

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**Plan de Investigación de fin de carrera titulado:**

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DE ESTIÉRCOL PORCINO PARA UNA GRANJA  
AGRÍCOLA UBICADA EN EL BARRIO LA MORITA, PARROQUIA DE  
TUMBACO PARA EL AÑO 2012-2013”**

**Realizado por:**

María Laura Moreta Criollo

**Director del proyecto:**

Ing. Karla Lavanda Ortiz

**Como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

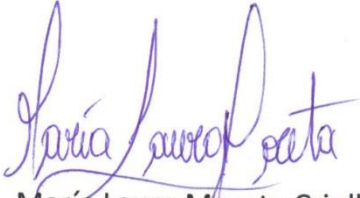
**2012-2013**



## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, MARÍA LAURA MORETA CRIOLLO, con cédula de identidad # 172320146-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



María Laura Moreta Criollo  
C.C.: 172320146-1

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio La Morita, parroquia de Tumbaco para el año 2012-2013”**

Realizado por:

**MARÍA LAURA MORETA CRIOLLO**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Ha Sido dirigido por la Profesora

**ING. KARLA LAVANDA ORTIZ**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



**ING. KARLA LAVANDA ORTIZ**

**DIRECTORA**

## **DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES**

Los Profesores Informantes:

**ING. KARLA LAVANDA ORTIZ**

**ING. ALONSO MORETA**

**BIOQ. MAGGY DÍAZ**

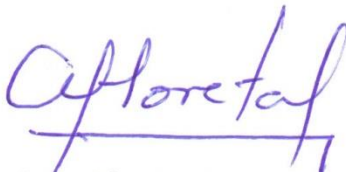
Después de revisar el trabajo presentado, por la alumna

**MARÍA LAURA MORETA CRIOLLO**

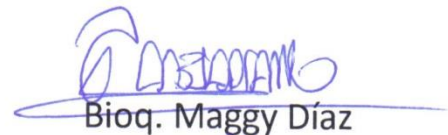
lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador



Ing. Karla Lavanda Ortiz



Ing. Alonso Moreta



Bioq. Maggy Díaz

Quito, 24 de septiembre del 2013

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de fin de carrera, a mis padres que con su ejemplo han guiado mi vida y han hecho de mí una mejor persona.

A mis hermanas Ma. José y Ma. De los Ángeles y a mi hermano Nicolás que con su apoyo me han llevado a culminar mi carrera.

A mis lindos sobrino Julián, Emilio y María Paz, por demostrarme que cualquier obstáculo puede ser superado.

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Patricio Guzmán por sus prácticas enseñanzas, por apoyarme y acompañarme en el transcurso de la realización de este proyecto.

A mis Abuelos por enseñarme a superar cada obstáculo y darme la confianza para seguir adelante.

A mi profesora Laura Huachi por transmitirme todos sus conocimientos, brindarme su tiempo y dedicación.

A la Universidad Internacional SEK, por formar profesionales de gran calidad.

**Resumen:**

Los mecanismos a utilizar para incrementar la productividad agrícola, se fundamenta en la mejora de las prácticas agrícolas de gestión del agua y de suelos, la nutrición eficiente de los cultivos, prevención de enfermedades y plagas con fungicidas, pesticidas con productos que sean naturales. Una de las formas de mantener un ambiente sano es saber reusar los diferentes componentes orgánicos dentro de la producción agrícola; como cultivadores, deben considerarse tanto los riesgos ambientales como los de seguridad alimentaria al planificar la aplicación del estiércol. Las prácticas de gestión de estiércol disminuyen el impacto ambiental negativo, tales como la eliminación de residuos y olores, así como también reducen los riesgos de contaminación con patógenos humanos que pudieran encontrarse en el estiércol. Dado que hay diversidad de acciones ejecutables en el sector agropecuario, se ha observado que tanto suelo como agua mayoritariamente están contaminados por los residuos orgánicos próximos a estos, entonces se han convertido en un factor de riesgo para los diferentes recursos naturales que se relacionan directamente con esta actividad, ya que al no contar con el manejo y disposición final adecuada de estos residuos, dichos recursos se ven directamente afectados, y por ende afecta a todo ser humano cerca a estos espacios. De esto, se forma la alternativa de un manejo ambiental, principalmente de los residuos que produce la actividad ganadera (estiércol), apoyando así al desarrollo de la Granja de Tumbaco, creando una alternativa limpia (biodigestor) para la producción de energías renovables y fertilizantes orgánicos que reduzca los costos por consumo de servicios básicos y fertilizantes químicos respectivamente dentro de dicho lugar.

**Palabras Claves:** Biodigestor, Estiércol, Residuo, Biol.



**Abstract:**

The mechanisms used to increase agricultural productivity, are based on improving agricultural practices and management of water and soils, efficient crop nutrition, pest and disease prevention through fungicides, and pesticides made from natural raw material. One of the ways to maintain a healthy environment is to know the different organic components which can be reused in agricultural production; as cultivators it should be considered environmental risks such as food safety when planning manure application. The manure management practices reduce the negative environmental impacts such as waste disposal and odor, as well as reduce the risk of contamination with human pathogens that might be in the manure. Since there are several applicable actions in agriculture has been observed that both soil and water are polluted by near sources, this has become a risk factor for the various resources that are directly related with this activity, because, the lack of proper handling and disposal of this waste, these resources are directly affected, and therefore affect every human who is close to these spaces. From this, the alternatives of waste management, mainly of waste produced by livestock (manure), thus supporting in the development of a farm in Tumbaco, which creates a clean alternative (biodigestor) in the production of renewable energy and of an organic fertilizer to reduce consumption costs in basic services and chemical fertilizers.

**Key words:** Biodigestor, Manure, Waste, Biol.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1.2. PRONÓSTICO</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
<b>1.1.4. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>4</b>
<b>1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>4</b>
<b>1.1.6. JUSTIFICACIONES</b>	<b>4</b>
<b>1.2. MARCO TEORICO</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2. ADOPCION DE UNA PERSPECTIVA TEORICA</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO</b>	<b>8</b>
<b>1.2.4. CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1.2.4.1. BIODIGESTORES O BIORREACTORES:</b>	<b>9</b>
<b>1.2.4.2. DESECHOS ORGÁNICOS:</b>	<b>15</b>
<b>1.2.4.3. ABONOS ORGÁNICOS:</b>	<b>16</b>
<b>1.2.4.4. ESTIÉRCOL:</b>	<b>17</b>
<b>1.2.4.5. BIOL:</b>	<b>19</b>
<b>1.2.4.6. MARCO LEGAL:</b>	<b>21</b>
<b>1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>23</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>23</b>
<b>2.1. NIVEL DE ESTUDIO</b>	<b>23</b>
<b>2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACION</b>	<b>23</b>
<b>2.3. MÉTODO</b>	<b>23</b>
<b>2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>23</b>
<b>2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION</b>	<b>24</b>
<b>2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS</b>	<b>24</b>
<b>2.7. PROCESAMIENTO DE DATOS</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>46</b>

<b>3. RESULTADOS</b>	<b>46</b>
<b>3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS</b>	<b>46</b>
<b>3.2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO IV</b>	<b>54</b>
<b>4. DISCUSIÓN</b>	<b>54</b>
<b>4.1. CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>56</b>
<b>5. REFERENCIAS</b>	<b>58</b>
<b>6. ANEXOS</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

IMAGEN 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	8
TABLA 1. SISTEMAS UTILIZADOS EN LA BIODIGESTIÓN.....	11
IMAGEN 2. PESAJE DE ESTIÉRCOL. ....	24
TABLA 2: ANÁLISIS DE LABORATORIO DEL SUELO POR AGROCALIDAD.....	26
TABLA 3. TEXTURA DEL SUELO. ....	28
TABLA 4. ANÁLISIS DE LABORATORIO DE ESTIÉRCOL PORCINO.....	29
IMAGEN 3: INTERIOR DE LAS CHANCHERAS. ....	29
IMAGEN 4. MODELOS DE BIODIGESTORES MÁS UTILIZADOS.....	33
TABLA 5. PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL FRESCO DIARIO.....	34
TABLA 6. TIEMPO DE RETENCIÓN SEGÚN TEMPERATURA.....	36
IMAGEN 5. DIAGRAMA DEL BIODIGESTOR DE BOLSA ELÁSTICA TIPO BALÓN. ....	37
TABLA 7. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS. ....	40
IMAGEN 6. BIODIGESTOR A NIVEL LABORATORIO.....	42
TABLA 8. ELEMENTOS EN EL ESTIÉRCOL FRESCO Y BIODIGERIDO. ....	45
TABLA 9. PESO EN KG POR DÍA DE ESTIÉRCOL PORCINO. ....	46
TABLA 10. MEDIDAS PARA EL DISEÑO DEL BIODIGESTOR. ....	47
TABLA 11. MEDIDAS PARA LA ZANJA DEL BIODIGESTOR.....	47
TABLA 12. COSTO DE REALIZACIÓN DEL BIODIGESTOR A GRAN ESCALA.....	48
TABLA 13. COSTOS DE NUTRIENTES POR KILO.....	49
TABLA 14. AMPLIFICACIÓN DE MEDIDAS PARA EL DISEÑO DEL BIODIGESTOR.....	51
TABLA 15. AMPLIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PARA LA ZANJA DEL BIODIGESTOR.....	51
TABLA 16. BIODIGESTOR.....	52
TABLA 17. COMPARACIÓN DE NUTRIENTES ESENCIALES DEL SUELO, EF Y BIOL. ....	52
TABLA 18. AHORRO ECONÓMICO TOTAL EN 5 AÑOS DE VIDA DEL BIODIGESTOR.....	53

## **TITULO DE LA INVESTIGACION:**

Diseño de un biodigestor de estiércol porcino para una granja agrícola ubicada en el barrio La Morita, parroquia de Tumbaco para el año 2012-2013.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCION**

#### **1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

##### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El aumento de la productividad agrícola es una fuerza impulsora del desarrollo económico y social, cuando la agricultura tambalea, las fuentes de ingreso se pierden, los vínculos de la sociedad se quiebran y aumenta la movilidad de la sociedad. La actividad agrícola requiere de diferentes elementos para su desarrollo: suelo fértil, agua, semillas, abonos, pesticidas y mano de obra, entre otros.

Una de las formas de mantener un ambiente sano es saber reusar los diferentes componentes orgánicos dentro de la producción agrícola; como cultivadores, deben considerarse tanto los riesgos ambientales como los de seguridad alimentaria al planificar la aplicación del estiércol. Las prácticas de gestión de estiércol disminuyen el impacto ambiental negativo, tales como la eliminación de residuos y olores, así como también reducen los riesgos de contaminación con patógenos humanos que pudieran encontrarse en el estiércol.

Los problemas actuales para implementar el esquema de desarrollo sostenible en la agricultura se relacionan principalmente con las dificultades conceptuales y con la falta de metodologías operacionales. La agricultura sostenible abarca varios ámbitos; como la

preservación de recursos naturales, las tecnologías limpias, las tecnologías de bajo costo con el mínimo uso de insumos industriales, cultivos orgánicos, etc.

Dado que hay diversidad de acciones ejecutables en el sector agropecuario, se ha observado que tanto suelo como agua mayoritariamente están contaminados por los residuos orgánicos próximos a estos, entonces se han convertido en un factor de riesgo para los diferentes recursos naturales que se relacionan directamente con esta actividad, ya que al no contar con el manejo y disposición final adecuada de estos residuos, dichos recursos se ven directamente afectados, y por ende afecta a todo ser humano cerca a estos espacios. Es por ello que se considera una alternativa viable (tecnología limpia), para un correcto manejo de los desechos que genera la producción agropecuaria.

De esto, se forma la alternativa de un manejo ambiental, principalmente de los residuos que produce la actividad ganadera (estiércol), apoyando así al desarrollo de la Granja de Tumbaco, creando una alternativa (biodigestor) para la producción de energías renovables y fertilizantes orgánicos que reduzca los costos por consumo de servicios básicos y fertilizantes químicos respectivamente dentro de dicho lugar.

#### **1.1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

La problemática de las zonas rurales está relacionada al uso de combustibles fósiles para cocinar, la preocupación comienza con el costo del gas licuado de petróleo GLP. También se encuentra la escasez de leña y las consecuencias que puede tener el usar y cocinar con leña, especialmente en la salud de las mujeres, niñas y niños, quienes suelen permanecer más en la cocina (CEA, s.f). El GLP tiene un costo alto, por lo que muchas personas no tienen acceso al uso del gas. Existe una gran cantidad de residuos animales que se generan en el país y dentro de estos se encuentra el estiércol de cerdo, que al igual que

los otros estiércoles han ocasionado impactos ambientales negativos como contaminación de suelo, agua, microbiológica, generación de gases que potencializan el efecto invernadero; debido a la falta de información y de manejo para estos insumos. En el caso de algunas familias que tienen cerdos, el manejo es técnicamente inadecuado y además los excrementos se desperdician. Por otra parte al estar dispersos en los terrenos ocasionan situaciones de insalubridad por los malos olores y frecuente presencia de insectos, etc.; que disminuye la calidad de vida de las personas que se encuentran cerca a esta (CEA, s.f).

#### **1.1.1.2. PRONÓSTICO**

Si no se realiza un adecuado manejo de los residuos en las industrias que las generan; se aumentaría la cantidad de residuos orgánicos (estiércol), al igual que los impactos ambientales negativos, afectando de esta manera al medio ambiente y al ser humano.

#### **1.1.1.3. CONTROL DE PRONÓSTICO**

- Implementar procedimientos de manejo amigables con el ambiente para el estiércol porcino.
- Diseñar una alternativa limpia (biodigestor), que sea económico y que de fácil mantenimiento y manejo.
- Reducir la contaminación de suelo por mala disposición final del estiércol, usando este en el biodigestor y permita obtener biogás y bioabono adecuado para su uso.

#### **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La falta de manejo adecuado del estiércol porcino, puede llegar a producir contaminación ambiental, debido a los olores y plagas que estos atraen, como las ratas e insectos. Esto también atrae enfermedades a nivel humano.

### **1.1.3. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué tipo de contaminantes produce el estiércol porcino a nivel ambiental?

¿Se puede utilizar el estiércol porcino como un residuo reusable?

¿Qué enfermedades puede causar el mal manejo del estiércol porcino y de otras materias orgánicas?

### **1.1.4. OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar un biodigestor y tratar el estiércol porcino para una granja agrícola.

### **1.1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diseñar un biodigestor para el tratamiento de estiércol porcino.
- Realizar prueba piloto a nivel laboratorio del biodigestor.
- Obtener biol como biocida del biodigestor de laboratorio.
- Inventariar y aforar el estiércol proveniente de los cerdos que se encuentran dentro de la granja.
- Conocer la eficiencia del biodigestor mediante costos.

### **1.1.6. JUSTIFICACIONES**

A lo largo de la historia de la Agricultura, el hombre ha aplicado toda clase de materias orgánicas a los suelos cultivados. Durante 150 años los fisiólogos mantuvieron la teoría húmica que indicaba que las plantas se nutrían directamente del humus del suelo y la presencia de este material marcaba su fertilidad. Sin embargo, la revolución agrícola promovida en el siglo pasado, cuando Justus von Liebig (1843) demostró con claridad que las plantas precisan de agua y sustancias inorgánicas para su nutrición, comenzó a poner



en duda que el humus fuera el principio nutritivo de las plantas a la vez que fomento el desarrollo de fertilizantes inorgánicos (Navarro *et al*, 1995)

Durante algún tiempo se ha seguido creyendo que es fundamental el uso de fertilizantes inorgánicos, sin embargo en la actualidad se han dado cuenta que han traído consigo un centenar de problemas. Algunos agricultores hoy en día han tomado la decisión de mezclar los fertilizantes orgánicos con los inorgánicos, permitiendo tener una mejora continua. También han sabido aprovechar los residuos orgánicos provenientes de su mismo lugar de trabajo. Es así que en el ámbito agrícola se ha tomado varios factores para ser mejorado.

Los mecanismos a utilizar para incrementar la productividad agrícola, se fundamentan en la mejora de las prácticas agrícolas relacionadas con la gestión del agua y de suelos, la nutrición eficiente de los cultivos, prevención de enfermedades y plagas con fungicidas, pesticidas elaborados con productos que sean naturales.

Esta investigación se realizará debida a que el diseño y manejo de un biodigestor puede generar un gas combustible (biogás) que se aprovecha en cocción de alimentos, calefacción de lechones y aves, combustible en el funcionamiento de motores. También reduce la generación de olores ofensivos o desagradables. Así como mejora la salud y la ecología de las comunidades rurales. Reduce el uso de costosos y contaminantes fertilizantes químicos. Al disponer adecuadamente del estiércol de los animales se minimizan los riesgos a la salud. Su costo de montaje es relativamente bajo y la inversión se recupera rápidamente con la venta o aprovechamiento de sub-producto. La crianza y manejo mejorado de los cerdos y el uso del biodigestor contribuyen a ahorrar dinero y ayudan en la limpieza y bienestar ambiental (Organi\*k, s.f).

La presente investigación se justifica porque permitirá establecer alternativas de solución para mejorar la calidad de vida de los agricultores, con prácticas ambientales que les permita reducir costos en el manejo de sus cultivos y que evite las enfermedades (por insectos y roedores) y la contaminación (por malos olores), que se producen al no tratar estos residuos orgánicos, provenientes de animales.

## **1.2. MARCO TEORICO**

### **1.2.1. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA**

La adopción de biodigestores ha sido muy alta entre agricultores de áreas donde la leña escasea o el acceso a electricidad u otras fuentes de energía es limitado. Esta situación ha sido observada en campos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, y Sri Lanka, donde diferentes autores han estado envueltos en varios programas de implementación de extensión. Como resultado de la investigación en la tecnología de biogás, se han desarrollado diferentes diseños de plantas de biogás como el caso del modelo llamado “tipo de la India”, con una campana flotante o el modelo chino de campana fija para el almacenamiento de biogás (Brown, 1987; Marchaim, 1992). De acuerdo a la experiencia de Xuan An et al. (1997a), en zonas tropicales, los modelos de la India (también conocido como Gobar) y el Chino han tenido problemas por la aparición de grietas en el concreto usado para construir estas unidades, especialmente durante períodos largos de altas temperaturas.

Impulsado por la intención de resolver estos problemas, el Dr. T.R. Preston desarrolló un sistema de biodigestor utilizando polietileno, en vez de cemento, como material esencial en su instalación. Una de las principales ventajas de un biodigestor de polietileno (BDP), comparado con otros modelos de digestores, es el bajo costo de instalación y

mantenimiento (Xuan An et al., 1997b; Botero et al., 2000). Además, los materiales usados en la instalación del BDP son normalmente encontrados sin dificultades en zonas rurales y tienen la ventaja de ser de bajo peso (Botero et al., 2000; Aguilar, 2001a).

Rodríguez y Preston (2000), Botero et al. (2000) y Aguilar (2001a, 2001b) describen en detalle el diseño e instalación de una BDP de bajo costo. El primer prototipo de esta unidad de polietileno fue probado por una familia en Etiopía en el año 1985 a través del International Livestock Center for África (actualmente International Livestock Research Institute). El polietileno era un material de bajo costo con un precio menor a 10 dólares americanos para un digestor de 4 m<sup>3</sup> de capacidad líquida. El sistema trabajó sin problemas y era fácil de manejar (Xuan An et al., 1997a).

Debido a su bajo costo de instalación en comparación a otras plantas de biogás y a su exitosa adopción por parte de agricultores en América Latina y países del Sureste Asiático, el BDP es el sistema utilizado en este documento como modelo para estimar los Beneficios Económicos Totales (BET) de la producción de biogás a bajo costo.

### **1.2.2. ADOPCION DE UNA PERSPECTIVA TEORICA**

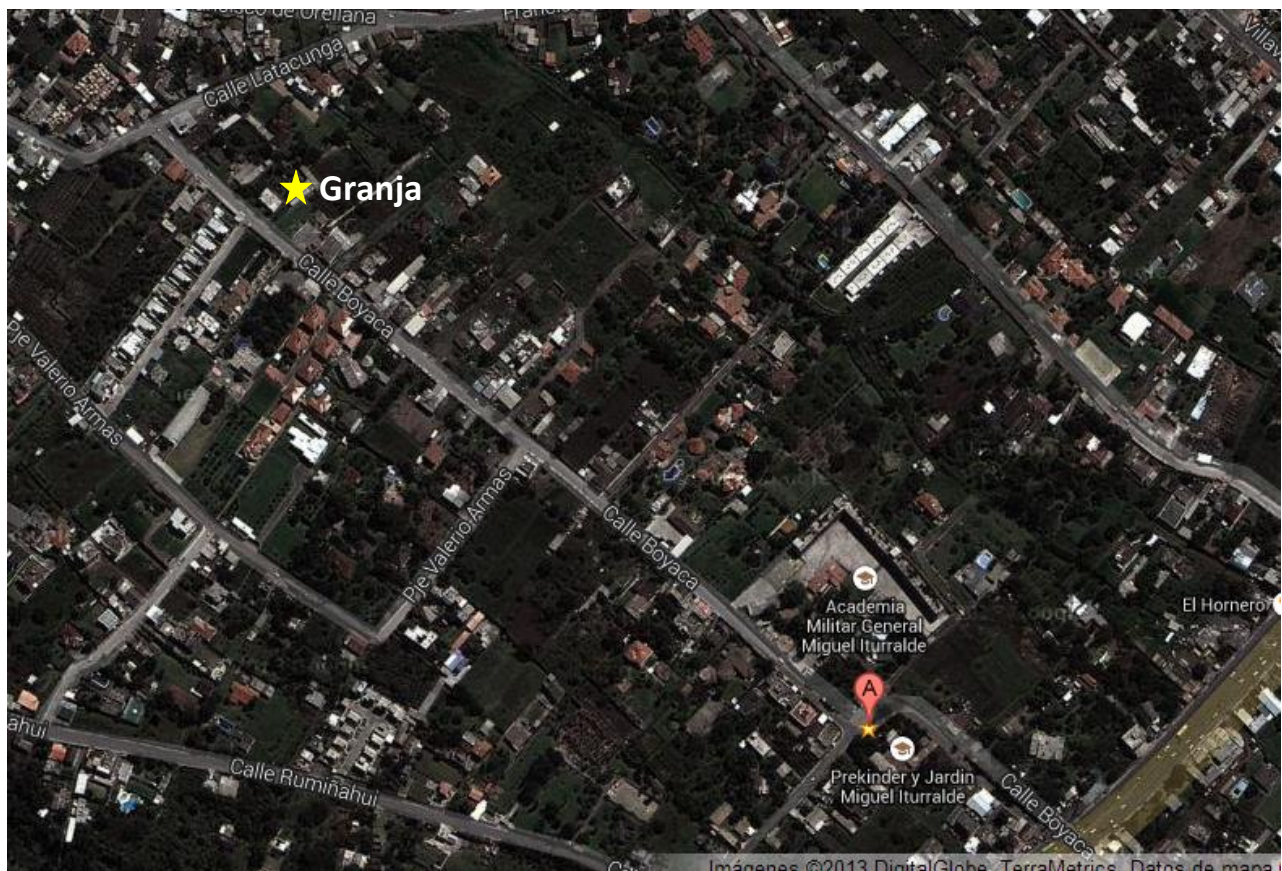
Una vez analizada la situación actual y teniendo conocimiento sobre los diversos tratamientos existentes para el manejo del estiércol porcino en una granja agrícola, se decidió utilizar un tratamiento adecuado y una prueba piloto de un biodigestor, usando como base estiércol porcino que la granja genera y que tiene una utilización inadecuada.

### 1.2.3. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

El lugar escogido en donde se realizó el proyecto está localizado en el Barrio La Morita, parroquia de Tumbaco, cantón Quito, provincia de Pichincha. Es una granja agrícola familiar, la cual está en latitud  $0^{\circ}12'34.80''S$  y longitud  $78^{\circ}23'37.72''O$ .

En dicha granja se tiene un consumo promedio mensual de 18 tanques de 15kg de GLP, de los cuales 16 tanques se destinan para calentamiento el agua de la piscina, mientras que los restantes se lo usa para la cocina.

Imagen 1. Ubicación Geográfica.



Fuente: Google Maps, Agosto 2013

#### **1.2.4. CONCEPTUALIZACIÓN**

##### **1.2.4.1. BIODIGESTORES O BIORREACTORES:**

Un biodigestor o biorreactor es un contenedor o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, estos son recipientes en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aerobio o anaerobio (Lara&Hidalgo, 2011).

En ocasiones este sistema puede llegar a ser herméticamente cerrado, por dentro del cual se deposita material orgánico como excremento y desechos vegetales. Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. Este sistema también puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás y cámaras de hidropresión y postratamiento (filtro y piedras, de algas, secado, entre otros) a la salida del reactor (Lara&Hidalgo, 2011).

El proceso de biodigestión se da porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos (ausencia de oxígeno) en los excrementos que al actuar en el material orgánico lo transforman en biogás y fertilizante. El biogás es un excelente combustible y puede ser empleado como combustible en las cocinas, calefacción o iluminación, etc. El fertilizante, llamado biol, inicialmente se consideraba un producto secundario, pero actualmente se está tratando con la mayor importancia que el biogás, debido a que provee a las familias de un fertilizante natural, ya que por el tratamiento anaeróbico los malos olores son eliminados, por ello mejora fuertemente el rendimiento de las cosechas (Herrero, 2008).

Por ser un sistema sencillo uno de los beneficios de los Biodigestores o biorreactores es el costo, ya que su instalación y material son de fácil acceso, saber utilizarlo representa también un costo minoritario, es fácil de instalar, su mantenimiento es sencillo y también genera un gasto menor. No requieren mano de obra a tiempo completo y los únicos suministros operativos que se necesitan son la materia orgánica y el agua.

Cualquier persona con una cantidad apropiada de materia orgánica, disponibilidad de espacio y agua (como familias agrícolas y ganaderas), pueden aprovechar el estiércol y la vegetación para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. La realización de un biodigestor o biorreactor se convierten en una muy buena solución sanitaria, ya que el estiércol y la vegetación en descomposición acumulada cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y vectores que desaparecerán cuando estos sean introducidos diariamente en el biodigestor. También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres y niños, por la inhalación de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o los costos elevados que tendrían que pagar por un tanque de GLP (si tuvieran acceso a él). La combustión del biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera.

Son tres los límites básicos de los Biodigestores: la disponibilidad de agua para hacer la mezcla con el estiércol que será introducida en el biodigestor, la cantidad de ganado que se posea y la apropiación de la tecnología por parte de la familia (Herrero 2008).

Según a las investigaciones de tipo tecnológico con respecto al mejoramiento y manejo de los biodigestores, se han tomado varios factores para mejorarlos, entre estos: la utilización del gas, las características del material a ser digerido (materia orgánica) y las exigencias que hoy en día piden a nivel de descontaminación (reducción de residuos, mal olor, etc.), tomando en cuenta costo-inversión-beneficio.

En la tabla 1 se agrupan los diferentes tipos de Biodigestores, desde los más sencillos y de bajo costo hasta los de última generación, reactores de alta eficiencia y costos elevados.

**Tabla 1. Sistemas utilizados en la Biodigestión**

<b>CARGA</b>	Sistema Batch Sistema Continuo o Semi-continuo
<b>INTENSIDAD DE LA MEZCLA</b>	Mezcla Completa Mezcla parcial o mala
<b>MANEJO DEL SUSTRATO</b>	Contacto Anaerobio U.A.S.B (Upflow Anaerobic Sludge Blunket) Lecho fluidizado Filtro anaerobico
<b>MANEJO BIOQUÍMICO</b>	Una etapa Dos etapas

Fuente: Lara&Hidalgo (2011)

Los modelos más usados o que más se han difundido son los de Carga, ya que se caracterizan principalmente por la forma en que el sustrato alimenta al tanque. A continuación se describió cada uno de ellos.

- **Modo discontinuo o batch:** El crecimiento de microorganismos en batch se refiere a que las células se cultivan en un recipiente con una concentración inicial, sin que esta sea alterada por nutrientes adicionales o el lavado, por lo que el volumen permanece constante y sólo las condiciones ambientales del medio (pH, temperatura, velocidad de agitación, etc.) son controladas por el operador. El proceso finaliza cuando todo el sustrato es consumido por la biomasa. Esta forma de cultivo es simple y se utiliza extensamente tanto en laboratorio como a escala industrial (“*Biorreactores*”, s.f., párr. 4).
- **Modo semicontinuo o fed-batch:** En un cultivo semicontinuo o fed-batch, los nutrientes son alimentados al biorreactor de forma continua o semicontinuo,

mientras que no hay efluente en el sistema. Según sea el objetivo de la operación, la adición intermitente del sustrato mejora la productividad de la fermentación manteniendo baja la concentración del sustrato. Un proceso de este tipo está restringido por la capacidad volumétrica del reactor (*“Biorreactores”*, s.f., párr. 5).

- **Modo continuo:** Un cultivo continuo consiste en alimentar nutrientes y retirar productos continuamente de un biodigestor. Bajo ciertas condiciones el cultivo puede alcanzar un estado estacionario, donde no existe variación con el tiempo del volumen del biodigestor. De esta manera se puede utilizar para producir sustancias biológicas a condiciones óptimas y para estudios fisiológicos (*“Biorreactores”*, s.f., párr. 6).

#### ❖ **Etapas de la Biodigestión:**

Dentro del biodigestor existen varios procesos, los cuales son realizados por bacterias anaerobias esto quiere decir que viven en ausencia de oxígeno, otra característica es que son muy sensibles a los cambios ambientales que se produce, por ello es recomendable controlar los distintos parámetros, uno de ellos, la temperatura.

Hoy en día se puede conocer el mecanismo y funcionamiento de este complejo sistema microbiológico involucrado en la descomposición de la materia orgánica. Existen cuatro etapas que según Lara & Hidalgo, (2011) ocurren dentro del biodigestor.

- **Fase de Hidrólisis**

Estas bacterias toman la Materia Orgánica virgen con sus largas cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos) liberando H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Este trabajo es llevado a cabo por un complejo número de microorganismos de distinto tipo que son en su gran mayoría anaerobios facultativos.



La etapa hidrolítica puede ser la etapa limitante de la velocidad del proceso global, sobre todo tratando residuos con alto contenido de sólidos. Incluso en casos donde las fases acidogénica o metanogénica son consideradas como pasos limitantes, la hidrólisis puede afectar el conjunto del proceso.

El grado de hidrólisis y la velocidad del proceso dependen de muchos factores, entre otros del pH, de la temperatura, de la concentración de biomasa, del tipo de materia orgánica particulada y del tamaño de partícula.

La sostenibilidad de esta etapa se basa en que la presencia de microorganismos anaeróbicos que consumen el oxígeno disuelto en el agua, bajan el potencial redox, la que es la base para la proliferación de más microorganismos anaeróbicos.

- **Fase de Acidificación**

Esta etapa la llevan a cabo las bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  y liberando como producto  $\text{H}_2$  y  $\text{CO}_2$ .

Esta reacción es endergónica pues demanda energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que sustraen los productos finales del medio minimizando la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas. Esta baja concentración de productos finales es la que activa la reacción y actividad de estas bacterias, haciendo posible la degradación manteniendo el equilibrio energético.

- **Fase Acetogénica**

Los productos de la fase acidogénica sirven de sustrato para la formación de otras bacterias, las reacciones de esta etapa son endorgénicas (se necesita energía para la degradación de los productos de la acidogénesis).

Las bacterias de esta etapa producen necesariamente  $H_2$  y están en simbiosis constante con los organismos que producen metano. Los organismos metanogénicos pueden sobrevivir solo a altos niveles de presión parcial de  $H_2$ , si este nivel baja, el  $H_2$ ,  $CO_2$  y acetato son producidos por bacterias acetogénicas en el caso contrario predomina la formación de ácido propiónico, butírico, valérico y etanol (entre otros).

- **Fase Metanogénica**

Las bacterias intervinientes en esta etapa pertenecen al grupo de las Archeobacterias y poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias por lo cual, se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadoras de las superficie terrestre.

La transformación final cumplida en esta etapa tiene como principal sustrato el ácido acético junto a otros ácidos orgánicos de cadena corta y los productos finales liberados están constituidos por el  $CH_4$  y el  $CO_2$ .

Los microorganismos intervinientes en cada fase tienen propiedades distintas que son muy importantes y se las debe conocer para lograr comprender el equilibrio y funcionamiento óptimo de un digestor.

#### **1.2.4.2. DESECHOS ORGÁNICOS:**

La generación de residuos se da como origen a las formas de vida y de las actividades de producción, de consumo y de servicios. Los residuos si no son adecuadamente tratados pueden generar problemas para la salud y para el medio ambiente, además, de ser un despilfarro de materia prima, de recursos y de energía. La clasificación de residuos no es sencilla a causa de la intervención de distintos criterios, según su origen, su lugar de producción o tipo (Bautista, 1998).

Dentro de la clasificación mencionada por el autor, se encuentran los *Residuos agrícolas y ganaderos*: Los residuos ganaderos proceden de la actividad agropecuaria, a pesar que en dicha actividad se ha alcanzado una actividad de producción muy buena, también ha dado como resultado la generación de una gran cantidad de residuos, que potencialmente presentan daño de contaminación en los suelos, las aguas y la atmósfera. La ganadería porcina y aviar funcionan como industrias agrícolas; no necesitan suelo para su explotación y se alimentan de pastos compuestos. Los residuos ganaderos pueden aprovecharse para la producción de energía, sometiéndolos a procesos de fermentación o de digestión anaerobia para obtener metano y fertilizantes para la agricultura (Bautista, 1998).

Según los autores Jaramillo & Zapata, 2008; Los residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica, la cual tiene mayor utilidad después de un previo tratamiento. Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o característica se clasifican en:

- **Residuos de alimentos:** son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.
- **Estiércol:** son residuos fecales de animales (estiércol), por lo general de ganado, el cual se puede aprovechar para transformar en bio-abono o para la generación de biogás.
- **Restos vegetales:** son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc., o también fruta y vegetales dañados de los mercados.

#### **1.2.4.3. ABONOS ORGÁNICOS:**

El abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos. Se dice que la aplicación de este fertilizante puede llegar a sustituir los fertilizantes químicos, además de reducir los efectos que han ocasionado estos.

El uso de abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad. Entre los abonos orgánicos se incluye estiércol, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas y residuos orgánicos industriales.

Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química (esto dependerá del tipo de materia orgánica que se use), principalmente en el

contenido de nutrientes; pero la aplicación constante de ellos con el tiempo, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo y sanidad de los cultivos.

La fertilidad de un suelo recién abierto al cultivo muestra una estrecha correlación con su contenido de materia orgánica. La concentración en el suelo, velocidad de liberación y cantidad de macro y micronutrientes absorbidos por la planta, guardan una elevada correlación con el contenido de materia orgánica en el suelo (Monroy&Viniegra, 1990).

El suelo en el que se va a trabajar, tiene distintos tipos de plantas (vegetales, frutos, plantas medicinales, etc.). Este suelo usa cáscaras de huevo como único abono orgánico, estas son colocadas al suelo directamente sin un tratamiento previo y sin saber qué efectos tiene en las plantaciones.

La materia orgánica más representativa dentro de la granja de Tumbaco, es el estiércol porcino, el cual no cuenta con ningún tratamiento antes de ser colocado en una parte de la granja que no se ocupa y va directamente al suelo. Este estiércol será nuestra base para este proyecto.

#### **1.2.4.4. ESTIÉRCOL:**

Según el autor Urbano, 2001; El estiércol natural o de cuadra está formado por las excreciones sólidas y líquidas del ganado, mezcladas con los materiales que le sirven de cama. El conjunto constituye un producto que empieza a descomponerse en el alojamiento del ganado y cuya fermentación continúa en el estercolero.

De acuerdo con el estado de descomposición que presentan sus constituyentes, suelen considerarse los siguientes tipos:

- **Estiércol fresco:** Aquellos en que la fermentación no ha hecho más que empezar y aún pueden identificarse en él las camas y las excreciones.
- **Estiércol semi-hecho:** Presentan un estado intermedio de descomposición y, aunque aún es posible distinguir sus componentes, ya se encuentra porciones en que esta identificación no puede hacerse con facilidad.
- **Estiércol maduro:** Muy fermentado; la cama no puede identificarse pues se han descompuesto totalmente.

Existe gran cantidad de pequeños productores que no dan tratamiento alguno al estiércol y lo arrojan a pequeñas fosas o incluso directamente a pozos o partes bajas de la granja propiciando serios problemas de contaminación por coliformes y nitratos en suelos y acuíferos (Vázquez y Manjarrez, 1993).

Las excretas contienen nutrientes que los cultivos pueden utilizar, pero también poseen altas concentraciones de coliformes fecales que producen enfermedades infecciosas, capaces de causar hasta la muerte en los humanos. Por ello, para utilizarlas como fertilizantes, es necesario darles un tratamiento que elimine estos agentes infecciosos. Una forma de hacerlo es mediante la biodigestión. Al usar un biodigestor se utilizan los nutrimentos contenidos en las excretas y, además, se reduce la contaminación ambiental, ya que convierte las excretas que contienen microorganismos patógenos como bacterias, protozoos, larvas, huevos, pupas de insectos, etc., en residuos útiles y sin riesgo de transmisión de enfermedades (McCaskey, 1990).

La materia prima para la producción de biogás y fertilizante es el estiércol fresco. Se pueden considerar otro tipo de residuos orgánicos, pero en ningún caso residuos duros (con cáscara dura) o de larga duración de descomposición (como vísceras). El estiércol que

mayor cantidad de biogás produce es el de chanco, pero el fertilizante que producen es muy ácido, por ello previo a ingresar al biodigestor se debe realizar un tratamiento a este para que el biol que salga no sea un fermento, sino un fertilizante que sirva para el suelo (Herrero, 2008).

Para saber la calidad del estiércol, utilizado en este trabajo de investigación, fue necesario realizar análisis, para así poder tratarlo previo a ingresar al biodigestor.

#### **1.2.4.5. BIOL:**

Es una fuente de fitoreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en biodigestores, actúa como bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas (Colque *et al*, 2005).

La Producción de Abono Foliar (Biol) es una técnica utilizada con el objetivo de incrementar la cantidad y calidad de las cosechas. Es fácil y barato de preparar, ya que se usa insumos de la zona y se obtiene en un tiempo corto (1 - 4 meses), (Colque *et al*, 2005).

El biol es la mezcla líquida del estiércol con agua, adicionando insumos como alfalfa picada, roca fosfórica, leche, pescado, entre otros, que se descarga en un digestor, donde se produce el abono foliar orgánico (Colque *et al*, 2005).

Además, en la producción de biol se puede añadir a la mezcla plantas biocidas o repelentes, para combatir insectos y plagas. En este caso se usó plantas medicinales, las cuales nos sirven como insecticidas naturales y ayudan a que la planta absorba mejor los nutrientes.

Las plantas medicinales que se usó, son las siguientes:

- Cedrón (*Aloysia citriodora*)
- Caballo chupa (*Equisetum arvense*)
- Ortiga (*Urtica dioica*)
- Santa Maria (Tanacetum balsamita)
- Yerba mora (*Solanum nigrum*)
- Albahaca (*Ocimum basilicum*)
- Yerba Luisa (*Aloysia citriodora*)
- Sabila (*Aloe vera*)
- Romero (*Rosmarinus officinalis*)
- Payco (*Dysphania ambrosioides*)
- Geranio (*Geranium molle L.*)
- Ruda (*Ruta graveolens L.*)
- Yerba buena (*Mentha viridis (L.) L.*)
- Menta (*Mentha pulegium L.*)
- Llantén (*Plantago major L.*)
- Sangorachi (*Amaranthus quitensis*)
- Malba olorosa (*Malva sylvestris*)
- Ataco (*Amarantus muricantus*)
- Diente de león (*Taraxacum officinale*)
- Manzanilla (*Matricaria chamomilla.*)
- Schullo

Son 21 plantas medicinales, las cuales se encontraron dentro de la misma granja. Estas plantas medicinales se mezclarán con el estiércol en el biodigestor, permitiendo que el biol salga y sirva como insecticida, para el uso en las plantaciones.

Como resultado de la fermentación de los residuos se obtiene un “fango” con alta calidad fertilizante. Este fango es separado en dos componentes: el componente líquido conocido como “Biol”, el cual representa la mayor parte del fango resultante y el componente sólido conocido como “Biosol” (Aparcana y Jansen, 2008).

Según a las características de la materia orgánica que se va a usar para que se fermente, se tiene que en promedio el fango saliente del Biodigestor representa aproximadamente entre el 5-90% de la materia entrante. De esto aproximadamente el 90% corresponde al Biol y el 10% al Biosol. Estos porcentajes dependerán del método de separación (Aparcana y Jansen, 2008).



#### **1.2.4.6. MARCO LEGAL:**

El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzo de reúso y reciclaje, tratamiento que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios. El punto clave no es cuantas opciones de tratamiento se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia (INE, 2007, parte 1).

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se ha de seguir las siguientes políticas ambientales:

#### **Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)**

##### **Libro VI – DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

##### **Anexo II - NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS**

#### **4. Requisitos**

##### **4.1.1.4 De la disposición de desechos pecuarios**

Los desechos pecuarios provenientes de granjas productoras, con atención especial a las granjas porcinas, avícolas, y aquellas instalaciones adicionales que la entidad ambiental de control considere, deberán recibir tratamiento técnico adecuado, a fin de evitar la disposición directa sobre el suelo y evitar de esta forma la contaminación por microorganismos y cambio en sus características naturales.

## **GUÍA DE PRÁCTICAS AMBIENTALES**

### **UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

#### 2. Para las explotaciones agrícolas

##### 2.1 En el cultivo

2.1.3 No quemar los desechos de cosecha (rastros), los mismos deben ser utilizados como cobertura de suelo o para producir abonos orgánicos.

#### 3. Para las explotaciones Pecuarias

##### 3.2 Manejo de Residuos

3.2.1 La zona designada para el almacenamiento de residuos deberá estar lo suficientemente separada de las áreas de producción y vivienda.

3.2.2 Las excretas deberán ser manejadas adecuadamente para la producción de abonos orgánicos o alimentar Biodigestores para la producción de gas metano, a fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua y la proliferación de plagas, roedores y fauna nociva al igual que la emisión de malos olores. Los productos obtenidos serán utilizados en agricultura.

### **1.2.5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES**

*Variable Independiente:* Estiércol porcino

*Variables dependientes:* Biodigestor

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. NIVEL DE ESTUDIO

*Exploratorio:* Se analizó los procedimientos de gestión de seguridad, salud y ambiente; al igual que la parte legal que se basó en documentos, papers científicos, libros de calidad que aportaron a solucionar el problema de la investigación.

*Descriptivo:* El monitoreo del manejo de los desechos y la obtención del producto final, determinó su calidad y la influencia dentro del cuidado ambiental, mejorando la calidad de vida de las personas que se encuentran en la granja.

#### 2.2. MODALIDAD DE INVESTIGACION

*Campo:* Se realizó un diagnóstico sobre la granja en función del estiércol, al igual que el aforo de aproximadamente 3kg de estiércol por día.

*Experimental:* Se diseñó un biodigestor y se agregó plantas medicinales al estiércol porcino previo ingreso al biodigestor.

#### 2.3. MÉTODO

*Método Inductivo-deductivo:* Mediante los resultados obtenidos, se logró establecer un manejo adecuado para el estiércol porcino de la granja agrícola.

#### 2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

*Población:* Son todos los residuos orgánicos en una cantidad aproximada de 500kg generados en la granja.

*Muestra:* Es el estiércol porcino en una cantidad aproximada de 400kg generado por la granja.

## 2.5. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Experimentación: Dentro de la investigación se utilizó revisión bibliográfica actualizada (libros, revistas, papers, estudios anteriores, etc.), matrices, equipos, programas para diseño, insumos, equipos y reactivos para el manejo del estiércol porcino, análisis de laboratorio.

## 2.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Pruebas estadísticas aplicables a los datos obtenidos, métodos estandarizados, análisis de laboratorio de suelo y estiércol, análisis del biol.

## 2.7. PROCESAMIENTO DE DATOS

- Se muestreo el estiércol porcino.
- Se realizó el pesaje diario del estiércol, esto se llevó a cabo por 87 días. Se observa en la Imagen 2.

### Imagen 2. Pesaje de estiércol.



Fuente: Moreta, 2013

- Los análisis de laboratorio se los realizó en AGROCALIDAD (Tabla 2 y 3), se envió alrededor de 2kg de suelo y 1kg de estiércol porcino.
- La primera muestra fue de suelo, para la realización del muestreo del suelo se hizo lo siguiente:
  - Se escogieron varios puntos al azar.
  - Se escavó alrededor de 5cm en cada punto.
  - Se tomó la muestra en cada punto.
  - Cada muestra se colocó en un solo recipiente.
  - Y se homogenizó las muestras para obtener al final una sola.
- Este proceso se realizó en con aproximadamente 20 muestras escogidas al azar, esto se realizó dado a que debíamos obtener un suelo muy generalizado, es decir, que abarque las características de toda las plantaciones.

Se mandó a realizar los análisis de suelo, ya que se quiere saber qué necesidades tiene el suelo de las plantaciones de Tumbaco, y así poder obtener un biol apto para dicho suelo, el cual mejore sus condiciones.

Como base en algunos parámetros en especial el pH, se tomó en cuenta el TULAS, Libro VI-Anexo 2 (Tabla 4), que dice que el Suelos no sódicos ni salinos: son suelos considerado normal debido a que poseen una Conductividad eléctrica de sus extractos de saturación menor a 4 mmhos/cm, y su porcentaje de sodio intercambiable es menor a 15. El pH es ligeramente alcalino.

Los parámetros tomados de la tabla 2 del Anexo 2 del Libro VI del TULAS, nos indica que todos los parámetros que se pudieron comparar, están dentro de la norma.

**Tabla 2: Análisis de laboratorio del suelo por Agrocalidad.**

PARÁMETRO	INTERPRETACIÓN	ESTADO ACTUAL	VALORACIÓN	TULAS Libro VI-Anexo 2 Tabla 2
<b>pH</b>	Ácido: 5,5	7,4	Neutro	6 a 8
	Ligeramente ácido: 5,6-6,4			
	Neutro: 6,5-7,5			
	Ligeramente alcalino: 7,6-8,0			
<b>Materia Orgánica (MO) (%)</b>	<1.0	2,44	Alto	NO ESTABLECIDO
	1 - 2,0			
	>2,0			
<b>Nitrógeno Total (N)(%)</b>	0 - 0,15	0,12	Bajo	NO ESTABLECIDO
	0,16 - 0,3			
	>0,31			
<b>Fósforo (P) (ppm)</b>	0 - 10	205	Alto	NO ESTABLECIDO
	11 – 20			
	>21			
<b>Potasio (K) (cmol/kg)</b>	>0,2	0,56	Alto	NO ESTABLECIDO
	0,2 - 0,38			
	>0,4			
<b>Calcio (Ca) (cmol/kg)</b>	<1	11,8	Alto	NO ESTABLECIDO
	1,0 - 3,0			
	>3			
<b>Magnesio (Mg) (cmol/kg)</b>	<0,33	3	Alto	NO ESTABLECIDO
	0,34 - 0,66			
	>0,66			

Fuente: Agrocalidad, 2013

PARÁMETRO	INTERPRETACIÓN	ESTADO ACTUAL	VALORACIÓN	TULAS Libro VI-Anexo 2 Tabla 2
<b>Hierro (Fe) (ppm)</b>	0 - 20	133,4	Alto	NO ESTABLECIDO
	21 - 40			
	>41			
<b>Manganeso (Mn) (ppm)</b>	0 - 5	10,08	Medio	NO ESTABLECIDO
	6 - 15			
	>16			
<b>Cobre (Cu) (ppm)</b>	0 - 1	12,61	Alto	30
	1,1 - 4			
	>4,1			
<b>Zinc (Zn) (ppm)</b>	0 - 3	15,37	Alto	60
	3,1 - 6			
	>6,1			
<b>Boro (B) (ppm)</b>	<1	<0,5	Bajo	1
	1 - 2			
	>2			
<b>Azufre (S) (ppm)</b>	<12	21,52	Medio	250
	12 - 24			
	>24			
<b>Conductividad Eléctrica (CE) (ds/m)</b>	No Salino(NS): <2,0	0,344	No Salino (NS)	2
	Ligeramente Salino(LS): 2,0-3,0			
	Salino(S): 3,0 - 4,0			
	Muy Salino(MS): 4,0 - 8,0			

Fuente: Agrocalidad, 2013

PARÁMETRO	INTERPRETACIÓN	ESTADO ACTUAL	VALORACIÓN	TULAS Libro VI-Anexo 2 Tabla 2
Bases Totales (BT) (cmol/kg)	<5	15,8	Alto	NO ESTABLECIDO
	5 - 10			
	>10			
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (cmol/kg)	<5	11,38	Medio	NO ESTABLECIDO
	5 - 15			
	>15			
Saturación de Bases (SB) (%)	<10	SATURADO		NO ESTABLECIDO
	10 - 30			
	>30			

Fuente: Agrocalidad, 2013

**Tabla 3. Textura del suelo.**

TEXTURA	VALOR (%)	CLASE TEXTURAL
<b>Arena</b>	61	<u>Franco Arenoso</u>
<b>Limo</b>	26	
<b>Arcilla</b>	13	

Fuente: Agrocalidad, 2013

**NOTA:** Los análisis que se presentan en esta tabla, su valoración se da en base a suelos tropicales a nivel mundial. No se usa ningún marco legal para dicha valoración.

- La segunda muestra fue del estiércol, la cual se trata previo al ingreso al biodigestor. Tabla 4.



**Tabla 4. Análisis de laboratorio de Estiércol Porcino.**

PARÁMETRO	RESULTADO (% p/p)
Nitrógeno Total (NT)	0,40
Fósforo (P2O5)	1,20
Óxido de Potasio (K2O)	4,07
Materia Orgánica	83,08
pH	4,5

Fuente: Agrocalidad, 2013

- Para la realización del biodigestor a gran escala se investigó algunos datos como:
  - La Granja posee 18 chancheras.
  - En estas pueden entrar de 100 a 120 cerdos.
  - En cada una de estas ingresan 8 cerdos pequeños y 4 cerdos grandes.
- También se tomó medida a las chancheras y se realizó planos. Imagen 3.

**Imagen 3: Interior de las chancheras.**



Fuente: Moreta, 2013

A continuación se estableció varios factores que nos permitió realizar el biodigestor a escala de la granja.

Para el diseño del presente biodigestor se tomó en consideración varios aspectos de dicha Granja, uno de estos es el consumo mensual de GLP, la disponibilidad de materia prima (estiércol porcino), espacio físico, temperatura del lugar y uno de los factores más importantes es el costo de construcción, operación y mantenimiento del biodigestor.

Una guía para este proyecto es la cita de varios modelos de biodigestores como el chino, Hindú y el de Bolsa flexible.

En la granja habita una persona (cuidador) y en los fines de semana (cuatro al mes) habitan 20 personas, lo cual tiene un consumo mensual de 18 tanques de 15 kg de GLP y un promedio de luz de 347 KWH de energía eléctrica, la granja posee una hectárea (10000 m<sup>2</sup>) en donde 162 m<sup>2</sup> son usados para las chancheras, estas chancheras están divididas en dos filas, en cada fila hay 9 chancheras, cada una de 9 m<sup>2</sup>. Existen 7248 m<sup>2</sup> para la agricultura, 90 m<sup>2</sup> de bodega y 2500 m<sup>2</sup> de casa residencial (incluido garaje y áreas recreativas).

La falta de uso de los desechos orgánicos existentes en la granja ha hecho que esta consuma fertilizantes químicos muy costosos, los cuales no son absorbidos por completo, ya que dichas plantas siguen teniendo algunas enfermedades. El estiércol de cerdo es botado en una parte del terreno muy lejos de la casa y las plantaciones, sin embargo esto ha causado malos olores y la recepción de algunos vectores, sin mencionar que dichos olores pueden afectar a las casas aledañas ya que se ha convertido en un lugar residencial.

Para poder realizar el diseño del biodigestor a nivel de la granja se ha necesitado estudiar tres tipos de Biodigestores, para así lograr obtener un biodigestor de acuerdo a lo necesario. También se realizó un Biodigestor a nivel laboratorio con el cual nos permitió realizar la eficiencia en base a costos del biol.

Dentro de los Biodigestores más difundidos y más usados son:

- Biodigestor de Domo Flotante (India)
- Biodigestor de Domo Fijo (Chino)
- Biodigestor de Bolsa Elástica Tipo Balón

- **Biodigestor de Domo Flotante (India)**

Este biodigestor consiste en un tambor, originalmente hecho de acero pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo de ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se entrapa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible normalmente varía entre 4 a 8 cm. de columna de agua. El reactor tiene una alimentación de materia orgánica semi-continua, a través de una tubería de entrada.

Dentro de este Biodigestor (Hindú) Existen varios diseños, pero en general son verticales y enterrados. Se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos de biogás si se mantienen las condiciones de operación (Lara&Hidalgo, 2011).

### **Ventajas**

- Fácil operación
- Presión Constante
- No permite la formación de costras y espuma
- Operación eficiente

- **Biodigestor de Domo Fijo (Chino)**

Consiste en una firme cámara de gas construida de ladrillos, piedra u hormigón. La tapa y la base son semiesferas y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas para hacerlo firme. Hay un tapón de inspección en la cima del

digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo con presiones entre 1m y 1,5m de columna de H<sub>2</sub>O (Lara&Hidalgo, 2011).

Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la forma semiesférica. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construirlo. Más de cinco millones de biodigestores se han construido en China y están funcionando correctamente pero, la tecnología no ha sido popular fuera de China.

El biogás se almacena dentro del mismo sistema. A medida que aumenta el volumen del gas almacenado en el domo de la planta, aumenta su presión, forzando al líquido en los tubos de entrada y salida a subir, y llenándose a alcanzar presiones internas de hasta más de 100cm de columna de H<sub>2</sub>O (Lara&Hidalgo, 2011).

### **Ventajas**

- Una elevada vida de utilización (promedio de 20 años), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.
- Se usa para depósito y producción de biogás, producción de bioabono y desinfección.
- Bajo costo de construcción.

### **Desventajas**

- Requiere de materiales de alta calidad
- Mayores recursos humanos

- **Biodigestor de Bolsa Elástica Tipo Balón**

Está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito que sirve para el almacenaje de gas. En el caso del biodigestor de polietileno, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno sólo. El proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, y en la parte superior se colecta el gas. Posee una tubería

de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica en forma conjunta con agua, y una tubería de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el biodigestor (Lara&Hidalgo, 2011).

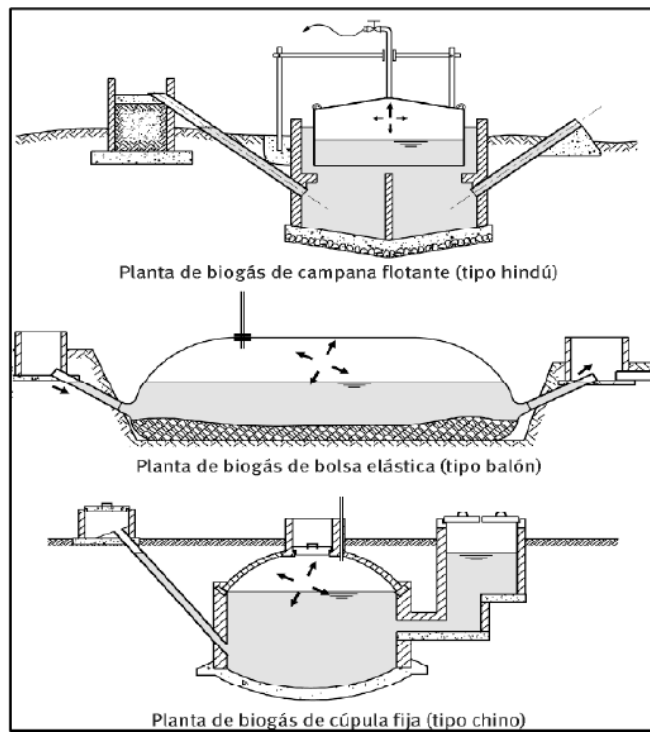
### Ventajas

- Reducción de trabajo físico
- Producción de energía barata
- Reducción de la polución
- Bajo costo de inversión y construcción
- Facilidad de instalación
- Ocupa menos espacio físico

### Desventajas

- Baja presión de gas
- Bajo tiempo de vida útil
- Es necesario montar una nueva instalación cada tres años
- También es muy vulnerable a sufrir roturas.

Imagen 4. Modelos de Biodigestores más utilizados.



Fuente: Lara&Hidalgo, 2011

Dentro de la realización del biodigestor, se encuentran los parámetros que se debe controlar, entre ellos están:

- La cantidad de biogás diario necesario: La producción de Biogás no es menos importante en este proyecto, ya que este debe cubrir en gran parte el consumo anual de energía de la granja. La reducción de costos por comprar tanques de GLP anualmente (Monar y Martínez, s.f.).
- La cantidad de estiércol porcino requerido: En la granja existen por el momento 5 cerdos de aproximadamente 7 meses de edad. La producción diaria de estiércol es de 2,2kg. Esta granja puede albergar de 100 a 120 cerdos (adultos y lechones).

**Tabla 5. Producción de estiércol fresco diario.**

<b>Ganado</b>	<b>kg de estiércol fresco producido por cada 100kg de peso del animal</b>
Cerdo	4
Bovino	8
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7
Humano Adulto	0,4kg por adulto
Humano niño	0,2kg por niño

Fuente: Herrero, 2008

Tomando como referencia la Tabla 5, donde dice que por cada 100kg del animal (cerdos), la producción de estiércol fresco es de 4kg. Por lo tanto:

Si se tienen 80 cerdos adultos de 100kg, la producción de estiércol fresco (PEF) fue:

Peso de cerdos adultos= 80cerdos adultos x 100kg de peso

Peso de cerdos adultos= 8000kg de peso de los cerdos adultos

$$\text{PEF} = 8000\text{kg peso cerdo} \times \frac{4\text{kg Estiércol Fresco}}{100\text{kg peso cerdo}} = 320\text{kg de Estiércol Fresco}$$

Tomando la misma tabla, la producción de Estiércol Fresco para lechones, fue:

Peso de lechones = 30 lechones x 30kg de peso

Peso de lechones = 900kg de peso de los lechones

$$\text{PEF} = 900\text{kg peso cerdo} \times \frac{4\text{kg Estiércol Fresco}}{100\text{kg peso cerdo}} = 36\text{kg de Estiércol Fresco}$$

La producción total de Estiércol Fresco fue de **356kg**.

Con los resultados obtenidos anteriormente, se tomó en cuenta varios factores para la realización del biodigestor a escala de la granja.

- La dimensión del digestor: Esto se pudo determinar en base al tiempo de retención y la cantidad de estiércol suministrado diariamente.
- La Temperatura: Una de las ventajas del lugar en donde se realizó el biodigestor es este parámetro, ya que es considerado como valle y su temperatura se encuentra entre 20 a 25°C.
- Tiempo de retención: Para la obtención de una buena digestión anaerobia, se consideró un tiempo de retención de aproximadamente 30 días.

Estos dos últimos puntos se encuentran en la siguiente tabla. Tabla 6.

**Tabla 6. Tiempo de retención según temperatura.**

<b>Región Característica</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo de retención (días)</b>
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

Fuente: Herrero, 2008

A continuación se realizó la selección del lugar para colocar el biodigestor, existen algunos factores que se tomó en cuenta, como son:

- Dado el costo de las tuberías, el biodigestor debe estar cerca de donde se usó el biogás.
- Debe encontrarse cerca del suministro de la materia prima (estiércol).
- Debe estar por lo menos de 10 a 15 metros de distancia de alguna fuente de agua, para evitar contaminación.
- Debe estar en un lugar donde pueda captar la energía calórica del sol y así permita que el biodigestor se caliente.

El lugar de instalación del biodigestor se encuentra cerca de las chancheras, aproximadamente a unos 24 metros. Mientras la distancia de la casa al biodigestor es de aproximadamente 22 metros. El cauce receptor más cercano está a una distancia de 55 metros aproximadamente. El terreno se encuentra totalmente despejado para que ingrese la luz del sol y caliente el biodigestor.

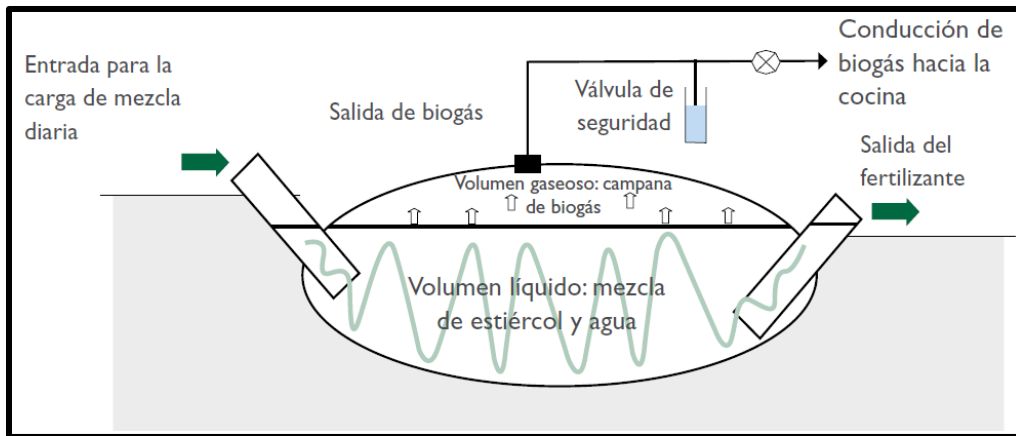
Después de haber escogido el lugar, se pudo escoger el diseño del biodigestor. Tomando en cuenta los tres biodigestores anteriores y viendo ventajas y desventajas, sin mencionar ya algunos aspectos como el hecho de que solo existe una persona que vive constantemente en el lugar (cuidador), este debió aprender a manejar el biodigestor, sin que este tenga una forma compleja de hacerlo.



La finalidad con la que se realizó el presente proyecto, es para que el biodigestor no solo produzca biogás que es uno de los factores que más benefició a la granja, sino también el Biol que se pudo usar en las plantaciones ya existentes en la granja. Este biol pudo reducir la compra de plaguicidas químicos.

Se tomó en cuenta el Biodigestor de Bolsa Elástica Tipo Balón, como se muestra en la Imagen 5.

**Imagen 5. Diagrama del Biodigestor de Bolsa Elástica Tipo Balón.**



Fuente: Herrero, 2008

Después de obtener el diseño del Biodigestor, se calculó los componentes que influyen en el biodigestor, entre ellos:

- La cantidad de energía consumida mensualmente en la granja.

Cantidad de GLP consumida (CGLP):

Mensualmente en la granja se consume alrededor de 18 tanques de GLP, cada tanque tiene 15kg de GLP, entonces:

$$\text{CGLP} = 18 \text{ tanques de } 15\text{kg de GLP} = 18 \times 15 = 270\text{kg de GLP/mes}$$

Se desea obtener el consumo de Kg de GLP al año, entonces:

$$\frac{270\text{kg GLP}}{\text{Mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 3240 \text{ kg de GLP/año}$$

Cantidad de Electricidad en m<sup>3</sup> de Bioqás:

Mensualmente en la granja se consume un promedio de 355KWH, si se dice que 1m<sup>3</sup>Bioqás tiene 1,2 KWH y que 1m<sup>3</sup>Bioqás tiene 0,45kg de GLP (Datos tomados de Monar y Martínez, (s.f).), entonces:

$$\frac{355 \text{ KWH}}{\text{Mes}} \times \frac{1\text{m}^3\text{Bioqás}}{1,2 \text{ KWH}} \times \frac{0,45\text{kg GLP}}{1\text{m}^3\text{Bioqás}} = 133,125\text{kg de GLP/mes}$$

Se desea obtener el consumo de Kg de GLP al año, entonces:

$$\frac{133,125\text{kg GLP}}{\text{Mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 1597,5\text{kg de GLP/año}$$

Cantidad total de Energía Consumida (ET):

$$ET = (3240 + 1597,5) \text{ (kg de GLP/año)}$$

$$ET = 4837,5 \text{ kg de GLP/año}$$

Los 4837,5 kg de GLP/año representan la cantidad total que la granja necesita para cubrir el 100% del consumo mensual de energía entre GLP y electricidad. También se tomó en cuenta el costo total del consumo mensual de dicha energía.

- La cantidad de estiércol requerido (CD).

Se tomó en cuenta los cálculos realizados en la página 33, en donde los 110 cerdos (adultos y lechones) producen 356Kg de estiércol fresco (EF) diario.

Para la alimentación del biodigestor se va usar una mezcla de estiércol más agua, con una relación 1:1. Según Monar y Martínez, (s.f), se asumió que 1kg de EF = 1Lt EF, entonces se tiene:

$$\text{Carga Diaria (CD)} = \text{EF} + \text{Agua} = \frac{356\text{Kg EF}}{\text{día}} \times \frac{1\text{L}}{1\text{kg}} + \frac{356\text{ L}}{\text{día}}$$

$$\text{Carga Diaria (CD)} = 712\text{ L de mezcla/día} = 0,712\text{ m}^3 \text{ de mezcla/día}$$

- Diseño de un biodigestor según disponibilidad de estiércol.

Se calculó el volumen que debe tener el biodigestor tomando en cuenta el tiempo de retención en la tabla 6 anteriormente mencionada. Entonces para una óptima producción se obtuvo que el Tiempo de Retención (TR) sea de 30 días.

$$\text{Vol}_{\text{líquido}} = (\text{CD}) \times (\text{TR})$$

$$\text{Vol}_{\text{líquido}} = (0,712\text{ m}^3/\text{día}) \times (30\text{ días})$$

$$\text{Vol}_{\text{líquido}} = 21,36\text{ m}^3 = 21360\text{ L}$$

El volumen total del biodigestor ha de albergar una parte líquida y otra gaseosa. Normalmente se da un espacio del 75% del volumen total a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa, entonces:

$$\text{Vol}_{\text{gaseoso}} = \text{Vol}_{\text{Total}} \times 0,25$$

$$\text{Vol}_{\text{gaseoso}} = (\text{Vol}_{\text{gaseoso}} + 21360) \times 0,25$$

$$\text{Vol}_{\text{gaseoso}} = 0,25 \text{ Vol}_{\text{gaseoso}} + 5340$$

$$\text{Vol}_{\text{gaseoso}} - 0,25 \text{ Vol}_{\text{gaseoso}} = 5340$$

$$0,75 \text{ Vol}_{\text{gaseoso}} = 5340$$

$$\text{Vol}_{\text{gaseoso}} = 5340/0,75$$

$$\text{Vol}_{\text{gaseoso}} = 7120\text{L} = 7,12\text{m}^3$$

Finalmente el Volumen Total fue:

$$V_T = V_L + V_G$$

$$V_T = 21360 + 7120$$

$$V_T = 28480 \text{ L} = 28,48 \text{ m}^3$$

La producción de biogás diario para 356kg de carga de EF fue según la tabla 7, en donde se tomó el promedio que es 50 para cerdos.

**Tabla 7. Producción de Biogás.**

Tipo de Estiércol	Producción de Gas por kg de Estiércol (L)
Ganado Vacuno	22 – 40
Cerdos	40 – 60
Aves de corral	65,5 – 115
Humano	20 – 28

Fuente: Technology of Biomass gasification, 2011

$$\text{Producción de Biogás/día (L)} = 356 \text{ kg EF} \times \frac{50 \text{ L}}{1 \text{ kg EF}}$$

$$\text{Producción de Biogás/día} = 17800 \text{ L} = 17,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Producción de Bioabono por día.

Según Herrero, 2008; En el proceso de la fermentación se perdió una fracción de sólidos totales. El estiércol fresco tiene entorno a un 17% de sólidos totales. El rango puede variar de 13 a 20%. Los sólidos totales representan el peso del estiércol una vez seco y por tanto es la carga real de materia sólida que se estará introduciendo en el biodigestor.

$$\text{Bioabono} = \text{Carga EF} - (\text{Carga EF} \times 0,17)$$

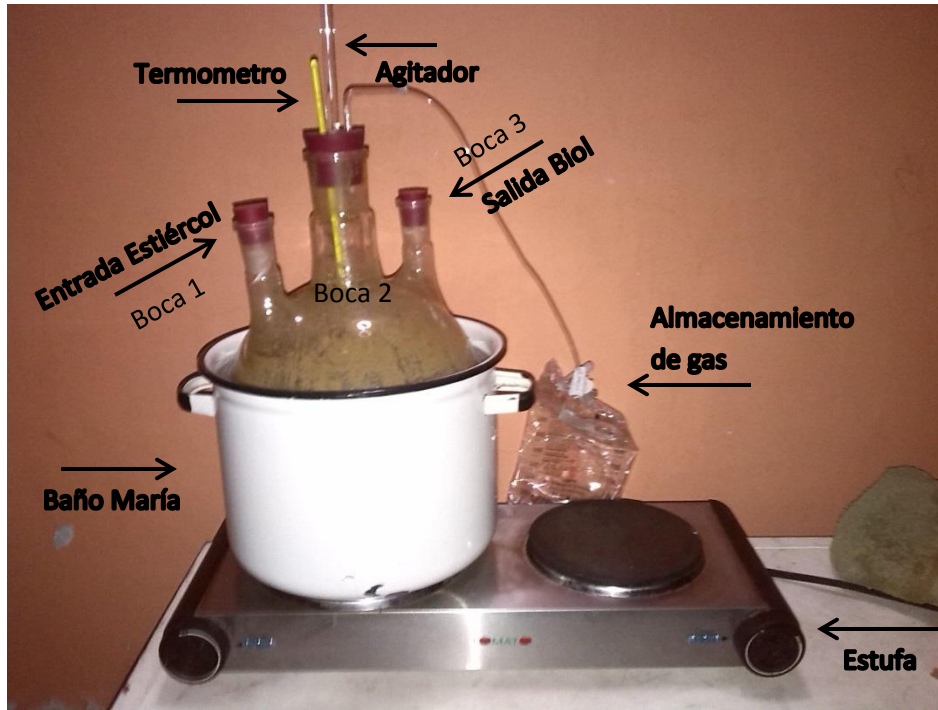
$$\text{Bioabono} = 356\text{kg/día} - (356\text{kg/día} \times 0,17)$$

$$\text{Bioabono} = 295,48 \text{ kg/día}$$

Para que el Biol saliente del biodigestor sea apto para el suelo de Tumbaco, se realizó un biodigestor a nivel laboratorio, como ya se mencionó en algunas ocasiones, este biodigestor no va a producir biogás porque la cantidad que ingresa de estiércol no proporciona el gas suficiente para ser cuantificado. Entonces un factor que se usó para mejorar el biol, fueron las plantas medicinales, que servirán como biocidas, como ya se mencionó anteriormente.

Para la realización de este biodigestor y sabiendo cuanto dan de estiércol los 5 cerdos que al momento se posee (tabla 9), se usó un balón de tres bocas, el cual se asemeja al biodigestor de bolsa elástica tipo balón que se va a usar a gran escala. El balón utilizado permitió que se tenga un ingreso (boca 1) y una salida (boca 3). La boca 2 permitió instalar un termómetro para control de temperatura, un agitador para mezclar la muestra y una salida de gases que se conectó a una funda de suero vacía, esto debido a que la fermentación expulsa varios gases que no necesariamente es gas metano.

**Imagen 6. Biodigestor a nivel Laboratorio.**



Fuente: Moreta, 2013

Para acelerar la fermentación dentro del biodigestor se controló la temperatura de 30 a 40°C, por eso se realizó todas las noches por 15 días a baño maría.

El biodigestor a nivel laboratorio tuvo un 10% de vacío (para la acumulación de gases), 10% de plantas medicinales, 40% de estiércol porcino y 40% de agua (relación estiércol, agua 1:1).

El balón tiene una capacidad de 5L (0,005m<sup>3</sup>), entonces:

$$\text{Espacio vacío} = 5 \times 0,10 = 0,5\text{L} = 0,0005\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = 5 \times 0,40 = 2\text{L} = 0,002 \text{ m}^3$$

Para calcular el 40% que se colocó de estiércol en el biodigestor, se hizo una relación en laboratorio, en donde se obtuvo:

- Se pesó un vaso de precipitación de 200ml, el mismo que tuvo un peso de 98,1859g.
- Después se lo llenó hasta los 100 ml con estiércol porcino, el cual tuvo un peso de 194,3957g.

Para conocer el peso del estiércol, se restó el  $Vaso_{vacío}$  del  $Vaso_{lleno}$ , así:

$$\text{Peso de estiércol} = \text{Vaso}_{lleno} - \text{Vaso}_{vacío}$$

$$\text{Peso de estiércol} = 194,3957g - 98,1859g$$

$$\text{Peso de estiércol} = 96,2098g$$

Dividiendo por los 100ml que se llenó, tenemos:

$$\text{Peso de estiércol} = 96,2098g / 100 \text{ ml}$$

$$\text{Peso de estiércol} = 0,9621 \text{ g/ml}$$

Si la bombona o balón tiene 5L (5000m<sup>3</sup>) de capacidad y esto es el 100%, y si se necesita el 40% de estiércol para la mezcla, se requiere 2L (2000ml).

Tomando en cuenta el peso del estiércol que fue de 0,9621 g/ml, se obtiene la cantidad de estiércol necesario que va ingresar al biodigestor de laboratorio.

$$\text{Estiércol Necesario} = 2000\text{ml} \times 0,9621\text{g/ml} = 1924,196 \text{ g} = 1,9 \text{ kg} = 4,2 \text{ lbs}$$

El cálculo del 10% que se colocó de plantas medicinales en el biodigestor, se hizo una relación en laboratorio, los cuales fueron:

- Se pesó un vaso de precipitación de 250ml, el mismo que tuvo un peso de 119,2618g.

- Después se lo lleno hasta los 50ml de plantas medicinales, el cual tuvo un peso de 124,5225g.

Para conocer el peso de las plantas, se restó el Vaso<sub>vacío</sub> del Vaso<sub>lleno</sub>, así:

Peso de plantas= Vaso<sub>lleno</sub> – Vaso<sub>vacío</sub>

Peso de plantas= 124,5225g - 119,2618g

Peso de plantas= 5,2607g

Dividiendo por los 50ml que se llenó, tenemos:

Peso de las plantas= 5,2607g/50 ml

Peso de plantas= 0,1052 g/ml

Si la bombona o balón tiene 5L (5000m<sup>3</sup>) de capacidad y esto es el 100%, y si se necesita el 10% de plantas medicinales para la mezcla, se obtiene que se necesita 0,5L (500ml).

Tomando en cuenta el peso de las plantas medicinales que fue de 0,1052 g/ml, se obtiene la cantidad de estiércol necesario que va ingresar al biodigestor de laboratorio.

Plantas Medicinales Necesarias= 500ml x 0,1052g/ml = 52,607g = 0,0526 kg = 0,12 lbs

Después de realizar los cálculos respectivos, se pesó y se introdujo al biodigestor la mezcla de agua, estiércol y plantas medicinales. Esto con el propósito de que el biol que se extraiga al final de la prueba, sea apto para el suelo de la granja. También nos sirvió para realizar una comparación de nutrientes. En donde se escogió realizar los análisis de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) ya que estos son los que suministran energía metabólica a las plantas. Mientras que los Micronutrientes (Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, Cl) se pierden o existen muy poca cantidad que por lo general no se detecta, ya que estos no suministran energía. También se vigiló la temperatura, la cual se encontró entre 30 – 40°C.



- Se calculó la cantidad de Nutrientes obtenidos del bioabono.

La cantidad de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se obtuvieron de los datos de la tabla 17, con los valores del estiércol biodigerido. La tabla que se expone a continuación es una tabla no estandarizada, esto se debe a que la tabla puede ser usada tanto para estiércol de vaca como de cerdo, se debe aclarar también que los valores obtenidos aquí, son muy generalizados. Es muy generalizada y la cual nos permitirá más adelante poder hacer una comparación con los resultados de los análisis.

**Tabla 8. Elementos en el estiércol fresco y biodigerido.**

Elemento	Unidades	Estiércol Fresco	Estiércol Biodigerido
Nitrógeno (N)	%	1.36	0.8
Fósforo (P)	%	0.16	0.04
Potasio (K)	%	0.14	0.26

Fuente: Lara&Hidalgo, 2011

$$\text{Nitrógeno} = (0,8\%) \times (\text{EF}) = (0,008) \times (356\text{kg})$$

$$\text{Nitrógeno} = 2,848 \text{ kg/día} = 85,44 \text{ kg/mes} = 1025,28 \text{ kg/año}$$

$$\text{Fósforo (P)} = (0,04\%) \times (\text{EF}) = (0,0004) \times (356\text{kg})$$

$$\text{Fósforo (P)} = 0,1424 \text{ kg/día} = 4,272\text{kg/mes} = 51,264\text{kg/año}$$

$$\text{Potasio (K)} = (0,26\%) \times (\text{EF}) = (0,0026) \times (356\text{kg})$$

$$\text{Potasio (K)} = 0,9256 \text{ kg/día} = 27,768\text{kg/mes} = 333,216 \text{ kg/año}$$

### CAPÍTULO III

#### 3. RESULTADOS

##### 3.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS

- Se calculó el peso promedio por día del estiércol porcino. (Tabla 9)

**Tabla 9. Peso en kg por día de estiércol porcino.**

Mes	Días	Peso (kg)	Promedio kg/día
Mayo	17	29,09	
Junio	30	90	
Julio	31	59,318	
Agosto	9	12,95	
<b>SUMATORIA</b>	87	191,36	<b>2,2</b>

Fuente: Moreta, 2013

Dentro de la granja actualmente se encuentran 5 cerdos de 7 meses los cuales tienen un peso aproximado de 50kg cada uno. El valor promedio después de pesar el estiércol por aproximadamente 3 meses, fue de 2,2kg. Se tomó la muestra por los 3 meses, debido a que se quería saber el peso promedio de estiércol por día, esto era una base para poder realizar el biodigestor a nivel laboratorio. Se escogió la fecha del primer pesaje al azar y se paró de pesar cuando el estiércol ya iba a ingresar al biodigestor de laboratorio. Estos tres meses aproximadamente nos mostraron que hay una variación, esto se da debido a que les cambian de alimento de acuerdo a las etapas de crecimiento de los cerdos.

Para realizar el diseño del biodigestor a escala de la granja se tomó como bases las tablas de Jaime Martí Herrero, 2008; en donde dice que la relación óptima de Longitud/diámetro debe ser de 7. Dado que no se llegó a la relación óptima con dicha tabla, después de realizados los cálculos, esta fue ampliada para una aproximación al número requerido por dicho autor. Se tiene la tabla 14 (resultados), en donde se tiene ya las medidas del Biodigestor.

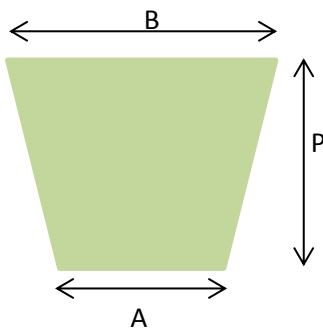
**Tabla 10. Medidas para el diseño del Biodigestor.**

Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz ( $\pi \times r^2$ ) (m <sup>2</sup> )	Longitud Biodigestor $V_T$ /secc. Eficaz (m)	Relación Longitud/ Diámetro (L/d)
1	0,32	0,64	0,32	88,53	138,33
1,25	0,4	0,8	0,50	56,66	70,82
1,5	0,48	0,96	0,72	39,35	40,99
1,75	0,56	1,12	0,99	28,91	25,81
2	0,64	1,28	1,29	22,13	17,29

Fuente: Herrero, 2008

Conociendo el ancho de rollo que se va a utilizar, y la longitud requerida del biodigestor, se puede conocer la dimensión de la zanja donde se pondrá el Biodigestor. Para esto, se tomó de base la tabla 11 y se la amplificó para la obtención de la tabla 15. Estas serán:

**Tabla 11. Medidas para la zanja del biodigestor.**



Ancho de Rollo	A	B	P	L
1	0,3	0,5	0,6	47,47
1,25	0,4	0,6	0,7	40,69
1,5	0,5	0,7	0,8	35,60
1,75	0,6	0,8	0,9	31,64
2	0,7	0,9	1	28,48

Fuente: Herrero, 2008

**Dónde:**

**A:** es la base de la zanja.

**P:** la profundidad de la zanja.

**B:** la superficie de la zanja.

**L:** longitud de la zanja.

Para saber si el biodigestor es efectivo con respecto a la reducción de costos, tanto en diseño del biodigestor, como en la producción de biogás y biol, se realizó cálculos que indicaron cuanto reduciría el costo mensual a pagar por fertilizantes químicos, GLP y energía eléctrica. Considerando que la implementación del biodigestor no es un gasto, sino una inversión que a mediano o largo plazo daría beneficios económicos y ambientales a la granja, se obtuvo:

**Tabla 12. Costo de realización del Biodigestor a gran escala.**

Descripción	Valor (\$)
Costo de Plástico y Tubería	1500
Mano de Obra	250
<b>Total (\$)</b>	<b>1750</b>

Fuente: Moreta, 2013

**NOTA:** Los costos propuestos en esta tabla se basaron en valores de nuestro medio.

Los beneficios directos del uso de la biodigestión pueden ser estimados en base al uso del biogás, como una fuente alternativa a energías no renovables, y a la aplicación del efluente como una sustitución de nutrientes aportados por fertilizantes químicos.

El valor comercial del biogás como fuente de energía será estimado en su valor equivalente en valor energético de un combustible fósil (más usado GLP) que puede ser reemplazado por el uso de biogás.

- Entonces se obtuvo que  $1\text{m}^3$  de biogás es igual a 0,45kg GLP.

$$\frac{6497\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{Año}} \times \frac{0,45\text{kg GLP}}{1\text{m}^3 \text{ biogás}} = 2923,65\text{kg GLP/año}$$

- Un tanque tiene 15kg de GLP, entonces:

$$\frac{2923,65\text{kg GLP}}{\text{Año}} \times \frac{1 \text{ tanque}}{15\text{kg GLP}} = 194,91 \text{ tanques/año} = 195 \text{ tanques/año}$$

- El valor de un tanque de 15kg de GLP es de 3,00 dólares, entonces:

$$195 \text{ tanques de GLP} \times 3 \text{ dólares} = 584,73 \text{ dólares/año} = 585 \text{ dólares/año}$$

**NOTA:** Los tres dólares se tomó en base a que no existe una distribuidora de GLP cerca de la granja, por ello van a dejar a domicilio el gas, lo que aumenta el valor del mismo.

- El valor económico del efluente (precio del nutriente) es calculado en base al valor comercial por kilo de cada nutriente de los fertilizantes químicos. Estos valores no son exactos, dependen al medio y el lugar de compra.

**Tabla 13. Costos de Nutrientes por kilo.**

Nutriente	Costo (\$)	Kilo (kg)
<b>N (Urea al 50% de N)</b>	25	50 de Urea
<b>P (P2O5)</b>	50	50
<b>K (K2O)</b>	50	50

Fuente: Moreta, 2013

Tomando como base la tabla 13 y el resultado de la tabla 8. El costo por nutriente al año, fue:

- Si los 50kg de Urea tiene un costo de 25 dólares y el 50% es Nitrógeno Total, y si se necesita 1025,28kg de Nitrógeno Total, nuestro costo anual será de 1025,28 dólares.

Nitrógeno (N)= 50kg Urea x 0,50 = 25kg de N

$$\text{Nitrógeno (N)} = \frac{1025,28\text{kg de N}}{\text{Año}} \times \frac{25\text{dólares}}{25\text{kg de N}}$$

Nitrógeno (N)= 1025,28 dólares/año

- Si los 50kg de Fósforo tiene un costo de 50 dólares, y si se necesita 51,264kg de Fósforo, nuestro costo anual será de 51,264 dólares.

$$\text{Fósforo (P)} = \frac{51,264\text{kg de P}}{\text{Año}} \times \frac{50\text{dólares}}{50\text{kg de P}}$$

Fósforo (P)= 51,264dólares/año

- Si los 50kg de Potasio tiene un costo de 50 dólares, y si se necesita 333,216kg de Potasio, nuestro costo anual será de 333,216 dólares.

$$\text{Potasio (K)} = \frac{5333,216\text{kg de K}}{\text{Año}} \times \frac{50\text{dólares}}{50\text{kg de K}}$$

Potasio (K)= 333,216dólares/año

- El consumo mensual de energía eléctrica y GLP en la granja es de 95 dólares.

95 dólares/año x 12 meses = 1140 dólares/año

- El consumo de fertilizantes químicos al mes es de 120 dólares.

120 dólares/año x 12 meses = 1440 dólares/año

- El consumo anual (CA) en energía (GLP y electricidad) y fertilizantes químicos, es de:

CA= (1140+1440) (dólares/año) = **2580 dólares/año**

### 3.2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Tabla 14. Amplificación de medidas para el diseño del Biodigestor.**

Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Sección eficaz ( $\pi \times r^2$ ) (m <sup>2</sup> )	Longitud Biodigestor V <sub>T</sub> /secc. Eficaz (m)	Relación Longitud/ diámetro
2,25	0,72	1,44	1,63	17,49	12,14
2,5	0,8	1,6	2,01	14,16	8,85
<b>2,75</b>	<b>0,88</b>	<b>1,76</b>	<b>2,43</b>	<b>11,71</b>	<b>6,65</b>

Fuente: Moreta, 2013

**Tabla 15. Amplificación de las medidas para la zanja del Biodigestor.**

Ancho de Rollo	A	B	P	L
2,25	0,8	1	1,1	17.49
2,5	0,9	1,1	1,2	14,16
<b>2,75</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>11.71</b>

Fuente: Moreta, 2013

**Tabla 16. Biodigestor.**

<b>Biodigestor</b>	
<b>Volumen<sub>líquido</sub></b>	21360L
<b>Volumen<sub>gaseoso</sub></b>	7120L
<b>Volumen<sub>Total</sub></b>	28480L
<b>Ancho de rollo</b>	2,75m
<b>Longitud del biodigestor y de la zanja (L/d)</b>	6,7m
<b>Longitud<sub>plástico</sub> por capa (1m para amarre)</b>	7,7m
<b>Plástico Total</b>	11,71m
<b>Ancho inferior de zanja</b>	1m
<b>Ancho superior de zanja</b>	1,2m
<b>Profundidad de zanja</b>	1,3m

Fuente: Moreta, 2013

**Tabla 17. Comparación de Nutrientes esenciales del suelo, EF y Biol.**

<b>Elemento</b>	<b>Estiércol Fresco</b>	<b>Suelo</b>	<b>Biol</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	0,40%	0,12%	2,45%
<b>Fósforo (P)</b>	1,20%	205 ppm	5,23%
<b>Potasio (K)</b>	4,07%	0,56 (cmol/kg)	2,60%
<b>pH</b>	4,5	7,4	6,74
<b>Materia Orgánica</b>	83,08%	2,44%	62,31%

Fuente: Moreta, 2013

El resultado de los análisis de laboratorio del Biol, nos indica que este es rico en nutrientes, es un excelente bioabono para un suelo de escasos nutrientes. Sin embargo el suelo que analizamos no depende mayormente de nutrientes, ya que este es un suelo productor. El biol como producto del biodigestor se lo puede colocar en pocas proporciones al suelo, esto para que las plantas logren absorber las propiedades del biocid, logrando así contrarrestar las enfermedades o plagas que estas puedan llegar a tener. También reduciendo la compra de fertilizantes químicos.



**Tabla 18. Ahorro económico total en 5 años de vida del biodigestor**

AHORRO	Años				
	0	1	2	3	4
Valor biogás (equivalente en tanque de 15kg de GLP) (\$)	584,73	613,97	644,66	676,90	710,74
Valor efluente (\$)	1409,76	1480,25	1554,26	1631,97	1713,57
Ahorros Totales (\$)	1994,49	2094,21	2198,93	2308,87	2424,32
<b>COSTOS</b>					
Materiales y equipos	1500	0	0	0	0
Mano de obra (Mantenimiento desde el segundo año)	250	50	53	55,13	57,88
<b>Costo Total</b>	1750	50	53	55,13	57,88
<b>Ahorro Neto por año (\$)</b>	244,49	2044,21	2146,43	2253,75	2366,43
<b>Porcentaje de Ahorro (%)</b>	9,48	81,17			

Fuente: Moreta, 2013

## CAPITULO IV

### 4. DISCUSIÓN

#### 4.1. CONCLUSIONES

- ✓ El diseño de un biodigestor con medidas apropiadas y materiales adecuados, contribuyen a que el producto final que se obtenga de este proceso será de calidad y garantizado para la aplicación a la granja de Tumbaco, evitando daños al ambiente, en especial al suelo. Siendo una alternativa adecuada siempre y cuando estén bien realizado y bajo condiciones y parámetros adecuados.
- ✓ El biodigestor es un transformador que permite tener un sistema agroecológico, el cual trae consecuencias positivas en el ambiente, el enfoque ecológico y la preocupación social.
- ✓ Una de las ventajas del biodigestor es que aporta en la disminución de cargas contaminantes por residuos orgánicos, en este caso, estiércol porcino, ya que este sistema extrae gran parte de la energía contenida en el material, teniendo como resultados un fertilizante de calidad y a la vez controla de manera considerable los malos olores y vectores.
- ✓ Dando un buen manejo al biodigestor y usando correctamente la materia prima, se logró obtener un biogás que cubra la demanda de energía eléctrica y obtener un bioabono que pueda mejorar las condiciones del suelo.
- ✓ El estiércol porcino a pesar de ser un residuo, se constituye en una fuente interesante de minerales como constituyente de un bioabono que después de ser tratado tendrá minerales mineralizables disponibles para el suelo; disminuyendo el impacto que pueda tener y a la vez evitando la formación de amonio y amoniaco.
- ✓ El estiércol porcino o cualquier estiércol animal que este bien manejado, con técnicas adecuadas pueden llegar a reemplazar en su gran mayoría a los fertilizantes químicos.
- ✓ La falta de conocimiento sobre el manejo de fuentes orgánicas y diseños adecuados de biodigestores a nivel nacional, para un adecuado manejo de desechos en especial estiércol de cualquier animal, dificulta crear industrias que

generen trabajo, genere productos o bioinsumos de calidad de bajo impacto ambiental y de bajo costo.

- ✓ Tomando como base el consumo real de GLP y el costo de fertilizantes químicos sin construir el biodigestor, es de 2580 dólares. Al realizar la inversión del biodigestor en su primer año se obtiene un consumo de 585 dólares, lo que generaría un ahorro del 51%. En cuanto a los insumos y fertilizantes se obtiene un ahorro del 97,9%. Es decir que se reduce la mayor parte de los costos por insumos.
- ✓ El estiércol porcino después de un tratamiento dentro del biodigestor aporta cantidades de nutrientes mineralizables que permite que las plantas absorban con facilidad, esto a diferencia del estiércol fresco el cual no permite que muchos de los nutrientes que posee, sean absorbidos.
- ✓ El aporte de materia orgánica cumple beneficios muy importantes en la mejora del suelo como el incremento de humedad, permeabilidad, aporte de nutrientes, entre otros.
- ✓ Según los resultados obtenidos en cuanto a pH, este es considerado neutro según la tabla 4. Reacción acidez-alcalinidad, del Anexo 2 de la Norma De Calidad Ambiental Del Recurso Suelo Y Criterios De Remediación Para Suelos Contaminados, del Libro VI de la Calidad Ambiental del TULAS. Esto contribuye a que las plantas absorban adecuadamente los nutrientes, disminuyendo así la adición de cantidades excesivas de fertilizantes químicos.
- ✓ El biol es un bioinsumo que puede ser utilizado como fertilizante foliar y como fertilizante edáfico por sus propiedades, las cuales pueden promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: fortalecer la base radicular, mejora la base foliar, mejora la floración y sus semillas son más germinativas. Y a la vez sirven como repelentes y agentes biológicos para el control de plagas y enfermedades, haciendo un ciclo cerrado de producción, reutilizando los mismos desechos como bioproductos dentro de la granja,

ahorrando dinero, mano de obra, etc. De esta manera se logró mantener un ecosistema en donde se aprovecha todo recurso generado.

- ✓ Con respecto al Marco Legal tomado en este documento, se puede decir que se cumple la tipificación establecido dentro de este, con respecto al manejo de excretas.

## **RECOMENDACIONES**

- ✓ La utilización de un generador eléctrico a base del biogás, permitirá cubrir los cortes de servicio eléctrico que ocasionalmente se dan, mientras que el tiempo restante se aplicaría el biogás para la cocción de alimentos.
- ✓ El biodigestor debe estar cerca del suministro de la materia prima (estiércol). Además debe estar cerca al lugar donde el biol pueda ser almacenado.
- ✓ El biodigestor es una de las tecnologías limpias más recomendables, ya que se obtiene un ahorro máximo, el cual se puede ver a mediano y largo plazo.
- ✓ Para obtener un promedio más real en cuanto a la cantidad de estiércol que se obtuvo por alrededor de 3 meses, es necesario que se pese más tiempo y se realice el análisis tanto de estiércol de cerdos adultos, así como el estiércol de lechones, esto debido a que el alimento en cada etapa de crecimiento del cerdo posee diferentes características que ayudan al animal.
- ✓ Como aporte al manejo y mantenimiento del biodigestor se debe, revisar la tubería por donde pasa el biogás a la cocina para sacar el agua evaporada y condensada que no permite el paso del gas hasta la estufa. Para ello hay que purgar las tuberías.
- ✓ Para la realización de la mezcla de la carga diaria se puede colocar un recipiente a la entrada del biodigestor, de manera que ya preparada la mezcla, caiga diluida al interior del equipo.

- ✓ A la salida del biodigestor, se puede realizar un pozo donde se vaya acumulando el biol. A este pozo se le puede conectar una manguera para realizar el riego o se la conecta al canal de riego. La poza con el fertilizante debe ser cubierta para que las propiedades del mismo no se pierdan.
- ✓ Se puede colocar una valla alrededor del biodigestor, para protegerlo de la acción de los animales o de otros factores que pongan en riesgo los materiales del mismo.
- ✓ Se puede probar tiempos de procesos y producción de bioles y gas, tomando distintos parámetros en diferentes tiempos del proceso y así poder determinar qué tipo de materia prima se puede utilizar y que tipo de biodigestor es el más recomendable.
- ✓ Se puede diseñar biodigestores como a un 20% más de su capacidad, con el fin de abastecer el incremento de estiércol en caso de que exista un aumento de ganado o por un factor de seguridad que permitirá cubrir cualquier falla que este pueda tener por excesos.
- ✓ Se puede probar combinaciones de estiércoles con diversa plantas u otros tipos de materia orgánica, para favorecer la producción y obtención de un bioinsumo.

## 5. REFERENCIAS

- Prieto, C. (2003). Basura: Manejo y transformación práctico-económico. Segunda Edición. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Martínez, C., Romero, R., Corlay, L., Trinidad, A. & Santoyo, L.F. (1999). I Simposium Internacional y Reunión Nacional. Lombricultura y Abonos Orgánicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Unidad de Identificación y Promoción de Mercados, UIPM. Montecillo y Chapingo. México.
- Glynn, H. (1999). Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Prentice Hall. México.
- Urbano, P. (2001). Tratado de Fitotecnia General. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Presa México.
- Mézquita, A. (Junio de 2009). CIAP. Recuperado el 1 de Noviembre de 2012, de Centro de Información de actividades porcinas: <http://www.ciap.org.ar>
- Herrero, J. (2008). Biodigestores Familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía. Bolivia.
- Aguilar, F.X. & Botero, R. (2007). Biogás: Beneficios económicos utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/biogas-beneficios-economicos-utilizando-t1795/124-p0.htm>
- Calle, J. (2012). EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS EN LOS BARRIOS LA MORITA, LA TOLA, EL ARENAL, LA ESPERANZA Y COLLAQUÍ UBICADOS EN LA PARROQUIA DE TUMBACO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA. (Tesis de Grado). Recuperado de la Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería de Geología, Minas, Petróleo y Ambiente.
- Ine. (s.f). Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos. Recuperado el 15 de noviembre de 2012.
- Monje, J. (2005). Producción Porcina. Editorial Universidad Estatal a Distancia San José, Costa Rica.


- Cea. (s.f). Uso de biodigestores en fincas agroecológicas. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de <http://www.agroecologia.ec>
- Organi\*k. (s.f). Biodigestores. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de <http://www.organi-k.org.mx/7/ecotecnias/biodigestores>
- Uso de estiércol en los establecimientos agrícolas. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de <http://www.nationalwatermelonassociation.com>
- Baltodano, M. & Sotomayor, F. (2002). EVALUACIÓN DE MANEJO DE DESECHOS ORGÁNICOS DOMÉSTICOS EN LA EARTH. (Tesis de Grado). Recuperado de la Universidad Earth. Guácimo, Costa Rica.
- Google Maps. (2013). Recuperado el 28 de agosto de 2013.
- Lara, E & Hidalgo, M. (2011). DISEÑO DE UN BIORREACTOR Y CONDUCCIÓN DEL BIOGÁS GENERADO POR LAS EXCRETAS DE GANADO VACUNO, ESTACIÓN TUNSHI-ESPOCH. (Tesis de grado). Recuperado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela de Ciencias Químicas. Chimborazo-Ecuador.
- Navarro, Moral, Gómez, L. & Mataix, B. (1995). Residuos Orgánicos y Agricultura. Universidad de Alicante. España.
- “Biorreactores”. (s.f). Recuperado el 30 de agosto de 2013, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1608/Capitulo2.pdf>
- Bautista, C. (1998). Residuos: Guía Técnico-Jurídica. Grupo Mundi-Prensa. España
- Jaramillo, G. & Zapata, L. (2008). APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA. Universidad de Antioquia. Gestión Ambiental. Colombia.
- Monroy, O. & Viniegra, G. (1990). Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Primera Edición. México.
- Vázquez, B., y Manjarrez, R. (1993). Contaminación del agua subterránea por la actividad porcícola. Tecnología del Agua. España.
- McCaskey, A. T. 1990. Microbiological and Chemical Pollution Potential of Swine Waste: Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre Manejo y Aprovechamiento de Estiércol de Cerdos. CINVESTAV. Guadalajara-México.

- Colque, T., Mujica, A. & Apaza, V. (2005). Producción de Biol y abono líquido Natural y Ecológico. Estación Experimental Illpa-Puno. Puno-Perú.
- Aparcana, S. & Jansen, A. (2008). Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso “Fermentación Anaeróbica” para producción de Biogás. Germán ProfEC-Perú SAC. Lima-Perú.
- Monar, U. & Martínez, E. (s.f). Diseño de un Biodigestor para una Finca del Recinto San Luis de las Mercedes del Cantón las Naves de la Provincia de Bolívar. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Guayaquil-Ecuador.



## 6. ANEXOS

### Anexo 1: Análisis del suelo homogenizado de Tumbaco.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASESURAMIENTO DE LA CIUDAD DEL ASNO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> <b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO No. 130</b>	Hoja 1 de 2
Via Interoceánica Km 14, Granja del MAGAP, Tumbaco - Teléfono 2372-844 - Telefax 2372-845		

**Remitente de la(s) muestra(s):** Propietario de la(s) muestra(s): María Laura Moreta  
**Número Telefónico:** 2417557  
**Email:** ma.laura\_mc@hotmail.com  
**No. Factura:** 12411

**Fecha del informe:** 23-Mayo-2013  
**Nombre de la finca o terreno / Parroquia:** La Morita  
**Cantón:** Quito  
**Provincia:** Pichincha

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Método aplicado	Pot. *	Cond. *	Vol. *	Col. *	AA *	Vol. *	Col. *	Turb. *									
No. LAB. Muestra	1254	M-1	7.40	0.344	2.44	0.12	205.0	0.56	11.80	3.00	133.4	10.08	12.61	15.37	---	<0.5	21.52

\* Pot.: Potenciométrico; Cond.: Conductimétrico; Vol.: Volumétrico; Col.: Colorimétrico; AA: Absorción Atómica; Turb.: Turbidimétrico; CE: Conductividad eléctrica; MO: Materia Orgánica; N: Nitrogeno total; P: Fósforo; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; Fe: Hierro; Mn: Manganeso; Cu: Cobre; Zn: Zinc; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>: Carbonatos; B: Boro y S: Azufre

Método aplicado	Nombre de la Muestra	AA *									
		Bases de Cambio					Cal *				
No. LAB.	M-1	K* (cmol/Kg)	Na* (cmol/Kg)	Ca <sup>2+</sup> (cmol/Kg)	Mg* (cmol/Kg)	Ca <sup>2+</sup> (cmol/Kg)	BT* (cmol/Kg)	AA. * (cmol/Kg)	ClC* (cmol/Kg)	SB* (%)	Saturado
1254	M-1	0.55	0.10	12.10	3.05	15.80	11.38				

\* AA: Absorción Atómica; Cal: Calculado; K: Potasio; Na: Sodio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; BT: Bases Totales; ClC: Capacidad de intercambio catiónico; SB: Saturación de bases

Método aplicado	Bouyoucos		
	% A *	% L *	% Ac *
No. LAB. 1254	61	26	13

\* A: Arena; L: Limo y Ac: Arcilla

**OBSERVACIONES:**  
Los resultados se expresan en base seca.

- Los resultados analíticos presentes en este informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe puede reproducirse únicamente en su totalidad

Anexo 2. Interpretación de Agrocalidad para los suelos de Tumbaco.



**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
**INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO No. 130**  
Via Interoceánica Km 14, Granja del MAGAP, Tumbaco - Teléfono 2372-844 - Telefax 2372-845

Hoja 2 de 2

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	S (ppm)
BAJO	< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3	< 1	< 12
MEDIO	1 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6	1 - 2	12 - 24
ALTO	> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1	> 2	> 24

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 - 6,4	6,5 - 7,5	7,6 - 8,0	8,1

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

CE* (ds/m)	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
< 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 4,0	4,0 - 8,0	

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

PARÁMETRO	BT (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	SB (%)
BAJO	< 5	< 5	< 10
MEDIO	5 - 10	5 - 15	10 - 30
ALTO	> 10	> 15	> 30

Ing. Rusbel Jaramillo Chamba  
RESPONSABLE TÉCNICO

- Los resultados analíticos presentes en este informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe puede reproducirse únicamente en su totalidad



Anexo 3. Análisis de Estiércol Porcino.

	<b>LABORATORIO DE FERTILIZANTES</b>	
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	
(Vía Interoceánica Km. 14, Granja del MAG, Tumbaco – Quito Telef: 02-2372-845 Ext: 231)		

Hoja 1 de 1  
**Informe N° 13365**  
**Fecha del Informe: 31/05/2013**

**Persona o Empresa solicitante: MARIA LAURA MORETA.**  
**Dirección:** Los Guabos N 4974 y Cucardas **Teléfono:** 022 417 557  
**Parroquia:** **Cantón:** Quito  
**Provincia:** Pichincha **País:** Ecuador  
**Fecha de Ingreso de la muestra:** 09/05/2013  
**No. de Factura:** 12412 **Código (s) de muestra (s):** 13611

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregó al Laboratorio 1 muestra sólida, recibida en buen estado para control de calidad de fertilizantes.

**Fecha inicio análisis:** 10/05/2013 **Fecha finalización análisis:** 29/05/2013

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

COD MUESTRA	NOMBRE MUESTRA	EXPRESIÓN	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	FORMULACIÓN TEÓRICA
13611	ESTIERCOL	NT*	0.40	%	Kjeldahl	---
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	1.20	%	Colorimétrico*	---
		K <sub>2</sub> O*	4.07	%	AA (llama)*	---
		MO*	83.08	%	Gravimétrico	---

\*NT= Nitrógeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= Fósforo, K<sub>2</sub>O= Oxido de Potasio, MO= Materia Orgánica, B=Boro, y AA= Absorción Atómica.

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados de la muestra se expresan en %p/p.
- Las muestras no presenta la formulación teórica declarada.

**Analizado por:** Química Amparo Pacheco y Bioq. Patricio García.

  
  
 Bioq. Patricio García J.  
 Responsable Técnico

- Los resultados analíticos presentes en el informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe puede reproducirse únicamente en su totalidad

Anexo 4. Conteo y medición de las 18 chancheras.



Anexo 5. Cuantificación de cerdos por chanchera.





Anexo 6. Mezcla estiércol agua, relación 1:1.



Anexo 7. Plantas medicinales usadas en estiércol.



Anexo 8. Control de Temperatura, entre 30 a 40°C.



Anexo 9. Finalización del proceso de digestión.





Anexo 10. Proceso de cernido para obtener biol.



Anexo 11. Análisis de muestra de 250ml de Biol.

	<b>LABORATORIO DE FERTILIZANTES</b>	 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	
(Vía Interoceánica Km. 14, Granja del MAG, Tumbaco – Quito Telef: 02-2372-845 Ext: 231)		

Hoja 1 de 1

Informe N° 13741

Fecha del Informe: 18/09/2013

Persona o Empresa solicitante: **MARÍA LAURA MORETA**

Dirección: Los Guabos N49-74 y Cucardas

Parroquia:

Provincia: Pichincha

Fecha de Ingreso de la muestra: 30/08/2013

No. de Factura: 13136

Teléfono: 022 417 557

Cantón: Quito

País: Ecuador

Código (s) de muestra (s): 131114

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregaron al Laboratorio 1 muestra líquida, recibida en buen estado para control de calidad de fertilizantes.

**Fecha inicio análisis:** 01/09/2013

**Fecha finalización análisis:** 17/09/2013

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

COD MUESTRA	NOMBRE MUESTRA	EXPRESIÓN	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	FORMULACIÓN TEÓRICA
131114	BIOL	NT*	2.45	%	Dumas	---
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	5.23	%	Colorimétrico*	---
		K <sub>2</sub> O*	2.60	%	AA (llama)*	---
		MO*	62.31	%	Volumétrico	---
		pH	6.74	1:2	Potenciométrico	---

\* NT= Nitrógeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= Fósforo, K<sub>2</sub>O= Oxido de Potasio, MO= Materia Orgánica, y AA= Absorción Atómica.

**OBSERVACIONES:**

- El resultado de la muestra se expresan en base seca en %p/p.
- La muestra no presenta la formulación teórica declarada.

**Analizado por:** Q. Amparo Pacheco, Q. A. Paulette Andrade y Bioq. Patricio García

Bioq. Patricio García  
Responsable Técnico

**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE ASEGURAMIENTO  
 DE LA CALIDAD DEL AGRO

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 DE FERTILIZANTES  
 TUMBACO - ECUADOR

- Los resultados analíticos presentes en el informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe puede reproducirse únicamente en su totalidad