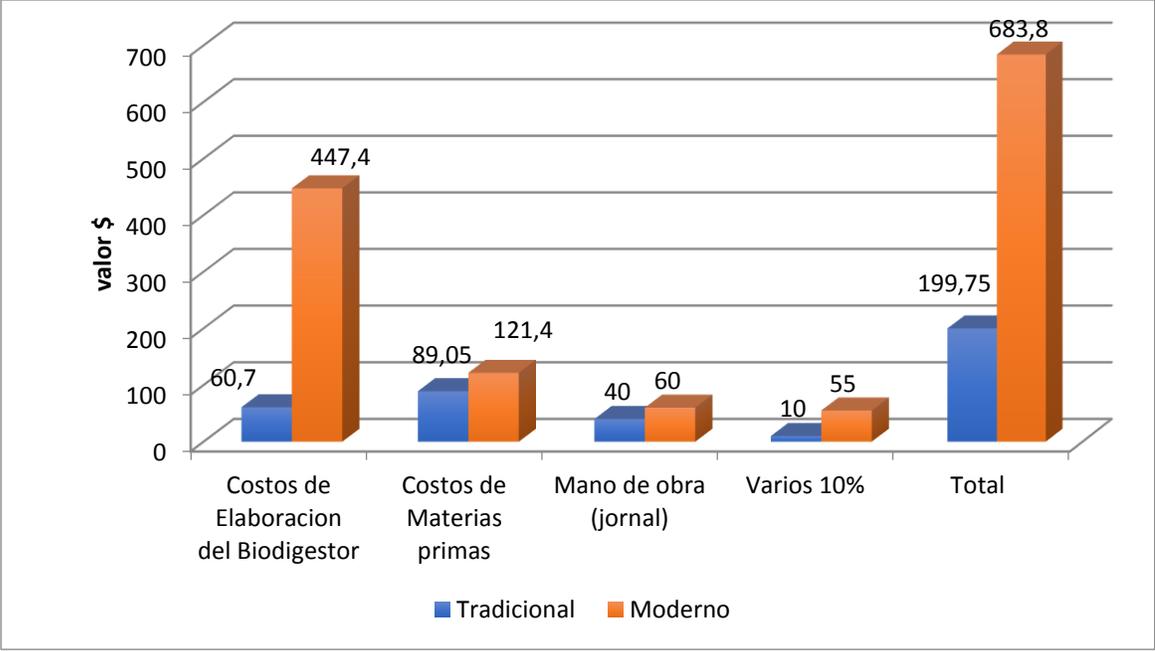


Figura 15. Costos de cada fase de producción y costos totales de producción.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

En el biodigestor tradicional la composición química de los macronutrientes estudiados reporto valores bajos en algunos parámetros a excepción del calcio que tiene un valor de 0,06 %, para el resto de elementos se encuentran en un rango promedio de 0,01 %; en la composición química de micronutrientes los elementos que presentan elevadas concentraciones son el Manganeso con un valor de 1,9% y el Boro con un valor de 0.8%.

En el biodigestor moderno la composición química de los macronutrientes estudiados reporto valores que en algunos parámetros fue bajo a excepción del potasio que tiene un valor de 0,38 %, para el resto de elementos se encuentran en un rango promedio de 0,02%; en la composición química de los micronutrientes sobresale el Hierro con un valor de 4,5% y el Boro con un valor de 2,8%.

El costo del litro de biol tiene un valor de \$0,71, así que producir 195,5 Litros de biol tiene un valor de \$138,8 esto con respecto al biodigestor tradicional, para el biodigestor moderno el litro de biol tiene un valor de \$0,67, es así que producir 300L de biol tiene un costo de \$201, por lo tanto resulta barato producir biol en el biodigestor moderno ya que obtendremos una mayor cantidad de biol, en una sola carga a diferencia del biodigestor tradicional obtendremos baja cantidad de biol ya que el tiempo es largo. Tomando en cuenta que los tanques plásticos utilizados, se deprecian en 5 años de uso.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se recomienda incorporar más materias primas para obtener una mejor calidad de biol, con mayor concentración en porcentaje de nutrientes esenciales tanto para el suelo como para las plantas.

Se recomienda realizar nuevos ensayos probando diferentes tiempos de fermentación en los biodigestores, para comprobar la concentración de nutrientes.

## CAPITULO VI

### 7. BIBLIOGRAFIA

- Garden, B. (2017). Falta de nutrientes en las plantas. From Bayer Garden : [bayergarden.es/Cuida-de-tus-plantas/Plagas-del-Jardin/Faltan%20nutrientes.html](http://bayergarden.es/Cuida-de-tus-plantas/Plagas-del-Jardin/Faltan%20nutrientes.html)
- FAO. (2019). Suelos Acidos. From Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y Agricultura : <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/>
- Intagri. (2019). Los Abonos Orgánicos. Beneficios, Tipos y Contenidos Nutricionales . From <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>
- Alvarez, F. (2010). Preparación y uso del Biol. Lima, Peru: Imprenta y Librería Vega.
- Pacheco, P. F. (2010). Construcción y Evaluación de un Biodigestor Modelo Chino Mejorado. From [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco\\_cedepac/construccion\\_evaluacion-fredy\\_almanza.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco_cedepac/construccion_evaluacion-fredy_almanza.pdf)
- Cayturo, O. Z. (2015). Los Biodigestores, Importancia y Beneficios. From <https://civilgeeks.com/2015/05/27/los-biodigestores-importancia-y-beneficios/>
- Gavilanes, J. I. (1995). Agua, Suelos Abonos y Lombrices. Bogotá: Diseño del plan editorial, maquetación y coordinación de fototécnica :Disloque Editores.
- Erika. (2017). Estiercol de oveja como abono para plantas. (Erika, Ed.) From Blog Garden: <https://blog.gardencenterejea.com/estiercol-oveja-abono-plantas/>
- UEA. (2018). Universidad Estatal Amazonica. From [https://www.uea.edu.ec/?page\\_id=2376#1530836238333-91324ec8-f31b](https://www.uea.edu.ec/?page_id=2376#1530836238333-91324ec8-f31b)
- Fronteres, A. C. (2018). Guía Práctica para el funcionamiento de un biodigestor de residuos orgánicos. Santa Clara.
- Ribera, B. J. (2011). Guía para la preparación y uso del biol.
- Cajamarca, D. (2012). Procedimientos para la Elaboración de Abonos Orgánicos. From Google.com: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>

- Arango, M. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento del suelo . From Google.com: [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos\\_organicos\\_alternativa\\_conservacion\\_mejoramiento\\_suelo.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf)
- Montesinos, D. (2013). Uso de lixiviado procedente de material orgánico de residuos de mercado. From Google.com: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4706/1/TESIS.pdf>
- MAGAP. (2014). Elaboración, uso y manejo. From Google.com: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/Manual-de-elaboraci%C3%B3n-de-abonos-org%C3%A1nicos.pdf>
- Yepes, A. (2019). Clasificación de Biodigestores | Energía Casera. From <https://energiacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>
- Meza, E. (2015). Manual del Biol. From Google.com: <http://sistemabiobolsa.com/pdf/manualDeBiol.pdf>
- Moreira, I. P. B., Delgado, H. É. V., Baque, C. G. V., Chila, R. R. M., Muentes, X. E. A., & Chanca, M. D. C. A. (2016). Fertilización foliar con Biol en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) valorando rendimiento. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR*, (28), 017-025.
- Warnars, L. (Febrero de 2014). Google.com. From *El Biol: Fertilizante supremo*: [https://knowledge.hivos.org/sites/default/files/publications/estudio\\_sobre\\_el\\_biol\\_sus\\_usos\\_y\\_resultados.pdf](https://knowledge.hivos.org/sites/default/files/publications/estudio_sobre_el_biol_sus_usos_y_resultados.pdf)
- Gomez, A. (2018). *Laboratoria de suelos y aguas*. Puno.
- Basantes, E. (2009). *Elaboracion y aplicacion de dos tipos de biol en el cultivo de brocoli*. Riobamba.
- Rizo, E. (26 de marzo de 2010). Google.com. From <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fertilizacion-micro-y-macro/>
- Luís Prochnow, M. M. (12 de Mayo de 2009). Google.com. From *MICRONUTRIENTES*: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/911FAF872B76432C852579840053ECE7/\\$FILE/Prochnow-SpanishIPNI.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/911FAF872B76432C852579840053ECE7/$FILE/Prochnow-SpanishIPNI.pdf)
- Huertas, R. A. (2015). *Digestión anaeróbica. Producción + Limpia* , 144-146.

- Roman, P. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Santiago-Chile.
- Mamani, P. (2010). El biol. From Google.com:  
<https://www.proinpa.org/tic/pdf/Bioinsumos/Biol/pdf59.pdf>
- Mejia, C. F. (2011). Manual de produccion de abonos organicos. From Google.com:  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2396/1/MANUAL%2089.pdf>
- INIA. (Marzo de 2008). El Biol. From www.google.com: [http://ong-adg.be/bibliadg/bibliotheque/opac\\_css/doc\\_num/fiches\\_techniques/biol.pdf](http://ong-adg.be/bibliadg/bibliotheque/opac_css/doc_num/fiches_techniques/biol.pdf)
- Zuñiga, I. C. (Diciembre de 2007). www.google.com. From Biodigestores:  
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>
- Fregoso, M. d. (Diciembre de 2001). From [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org) .
- Andi, J. F. (2016). www.google.com. (G. Pozo, Ed.) Retrieved 6 de Febrero de 2020 from  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6173/1/236T0218.pdf>
- MAG. (2010). BIOfermentos. Ministerio de Agricultura y Ganaderia., Programa de Fomento de la Producción Agropecuaria Sostenible. Litografía e Imprenta LiL, S.A.
- FAO. (2011). Manual del biogas. Manual, Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura., Santiago.
- Rivera, J. R. (2007). BIOFERTILIZANTES PREPARADOS Y FERMENTADOS A BASE DE MIERDA DE VACA (Vol. 2). Cali, Colombia: Feriva S.A.
- Iglesias, H. P. (2015). Aprovechamiento sostenible de los Residuos de origen orgánico y la zeolita en la agricultura (2015 ed.). Machala, El Oro, Ecuador: UTMACH.
- Huanca, A. M. (2018). Google.com. Retrieved 6 de Febrero de 2020 from ANA MAGNOLIA GOMEZ HUANCA
- Bedoya, C. A. (2008). Evaluacion de abonos organicos en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L) en la parroquia de Perucho-Pichincha. Universidad San Francisco de Quito, Agricultura, Alimentacion y Nutrcion.

## 8. ANEXOS



Figura 1. Recolección de materia prima estiércol ovino



Figura 2. Limpieza del biodigestor moderno.



Figura 3. Elaboración del biodigestor tradicional.



Figura 4. Instalación del biodigestor tradicional



Figura 5. Pesaje de la materia prima.



Figura 6. Primera carga del biodigestor moderno.



Figura 7. Carga de agua al biodigestor moderno.



Tabla 3. Costos de producción.

COSTOS (\$) DE PRODUCCION				
MATERIALES PARA LA ELABORACION DEL BIODIGESTOR MODERNO				
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT.	P.TOTAL
Abrazaderas		10	0,25	2,5
llaves de pasos		5	2,5	12,5
uniones de PVC 2 plg		6	1,3	7,8
adaptadores de polimex de ½, ¾ , 2 plg		5	3	15
Silicona		8	6,8	54,4
tiras de llantas		1	1,5	1,5
tubos flexibles transparente		2	4,2	8,4
alambre de 12 y de amarre	Lb	1	3	3
tanque de 1100 lt		1	190	190
tornillos autoperforantes		50	2,3	115
filtro		1	3	3
Reservorio		1	8	8
válvula de alivio		1	5	5
Bridas		4	4	16
tubo ¾ tigre		1	3,2	3,2
tubo ½ tigre		1	1,5	1,5
tubo 2 plg		1	5,1	5,1
codos 2 plg		5	2,3	11,5
			SUMA TOTAL	463,4
MATERIALES PARA LA ELABORACION DEL BIODIGESTOR TRADICIONAL				
Materiales	Uniadd	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
tanque de 200l		1	45	45
llave de paso 1/2		1	2,5	2,5
silicon		3	3,8	11,4
maguera de ½	m	2	0,9	1,8
			Total	60,7

MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCION DE BIOL				
BIODIGESTOR MODERNO				
Materia Prima	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Estiercol Ovino	kg	155	0,65	100,75
Melaza	l	8	2	16
Agua	l	232,5	0,02	4,65
			Total	121,4
BIODIGESTOR TRADICIONAL				
Materia Prima	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Estiércol Ovino	kg	100	0,65	81,25
Melaza	l	2	2	4
Agua	l	190	0,02	3,8
			Total	89,05

Tabla 4. Costos de producción de biol incluido equipos

Costos (\$) de Producción de biol incluido equipos		
detalle	tradicional	moderno
total de inversión	199,75	683,8
biol producido (lt)	195,5	350
costos por litro de biol	1,02	1,92

Tabla 5. Costos de Producción de biol (sin incluir equipos)

Costos (\$) de Producción de biol (sin incluir equipos)		
detalle	tradicional	moderno
total de inversión	13,5	236,4
biol producido (lt)	195,5	350
costos por litro de biol	0,71	0,67

Tabla 6. Costos totales de producción.

COSTOS TOTALES DE PRODUCCION		
Detalle	Tradicional	Moderno
Costos de Elaboración del Biodigestor	60,7	447,4
Costos de Materias primas	89,05	121,4
Mano de obra (jornal)	40	60
Varios 10%	10	55
Total	199,75	683,8