



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROYECTO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO**  
**(PROPEC)**

**Tema:**

**USO DE TRES TIPOS DE ESTIÉRCOL EN LA PRODUCCIÓN DE**  
**BIOFERTILIZANTE LIQUIDO BIOL, EN EL CANTÓN QUEVEDO**

Previo a la obtención del Título de:  
INGENIERO AGROPECUARIO

**Autor:**

Marcos Antonio Muñoz Salazar

**Tutor:**

DMV. José Tuarez Cobeña M.Sc.

QUEVEDO-ECUADOR

2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROYECTO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO**  
**(PROPEC)**

**TEMA:**

USO DE TRES TIPOS DE ESTIÉRCOL EN LA PRODUCCIÓN DE  
BIOFERTILIZANTE LIQUIDO BIOL, EN EL CANTÓN QUEVEDO

**Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la  
obtención del título de:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**APROBADO**

---

**ING. GERMAN JACOME LOPEZ**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS**

---

**ING. JORGE QUINTANA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**  
**TESIS**

---

**ING. M.Sc. JAIME VERA CHANG**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**  
**TESIS**

**QUEVEDO - ECUADOR**

**2015**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Marcos Antonio Muñoz Salazar, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**MARCOS ANTONIO MUÑOZ SALAZAR**  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

El suscrito DMV. José Tuarez Cobeña M.Sc., certifica:

Que el egresado, Marcos Antonio Muñoz Salazar realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario titulada “USO DE TRES TIPOS DE ESTIÉRCOL EN LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE LIQUIDO BIOL, EN EL CANTÓN QUEVEDO” bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**DMV. JOSÉ TUAREZ COBEÑA M.Sc.**  
**TUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Agropecuaria y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad. Mi más sinceros agradecimiento a:

Al Ing. M.Sc. Roque Vivas Moreira, Rector de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Al Ing. M.Sc. Jenny Torres Navarrete, Decano de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Al Ing. Gerardo Segovia Freire, Coordinador de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria.

Al DMV. José Tuarez Cobeña, Director de este trabajo investigativo, por su ayuda en todo el proceso experimental.

Al Ing. M.Sc. Adolfo Sánchez Director del Comité de Investigación de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Al Ing. Jaime Gonzales Asen, Jefe Coordinador de la oficina MAGAP Quevedo.

Al Ing. German Jácome Docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias

Al Ing. Jorge Gustavo Quintana Zamora, Técnico Docente del Laboratorio de Rumiología, por su colaboración en este trabajo.

A la Secretaria Académica de la FCP, Ab. Carlota Buste.

A todas las personas que de una forma u otra, han colaborado en la culminación de este trabajo, para ellos mis más sinceros agradecimientos.

## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis de grado está dedicado a DIOS, por darme la vida a través de mis queridos padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme como Padre y profesional.

A mi esposa, que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante para cumplir otra etapa en mi vida.

A mis hijas, que son el motivo y la razón que me ha llevado a Seguir superándome día a día, para alcanzar mis más apreciados ideales de superación, ellos fueron quienes en los momentos más difíciles me dieron su amor y comprensión para poderlos superar, quiero también dejar a cada uno de ellos una enseñanza que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que lo impida para poderlo lograr.

A mi hermana quien me apoyó emocionalmente, a mis sobrinos que sin ellos y junto a todos como una familia, no hubiese logrado culminar esta etapa universitaria, y así dedicarles mi trabajo de tesis.

## ÍNDICE DE GENERAL

| <b>Contenido</b>  | <b>Pág.</b>                          |
|---|--------------------------------------|
| PORTADA   |                                      |
| MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE TESIS .....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....                             | iii                                  |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....   | iv                                   |
| AGRADECIMIENTO .....  | v                                    |
| DEDICATORIA .....   | vi                                   |
| ÍNDICE DE GENERAL.....  | vii                                  |
| ÍNDICE DE CUADROS.....  | x                                    |
| ÍNDICE DE FIGURA .....  | xi                                   |
| ÍNDICE DE APÉNDICE .....  | xii                                  |
| RESUMEN .....   | xiii                                 |
| ABSTRACT.....   | xiv                                  |
| <br>  |                                      |
| CAPÍTULO I.....   | 1                                    |
| MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN .....                                    | 2                                    |
| 1.1. Introducción.....  | 2                                    |
| 1.2. Objetivos .....  | 3                                    |
| 1.2.1. Objetivo General .....   | 3                                    |
| 1.2.2. Objetivos Específicos .....  | 3                                    |
| 1.3. Hipótesis de Investigación.....  | 3                                    |
| <br>  |                                      |
| CAPÍTULO II.....  | 4                                    |
| MARCO TEÓRICO .....   | 5                                    |
| 2.1. Generalidades del Biol .....   | 5                                    |
| 2.1.1. El Biol.....   | 5                                    |
| 2.1.2. Ventajas y desventajas del Biol.....                                   | 6                                    |
| 2.1.2.1. Ventajas .....   | 6                                    |
| 2.1.2.2. Desventajas .....  | 6                                    |
| 2.1.3. Insumos con los que se puede elaborar un biofertilizante líquido ..... | 7                                    |
| 2.1.3.1. Estiércol Bovino .....   | 7                                    |
| 2.1.3.2. Estiércol Porcino .....  | 7                                    |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.3.3. Estiércol del Cuy .....                             | 8  |
| 2.1.3.4. El Nitrógeno .....                                  | 8  |
| 2.1.3.4.1. El Nitrógeno y las plantas .....                  | 9  |
| 2.1.3.4.2. Ciclo del Nitrógeno.....                          | 10 |
| 2.1.3.5. El Fosforo.....                                     | 11 |
| 2.1.3.5.1. El uso del Fosforo .....                          | 11 |
| 2.1.3.5.2. El Fosforo en la agricultura .....                | 12 |
| 2.1.3.5.3. El ciclo del Fosforo.....                         | 12 |
| 2.1.3.6. El Potasio .....                                    | 13 |
| 2.1.3.6.1. El Potasio en la naturaleza .....                 | 13 |
| 2.1.3.6.2. La importancia del potasio en la agricultura..... | 14 |
| 2.1.3.6.3. Ciclo del Potasio .....                           | 15 |
| 2.1.3.7. Materia Orgánica.....                               | 16 |
| 2.1.3.7.1. Descomposición de la Materia Orgánica .....       | 17 |
| 2.1.3.8. Biodigestión.....                                   | 17 |
| 2.1.3.8.1. Digestión anaeróbica .....                        | 17 |
| 2.1.3.9. Biodigestor .....                                   | 19 |
| 2.1.3.10. Melaza .....                                       | 19 |
| 2.1.3.11. Lactofermentos (leche) .....                       | 20 |
| <br>   |    |
| CAPÍTULO III.....  | 21 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....                         | 22 |
| 3.1. Localización y Ubicación Geográfica.....                | 22 |
| 3.2. Condiciones Meteorológicas del Área Experimental .....  | 22 |
| 3.3. Materiales y Equipos .....                              | 22 |
| 3.3.1. Materiales de oficina equipos e insumos.....          | 22 |
| 3.4. Diseño Experimental .....                               | 23 |
| 3.4.1. Modelo Matemático .....                               | 23 |
| 3.5. Unidades Experimentales .....                           | 24 |
| 3.6. Manejo del Trabajo de Campo .....                       | 24 |
| 3.6.1. Preparación del Área del Experimento.....             | 24 |
| 3.6.2. Construcción del Biodigestor.....                     | 24 |
| 3.6.3. Preparación del Biol .....                            | 25 |
| 3.7. Datos Considerados en el Experimento .....              | 26 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 3.7.1. Porcentaje de N, P, K.....    | 26 |
| 3.7.2. Temperatura.....              | 26 |
| 3.7.3. pH .....                      | 26 |
| <br>                                 |    |
| CAPÍTULO IV.....                     | 27 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 28 |
| 4.1. Resultados y discusión.....     | 28 |
| 4.1.1. Temperatura.....              | 28 |
| 4.1.2. Acides (pH) .....             | 29 |
| 4.1.3. Contenido de Nutrientes.....  | 30 |
| <br>                                 |    |
| CAPÍTULO V.....                      | 32 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 33 |
| 5.1. Conclusiones.....               | 33 |
| 5.2. Recomendaciones.....            | 33 |
| <br>                                 |    |
| CAPÍTULO VI.....                     | 34 |
| LITERATURA CITADA .....              | 35 |
| <br>                                 |    |
| CAPÍTULO VII.....                    | 39 |
| ANEXOS .....                         | 40 |
| Anexo 1 .....                        | 40 |
| Anexo 2 .....                        | 44 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>Contenido</b>  | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Condiciones meteorológicas de la finca .....  | 22          |
| Cuadro 2. Esquema del Análisis de varianza utilizado. ....  | 23          |
| Cuadro 3. Delineamientos del experimento .....  | 24          |
| Cuadro 4. Temperaturas registradas en del uso de tres tipos de estiércol en<br>la producción de biofertilizante liquido Biol, en el cantón<br>Quevedo. .... | 28          |
| Cuadro 5. Acidez del uso de tres tipos de estiércol en la producción de<br>biofertilizante liquido Biol, en el cantón. ....                                 | 29          |

## ÍNDICE DE FIGURA

| <b>Contenido</b>   | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura 1. Valores promedios del contenido nutricional, obtenidos de la separación de medias y rangos de diferenciación, de los bioles a base estiércol de Conejo, Bovino y Cerdo. , en el cantón Quevedo 2013..... | 31          |
| Figura 2. Elaboración de los biodigestores (orificio para llave de paso) .....   | 44          |
| Figura 3. Elaboración de los biodigestores (colocación de llave).....  | 44          |
| Figura 4. Elaboración de los biodigestores (orificio para manguera) .....  | 45          |
| Figura 5. Elaboración de los biodigestores (colocación de manguera).....   | 45          |
| Figura 6. Materiales para la preparación de biol .....   | 46          |
| Figura 7. Hojas de guabo para preparación del biol .....   | 46          |
| Figura 8. Preparación del biol (inicio).....   | 47          |
| Figura 9. Preparación del biol (Finalización) .....  | 47          |

## ÍNDICE DE APÉNDICE

| <b>Contenido</b>  | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Apéndice 1. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 10 días de Fermentación. ....           | 40          |
| Apéndice 2. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 20 días de Fermentación. ....           | 40          |
| Apéndice 3. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 30 días de Fermentación. ....           | 40          |
| Apéndice 4. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación .....           | 41          |
| Apéndice 5. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 10 días de Fermentación..... | 41          |
| Apéndice 6. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 20 días de Fermentación..... | 41          |
| Apéndice 8. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación..... | 42          |
| Apéndice 9. Análisis de varianza del nitrógeno de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación.....     | 42          |
| Apéndice 10. Análisis de varianza del fosforo de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación .....     | 43          |
| Apéndice 11. Análisis de varianza del potasio de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación. ....     | 43          |

## RESUMEN

El objetivo de ésta investigación fue evaluar tres tipos de biofertilizantes preparados con tres tipos de estiércol (Bovino, porcino y conejo), se registraron las siguientes variables: temperatura, acidez, composición química de macro nutrientes. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones. Se puede observar que la temperatura no fue afectada por el tipo de estiércol lo cual no existió diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre medias. Los valores de acidez de los tres tipos de bioles preparados con tres diferentes tipos de estiércol evaluados a los 10, 20, 30 y 40 días, donde no existe diferencias estadísticas según la probabilidad ( $p>0.05$ ). Destacando entre los tratamientos a los 30 días los valores muy cercanos a la neutralidad (T1= 6.86; T2=6.86; T3=6.90). La composición de nitrógeno, fosforo y potasio en los tres tipos de biofertilizantes preparados con tres tipos de estiércol (bovino, porcino y conejo), donde no existió diferencias estadísticas en la concentración de nitrógeno y fosforo ( $p>0.05$ ) entre las medias de los tratamientos, se presentaron diferencias estadísticas en las concentraciones de potasio (T1 = 0.20b; T2 = 0.18b; T3 = 0.28). El biofertilizante que mayor concentración de nitrógeno y fosforo fue el preparado con estiércol porcino (N = 0.83%; P = 0.04%), el mayor porcentaje de potasio lo obtuvo el biofertilizante preparado con estiércol de conejo (K = 0.28). Los tres tipos de biofertilizantes fueron estadísticamente iguales en calidad de fermentación acidez y temperatura

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate three types of biofertilizers prepared with three types of manure (Cattle, pig and rabbit), the following variables were investigated: temperature, acidity, chemical composition of macro nutrients. We used a design completely randomized with three treatments and six replications. It can be seen that the temperature was not affected by the type of manure so there is no statistical difference ( $p > 0.05$ ) between the means of the treatments evaluated. The acid values of the three types of bioles prepared with three different types of manure evaluated at 10, 20, 30 and 40 days, where no statistical differences by the probability ( $p > 0.05$ ). Emphasizing between treatments at 30 days values very close to neutrality ( $T_1 = 6.86$ ;  $T_2 = 6.86$ ;  $T_3 = 6.90$ ). The composition of nitrogen, phosphorus and potassium in the three types of biofertilizers prepared with three types of manure (cattle, pig and rabbit), where there is no statistical difference in the concentration of nitrogen and phosphorus ( $p > 0.05$ ) between treatment means, statistical differences exist only Potassium concentrations ( $T_1 = 0.20b$ ,  $T_2 = 0.18b$ ,  $T_3 = 0.28$ ). The biofertilizer that higher concentration of nitrogen and phosphorus was prepared with pig manure ( $N = 0.83\%$ ,  $P = 0.04\%$ ), the highest percentage of potassium I got the biofertilizer prepared with rabbit manure ( $K = 0.28$ ). The three types of biofertilizers were statistically equal acidity as fermentation temperature.

# **CAPÍTULO I**

# MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Introducción

La producción de alimentos de manera orgánica es una alternativa que beneficia consumidores como a los productores, ya que en sus fincas se reduce considerablemente la contaminación del suelo, del agua y del aire, lo que alarga la vida económica de los mismos y la rentabilidad de la propiedad. Los consumidores se ven beneficiados en el sentido que tienen la seguridad de consumir un producto 100% natural, libre de químicos, saludables y de alto valor nutritivo (Suquilanda, 2001).

El desarrollo de la agricultura es la base de la alimentación humana, por su desarrollo y aprovechamiento de la materia orgánica de los suelos para obtener el máximo potencial de rendimiento de los cultivos. Las labores culturales y la explotación de los suelos disminuyen sus contenidos de materia orgánica y ello afecta las propiedades físicas y químicas y su potencial productivo. Para recuperarlo se requiere la aplicación de abonos orgánicos para mantener su fertilidad y adecuadas propiedades físicas. Además, el desarrollo y explotación de varios cultivos intensivos o en condiciones controladas requieren la aplicación de abonos orgánicos. Por ello a través de toda la historia, en la agricultura el uso de los abonos orgánicos ha tenido y tienen importancia destacada. En la actualidad esa importancia es mayor porque además de mejorar los suelos, con el uso de los abonos orgánicos se obtienen cosechas más sanas y productos agrícolas ecológicamente balanceados (Paneque & Calaña, 2001).

Actualmente, se están analizando nuevos productos en la agricultura, que sean totalmente naturales. Existen incluso empresas que están buscando en distintos ecosistemas naturales de todas las partes del mundo, sobre todo tropicales, extractos de distintas plantas y algas, etc., que desarrollan en las diferentes plantas, distintos sistemas que les permiten crecer y protegerse de enfermedades y plagas (Cervantes, 2013)

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar tres tipos de estiércol para producir biofertilizante líquido (Biol), en el cantón Quevedo.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Establecer cuál de los tratamientos presenta la mejor temperatura y pH durante el proceso de fermentación

Determinar el tratamiento de mayor concentración de Nitrógeno, Fosforo, y Potasio, mediante análisis bioquímico

## **1.3. Hipótesis de Investigación**

H<sub>1</sub>: Al menos uno de los tratamientos obtendrá mayor concentración de Nitrógeno, Fosforo, y Potasio que afectara los biofertilizantes líquidos (Biol)

H<sub>0</sub>: ninguno de los tratamientos obtendrá mayor concentración de nitrógeno, potasio y fosforo

H<sub>1</sub>: Al menos uno de los tratamientos presentará mejor tempera y PH durante el proceso de fermentación biofertilizantes líquidos (Biol)

H<sub>0</sub>: ninguno de los tratamientos presentará mejor temperatura y PH durante el proceso de fermentación biofertilizantes líquidos (Biol)

## **CAPÍTULO II**

# MARCO TEÓRICO

## 2.1. Generalidades del Biol

### 2.1.1. El Biol

Según Aparcana (2005), el Biol es la fracción líquida resultante del fango derivado de la fermentación de materiales de origen vegetal y animal por hongos y bacterias en el fermentador o biodigestor. Este “fango” es decantado o sedimentado obteniéndose una parte líquida conocida como “Biol”. Aproximadamente el 90 % de material que ingresa al Biodigestor se transforma en Biol y el 10 % en Biosol. Estos porcentajes dependen naturalmente de: el tipo de material a fermentar; las condiciones de fermentación y el método de separación empleado.

Por abono orgánico se entiende todas las sustancias orgánicas, de origen animal, vegetal, que se añaden al suelo con el fin de mejorar su fertilidad. El abono orgánico constituye una técnica tradicional muy eficaz para mejorar los cultivos, ya que mediante este sistema se aporta en gran medida al suelo los nutrientes necesarios para las plantas. Los abonos orgánicos además de aportar al suelo sustancias nutritivas, influyen positivamente sobre la estructura del suelo y sirve de alimento a los microorganismos (Aparcana, 2005).

Es un abono foliar natural o biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación de restos orgánicos de animales y vegetales que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas.

El Biol es un fitoestimulante, debido a su composición orgánica, rica en fitohormonas promotoras activas que estimulan el desarrollo, el aumento y fortalecimiento de la base radicular, el follaje, mejora la tasa fotosintética, la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas. Su acción sinérgica se traduce en aumentos significativos de las cosechas a bajo

costo. Existen diversas formas de enriquecer el Biol en el contenido de fitoreguladores así como sus precursores, mediante la adición de alfalfa picada en un 5% del peso total de la biomasa, también se logra un mayor contenido en fósforo adicionando vísceras de pescado (1hg/m<sup>2</sup>) (Jiménez, 2012).

El Biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica (sin la presencia de oxígeno) de estiércoles y los desechos orgánicos utilizando los biodigestores rústicos (Salva, 2013).

## **2.1.2. Ventajas y desventajas del Biol**

### **2.1.2.1. Ventajas**

Es un abono orgánico que no contamina el suelo, agua, aire ni los productos obtenidos de las plantas, aumenta la fertilidad natural del suelo, complemento nutricional para las plantas, de bajo costo, se produce en la misma parcela, en su elaboración se emplea los recursos locales, mejora y logra incrementar la producción de los cultivos, actúa como revitalizador de las plantas que han sufrido estrés, ya sea por plagas, enfermedades, sequías, heladas, granizadas o interrupción de los procesos normales de la planta, mediante una oportuna, sostenida y adecuada aplicación, mejora la calidad de los productos dándoles una buena presentación en el mercado (Salva, 2013).

### **2.1.2.2. Desventajas**

Bajo un periodo de elaboración de 35 a 40 días, hay que planificar su producción en el año, según el cultivo y el momento de uso, cuando no se protege de la radiación solar las mangas (biodigestores rústicos), tienden a malograrse disminuyendo su periodo de utilidad (Salva, 2013).

### **2.1.3. Insumos con los que se puede elaborar un biofertilizante líquido**

Los biofertilizante enriquecidos pueden ser hechos con cualquier tipo de materia orgánica fresca. Mayormente se utiliza estiércol pero también, a veces, se usan residuos vegetales. Es posible y conveniente añadir suero de leche o jugo de caña para propiciar condiciones en las que las bacterias se desarrollen con mayor velocidad. El biofertilizante puede ser enriquecido con algunos minerales provenientes de cenizas o rocas finamente molidas, y de restos de plantas silvestres. Además de mejorar el producto final, estos minerales favorecen una fermentación más eficiente (Quebecor, 2002).

#### **2.1.3.1. Estiércol Bovino**

Son heces sólidas, líquidas o pastosas de bovinos puros o mezclados con la cama de aserrín, viruta o cascarilla de arroz o con materiales higienizantes como cal agrícola y otros, estabilizadas y manejadas de manera ambientalmente limpia, este estiércol es el más importante y el que se produce en mayor cantidad en las explotaciones rurales. Conviene a todas las plantas y a todos los suelos, da consistencia a la tierra arenosa y móvil, ligereza al terreno gredoso y refresca los suelos cálidos, calizos y margosos. De todos los estiércoles es el que obra más largo tiempo y con más uniformidad. La duración de su fuerza depende principalmente del género de alimento dado al ganado que lo produce; el mejor estiércol es el que es suministrado por las bestias del cebadero que reciben en general un buen alimento. Los animales flacos, por el contrario, no producen sino un estiércol pobre y de poco valor (Chavez, 2001).

#### **2.1.3.2. Estiércol Porcino**

La porquinaza está formada por las heces fecales y la orina de los animales, a la que se adiciona el material utilizado como cama en el alojamiento de los cerdos, el agua proveniente del lavado de las instalaciones y la que se pierde de los bebederos, como cualquier otra materia orgánica, aporta

elementos como nitrógeno (básico en la producción agrícola), fósforo, potasio y otros elementos menores; igualmente, su pH es casi neutro, ideal para mejorar la calidad de los suelos ácidos; el alimento casi siempre acuoso que se da al porcino hace igualmente su estiércol muy aguanoso. Por este motivo, se le clasifica entre los abonos frescos. Los puercos alimentados con granos, papas, bellotas, etc., producen mejor estiércol que los que no reciben sino las sobras de la cocina. Como se da ordinariamente a los puercos las sobras de la limpia de los granos que encierran siempre simientes de malezas cuya facilidad germinativa no se pierde fácilmente, el estiércol que proviene de ellas parece convenir mejor a las praderas que a los campos cultivados (López, 2004).

### **2.1.3.3. Estiércol del Conejo**

Es un estiércol ácido, muy fuerte y rico en nutrientes, similar al estiércol de gallina. Se debe fermentar bien antes de incorporarlo al suelo del jardín e incluso añadir algo de cal en polvo para neutralizar su acidez. El estiércol de conejo es un alimento muy bueno para las lombrices del compost. Su equilibrada estabilización (relación C/N) le permite una rápida transformación de este estiércol en humus. Es preciso señalar que una parte del nitrógeno contenido en estos residuos se encuentra en forma directamente disponible para las plantas (la disponibilidad del nitrógeno de la orina animal es por corto tiempo). Por último, se debe tener en cuenta que una porción de los nutrientes (particularmente en el caso del nitrógeno, del fósforo y micro elementos) que se encuentran en este tipo de estiércol pasará a formar parte del humus, quedando así almacenados en el suelo, a resguardo de las pérdidas por lavado. Cabe señalar que existe diferencia entre un estiércol de conejo fresco y uno seco (Flores, 2007).

### **2.1.3.4. El Nitrógeno**

Elemento químico, símbolo N, número atómico 7, peso atómico 14.0067; es un gas en condiciones normales. El nitrógeno molecular es el principal constituyente de la atmósfera (78% por volumen de aire seco). Esta

concentración es resultado del balance entre la fijación del nitrógeno atmosférico por acción bacteriana, eléctrica (relámpagos) y química (industrial) y su liberación a través de la descomposición de materias orgánicas por bacterias o por combustión. En estado combinado, el nitrógeno se presenta en diversas formas. Es constituyente de todas las proteínas (vegetales y animales), así como también de muchos materiales orgánicos. Su principal fuente mineral es el nitrato de sodio. (Lenntech, 2005).

#### **2.1.3.4.1. El Nitrógeno y las plantas**

El nitrógeno, siendo el elemento más abundante en la atmósfera, no puede ser utilizado por las plantas, sin embargo algunas bacterias pueden usarlo, y al asociarse a las plantas. Aprovechan el nitrógeno. Mucho se ha avanzado en el conocimiento de este proceso, y se ven posibilidades ciertas de utilizarlo para así ahorrar en el uso de fertilizantes. Las plantas no son mágicas. Para crecer necesitan energía y nutrientes. La primera la obtienen de la luz solar a través de la clorofila (Aparcana, 2005).

Los nutrientes tienen que obtenerlos del suelo. Lo que se requieren son muchos y muy variados, pero el más importante es el nitrógeno. Lavoisier llamó al nitrógeno "azoe" que significa "sin vida", y ello porque lo veía diferente al oxígeno que era el otro componente del aire, que ya tenía claro que era esencial para la respiración y por lo tanto la vida. Hoy, con el avance del conocimiento, ese nombre que le puso Lavoisier parece irónico, ya que se sabe que el nitrógeno es absolutamente indispensable tanto para la vida animal como la vegetal

El nitrógeno es un componente esencial de todos los aminoácidos y estos unidos en cadenas, son los que constituyen las proteínas. A su vez, las proteínas constituyen tanto las estructuras de la célula y además tienen a su cargo todas las funciones bioquímicas que ellas deben desarrollar para mantener la vida (enzimas). Desde un punto de vista práctico, todas las enzimas son proteínas y estas son las que permiten que las reacciones

bioquímicas sean posibles a la temperatura y pH de la célula. El nitrógeno es el elemento más abundante de la atmósfera (el 78% está constituido por nitrógeno). Parece paradójico que siendo el más abundante, es el más difícil de conseguir. La razón es que el nitrógeno del aire es inerte y no puede ser directamente aprovechado por los vegetales ni tampoco por los animales.

Es que el nitrógeno atmosférico está inmovilizado entre sí mediante un triple enlace muy estable y muy fuerte ( $N_2$ ), y en estas condiciones no puede ser utilizado por las plantas ni los animales. Para que pueda ser utilizado, hay que romper esos enlaces y fijar o unir el nitrógeno a otros elementos, como el hidrógeno u oxígeno. Sólo en estas condiciones, el nitrógeno puesto en el suelo es absorbido por las raíces de las plantas. A partir de este nitrógeno, bajo la forma de iones nitrato ( $NO_3$ ) o amonio ( $NH_4$ ), los vegetales inician la fabricación de los aminoácidos, y por ende sus proteínas (Monckeberg, 1997).

#### **2.1.3.4.2. Ciclo del Nitrógeno**

Los organismos emplean el nitrógeno en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales del metabolismo. Su reserva fundamental es la atmósfera, en donde se encuentra en forma de  $N_2$ , pero esta molécula no puede ser utilizada directamente por la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias). Esas bacterias y algas cianofíceas que pueden usar el  $N_2$  del aire juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento al hacer la fijación del nitrógeno. De esta forma convierten el  $N_2$  en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por las plantas. El amonio ( $NH_4$ ) y el nitrato ( $NO_3$ ) lo pueden tomar las plantas por las raíces y usarlo en su metabolismo. Usan esos átomos de N para la síntesis de las proteínas y ácidos nucleicos.

Los animales obtienen su nitrógeno al comer a las plantas o a otros animales. En el metabolismo de los compuestos nitrogenados en los animales acaba formándose ión amonio que es muy tóxico y debe ser eliminado. Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y

organismos acuáticos), o en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas). Estos compuestos van a la tierra o al agua de donde pueden tomarlos de nuevo las plantas o ser usados por algunas bacterias. Algunas bacterias convierten amoníaco en nitrito y otras transforman este en nitrato. Una de estas bacterias (*Rhizobium*) se aloja en nódulos de las raíces de las leguminosas (alfalfa, alubia, etc.) y por eso esta clase de plantas son tan interesantes para hacer un abonado natural de los suelos.

Donde existe un exceso de materia orgánica en el mantillo, en condiciones anaerobias, hay otras bacterias que producen desnitrificación, convirtiendo los compuestos de N en  $N_2$ , lo que hace que se pierda de nuevo nitrógeno del ecosistema a la atmósfera. A pesar de este ciclo, el N suele ser uno de los elementos que escasean y que es factor limitante de la productividad de muchos ecosistemas. Tradicionalmente se han abonado los suelos con nitratos para mejorar los rendimientos agrícolas. Durante muchos años se usaron productos naturales ricos en nitrógeno como el guano o el nitrato de Chile. Desde que se consiguió la síntesis artificial de amoníaco por el proceso Haber fue posible fabricar abonos nitrogenados que se emplean actualmente en grandes cantidades en la agricultura. Como veremos su mal uso produce, a veces, problemas de contaminación en las aguas (Echarri, 2005).

### **2.1.3.5. El Fósforo**

#### **2.1.3.5.1. El uso del Fósforo**

El fósforo es un elemento químico que pertenece al grupo del nitrógeno y su símbolo químico es P. Es un no metal que en la naturaleza se combina con fosfatos inorgánicos. Posee la característica de reaccionar con el oxígeno atmosférico y, resultado de esta reacción, emite luz. Por lo regular, el fósforo interviene en procesos fundamentales de los seres vivos, tanto animales como plantas. Por lo anterior se le considera como un elemento químico esencial. Está presente en las moléculas de ADN y ARN y las células lo

utilizan como medio de almacenamiento y transporte de energía. Generalmente, el fósforo se obtiene a través de procesos electroquímicos en un ambiente seco. Se obtiene a partir de fosfato molido y mezclado con arena y otras sustancias. Se suele calentar a unos 1400° C para producir gases de salida. Estos gases se enfrían a 50°C, lo que produce la condensación del fósforo blanco. Por sus características de almacenamiento y transporte de energía y por ser un elemento químico esencial, suele utilizarse como fertilizante en procesos de agricultura (Alvarado, 2011).

#### **2.1.3.5.2. El Fosforo en la agricultura**

El fósforo está presente en los procesos agrícolas. Es un elemento fundamental para el desarrollo de la agricultura. Al ser utilizado como fertilizante, el fósforo participa activamente en la construcción de compuestos fosforados y fosforilados, así como en su metabolismo en las plantas. Estos compuestos son los encargados de transportar la energía que es requerida por las plantas para llevar a cabo sus procesos vitales. El fósforo, utilizado en la agricultura, favorece el desarrollo de las raíces de las plantas, lo que se conoce como proceso radicular. La ventaja que ofrece el fósforo al proceso radicular es que lo agiliza y mejora el “amarre” de las raíces a la tierra, favoreciendo la absorción de elementos y nutrientes que ayudan al correcto desarrollo de las plantas. En los frutos, las semillas y las flores, el fósforo aumenta su nivel de maduración y evita el proceso conocido como “aborto”. Este proceso se refiere a la pérdida prematura de flores y frutos de las plantas (Alvarado, 2011).

#### **2.1.3.5.3. El ciclo del Fosforo**

Según Zamora (2003), dice que el fósforo ( $P_4$ ) es un elemento esencial para los seres vivos, y los procesos de la fotosíntesis de las plantas, como otros procesos químicos de los seres vivos, no se pueden realizar sin ciertos compuestos en base a fósforo. Sin la intervención del fósforo no es posible que un ser vivo pueda sobrevivir. El ciclo del fósforo se reduce a los siguientes procesos.

El fósforo se encuentra en la naturaleza en forma de compuestos de calcio (apatita), hierro, manganeso y aluminio conocidos como fosfatos, que son poco solubles en el agua. En los buenos suelos agrícolas el fósforo está disponible en forma de iones de fosfato ( $P_2 O_5$ ).

Las plantas absorben los iones de fosfato y los integran a su estructura en diversos compuestos. Sin fósforo las plantas no logran desarrollarse adecuadamente.

Los animales herbívoros toman los compuestos de fósforo de las plantas y los absorben mediante el proceso de la digestión, y los integran a su organismo, donde juegan un rol decisivo en el metabolismo.

Los carnívoros toman el fósforo de la materia viva que consumen y lo integran a su estructura orgánica.

#### **2.1.3.6. El Potasio**

##### **2.1.3.6.1. El Potasio en la naturaleza**

El potasio es un elemento alcalino característico, que ocupa un lugar bastante bajo en el primer grupo de la Tabla de Mendeléev. Elemento típico impar, puesto que sus datos característicos son impares, el número de orden, esto es, la cantidad de electrones que constituyen su envoltura electrónica es 19; su peso atómico es 39. Forma uniones estables sólo con un átomo de halógeno, por ejemplo, el cloro; como nosotros decimos, su valencia es igual a la unidad.

Como elemento impar, el potasio se caracteriza también por las considerables dimensiones de sus partículas electrizadas de forma esférica y esto, junto con su imparidad, es causa de la constante tendencia a la "peregrinación" de sus átomos electrizados y particularmente activos. Por esto no es de extrañar que toda la historia del potasio en la Tierra esté ligada, así como el destino de su amigo el sodio, a una exclusiva movilidad y

complejas transformaciones. Más de cien minerales distintos, forma el potasio en la corteza terrestre y, en pequeñas proporciones, toma parte en la composición de otras cien especies minerales. Su contenido medio en la superficie de nuestro planeta se aproxima al 2,5%. Esta es una cifra grande y muestra que el potasio, junto con el sodio y el calcio, pertenece a los elementos predominantes en la Tierra. Es muy interesante la historia del potasio en el complejo pasado geológico de nuestro planeta.

Se la ha estudiado detalladamente y podemos ahora describir todos los caminos que recorren los átomos de potasio, hasta tanto que regresan al punto de origen de su peregrinación, verificando su complicado cielo vital. Cuando se enfrían en las profundidades los magmas fundidos y los distintos elementos se distribuyen en ellos según su movilidad, su capacidad de migración, de formar gases volátiles o partículas móviles fusibles, el potasio pertenece a estos últimos. El no se halla entre los primeros cristales que, antes que otros, se crean en las profundidades de la Tierra; apenas lo encontramos en las profundas y verdes rocas de olivino que forman los enormes cinturones de las entrarías terrestres. Incluso en las masas basálticas que cubren el fondo de los océanos encontramos no más del 0,3% de potasio (Fersman, 1993).

#### **2.1.3.6.2. La importancia del potasio en la agricultura**

El contenido promedio de Potasio en la corteza terrestre es aproximadamente 2.3%, pero la gran mayoría está combinado con minerales primarios y por tanto, no disponible para las plantas. Otra fracción está presente en minerales arcillosos secundarios que llegan a formar parte de las fracciones arcillosas de los suelos. Los suelos arcillosos tienen mayor concentración de Potasio que los suelos livianos, los cuales son generalmente pobres en este nutriente. Las plantas con deficiencia de potasio presentan una reducción en su turgencia y cuando se presentan secas o estrés por falta de agua, fácilmente, se tornan flácidas.

La resistencia a las sequías es por lo tanto pobre en cultivos deficientes en potasio, y alta en cultivos fertilizados con alto contenido de este importante nutriente. Además presentan mayor resistencia al ataque de hongos y a condiciones de salinidad. Los hongos, bacterias, virus y nematodos causan la mayoría de las enfermedades parasitarias, mientras que las condiciones no favorables del suelo, aire humedad, nutrientes, daños mecánicos, son los agentes causales de las enfermedades no parasitas. El potasio juega un papel extremadamente importante en el control o reducción de la severidad de varias enfermedades en las plantas. Este nutriente promueve el desarrollo de una pared más gruesa de las células de la epidermis, y por tanto, están menos expuestas a colapsar y agravar el efecto de las enfermedades (Castellano, 2008) (Alcívar & Parraga, 2012).

#### **2.1.3.6.3. Ciclo del Potasio**

Inicialmente los minerales del suelo, como las micas y feldespatos son las fuentes originales de potasio que enfrentaron a las micas finas y otras arcillas de silicato en el cual algunos de potasio se celebran en un no intercambiable, pero en poca forma disponible. Potasio no intercambiable se libera lentamente a la forma intercambiable y más tarde a la solución del suelo, de la que es absorbida por las raíces de las plantas, y finalmente se recicla a través de los residuos vegetales y desechos en el suelo. Al mismo tiempo, la mayor parte del potasio se encuentra en los minerales primarios o en forma no intercambiable o fija.

Los fertilizantes químicos son una fuente cada vez más importantes de potasio. Es un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en K, adicionar este elemento a los cultivos es innecesario. El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo para no disminuir la fertilidad del mismo; cuando el agricultor saca de la parcela o campo la cosecha, se está llevando consigo el K fuera del sistema agrícola. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión. La cantidad de K en la solución del suelo está en función de la liberación del

potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla (Ramírez, 2012)

#### **2.1.3.7. Materia Orgánica**

La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. En general, la materia orgánica se clasifica en compuestos húmicos y no húmicos. En los segundos persiste todavía la composición química e incluso la estructura física de los tejidos animales o vegetales originales. Los organismos del suelo descomponen este tipo de sustancias orgánicas dejando solamente residuos difícilmente atacables, como algunos aceites, grasas, ceras y ligninas procedentes de las plantas superiores de origen. El resto son transformados por parte de los microorganismos, reteniendo una parte como componentes propios (polisacáridos, por ejemplo). El producto de tal transformación es una mezcla compleja de sustancias coloidales y amorfas de color negro o marrón oscuro denominado genéricamente humus.

El humus constituye aproximadamente entre el 65 y el 75 % de la materia orgánica de los suelos minerales. Los suelos minerales son los de un contenido de materia orgánica menor del 20 %, ocupando el 95 % de la superficie terrestre. Los suelos con un mayor contenido en materia orgánica se denominan suelos orgánicos. El contenido medio aproximado de materia orgánica en los suelos de labor oscila entre el 1 y el 6 %. La consecuencia radiométrica de mayor interés debido al contenido en materia orgánica es la pérdida de reflectancia del suelo en el espectro visible, que se manifiesta en un oscurecimiento característico de este tipo de suelos. Así, por ejemplo, los suelos desarrollados en condiciones de pradera semiárida suelen presentar altos contenido en materia orgánica, razón por la cual ofrecen una pigmentación muy oscura. En regiones templadas y húmedas la pigmentación es menos acusada y muy poco aparente en los suelos de las regiones tropicales y subtropicales (Brady, 1984).

### **2.1.3.7.1. Descomposición de la Materia Orgánica**

Los organismos del suelo (biota), incluyendo los microorganismos, usan los residuos de las plantas y los animales y los derivados de la materia orgánica como alimentos. A medida que descomponen los residuos y la materia orgánica, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes). Los productos de deshecho producidos por los microorganismos contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo. Los materiales de desecho son más difíciles de descomponer que el material original de las plantas y los animales, pero pueden ser usados por un gran número de organismos. Mediante la descomposición de los residuos y el almacenamiento del carbono dentro de su propia biomasa o mediante la reconstrucción de nuevas estructuras de carbono, la biota del suelo tiene una función muy importante en los procesos de reciclaje de nutrientes y, por lo tanto, en la capacidad de un suelo para proveer al cultivo con suficientes nutrientes para cosechar un buen producto.

### **2.1.3.8. Biodigestión**

#### **2.1.3.8.1. Digestión anaeróbica**

Según Romero (1994), la digestión anaeróbica es el proceso en el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno. Este proceso genera diversos gases, entre los cuales el dióxido de carbono y el metano son los más abundantes (dependiendo del material degradado). El proceso biológico de acidogénesis resulta de la ruptura de los componentes restantes por bacterias generadoras de ácido (fermentativas). Aquí los ácidos grasos volátiles se crean junto con amoníaco, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico y otros subproductos. El proceso de acidogénesis es similar al proceso en el que la leche se vuelve agria.

Las moléculas que se crearon por la acidogénesis son digeridos por bacterias productoras de acetatos, para producir en su mayor parte, ácido

acético, como dióxido de carbono e hidrógeno. La etapa final de la digestión anaerobia es el proceso biológico de la metanogénesis. Aquí las bacterias productoras de metano usan los productos intermedios de las etapas previas y los convierten en metano, dióxido de carbono y agua. Estos componentes son la mayoría del biogás emitido por el sistema. La metanogénesis es sensible a pH altos y bajos y ocurre entre pH de 6.5 y 8. Las materias no digeribles para las bacterias que quedan y cualquier bacteria muerta permanecen como una parte de lo digerido.

En biodigestores se aprovecha esta liberación de gases para luego ser usados como combustible. La intensidad y duración del proceso anaeróbico varían dependiendo de diversos factores, entre los que se destacan la temperatura y el pH del material biodegradado. La digestión anaerobia (DA) es un proceso multietapas que puede ser resumido en 4 etapas.

En la primera se debe hidrolizar los compuestos de mayor peso molecular, tanto los disueltos como los no disueltos, por medio enzimas (por ejemplo, amilasas y proteasas), en esta primera etapa se hidrolizan polímeros tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, formándose los correspondientes oligómeros y monómeros (azúcares, alcoholes, ácidos grasos, glicerol, polipeptidos, aminoácidos, bases púricas, y compuestos aromáticos).

La segunda etapa la llevan a cabo bacterias acidogénicas que transforman los oligómeros y monómeros a ácidos grasos volátiles (ácidos: acético, propiónico, butírico y valérico principalmente).

Las bacterias acetogénicas en la tercera etapa transforman a los ácidos grasos volátiles (AGV) a ácido acético, para que a su vez las bacterias metanogénicas acetoclastas.

En la última etapa, los transformen a metano ( $\text{CH}_4$ ) y bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en esta cuarta etapa participan también las bacterias

hidrogenotróficas, que mantienen el equilibrio del hidrógeno (H<sub>2</sub>) en el medio, utilizándolo para reducir el CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>.

#### **2.1.3.9. Biodigestor**

Es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía. El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado (bioabono). La temperatura es muy importante para la producción de biogás, ya que los microorganismos que realizan la biodigestión disminuyen su actividad fuera de estas temperaturas.

La temperatura en la cámara digestiva debe ser entre los 20° C y 60° C; para optimizar el tiempo de producción es deseable mantener una temperatura entre los 30° C y 35° C. El nivel de acidez determina como se desenvuelve la fermentación del material orgánico. El pH del material debe tener un valor entre 6.5 y 7.5. Al estar fuera de este rango neutro la materia orgánica corre el riesgo de pudrirse, ya que se aumenta la actividad relativa de los microorganismos equivocados; esto normalmente produce un olor muy desagradable. El contenedor debe de estar perfectamente sellado para evitar que entre el oxígeno y de esta manera tener un procedimiento anaeróbico adecuado (Guerrero, 2013).

#### **2.1.3.10. Melaza**

La melaza o miel de caña es un producto líquido espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce, con un pequeño regusto amargo. La melaza es considerada por muchos como un sustituto del azúcar, viniendo a ser ésta la primera de sus propiedades al tener la posibilidad de endulzar diferentes

jugos o alimentos en general. De allí que se puede mencionar que las propiedades de la melaza en su aspecto físico vienen a estar dados por ser un líquido denso y oscuro, el cual se obtiene de la extracción tanto de la caña de azúcar como de los azúcares de la remolacha.

Las propiedades de la melaza se hacen más importantes en cuanto a su contenido, ya que viene a ser una rica opción tanto en vitaminas del grupo B, así como en elementos tales como el calcio, potasio, hierro, magnesio y el cromo. Al tener prácticamente la mitad de las calorías del azúcar convencional (Martínez, 2010)

#### **2.1.3.11. Lactofermentos (leche)**

En el caso específico de los abonos orgánicos foliares al aplicar leche se presentan los Lactofermentos, se debe destacar su importante aporte en bacterias ácido lácticas, microorganismos que confieren propiedades especiales a este abono fermentado. Estos microorganismos juegan importantes funciones dentro del agroecosistema: La solubilidad del fósforo entre otros nutrientes en el suelo es uno de los aspectos que se deben destacar. Además la presencia de ácido láctico contribuye en suprimir diversos microorganismos patógenos como por ejemplo el *Fusarium sp* (Pacheco, 2007).

## **CAPÍTULO III**

# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1. Localización y Ubicación Geográfica

El trabajo de campo de esta investigación se efectuó en la finca de la familia “Jácome”, ubicada en la parroquia San Camilo, Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, km 1.5 vía a San Carlos, margen derecha. Su ubicación geográfica, X 673146 Y 9885730, a una altura de 78 m.s.n.m. Entre los meses de diciembre del 2013 y enero del 2014.

## 3.2. Condiciones Meteorológicas del Área Experimental

**Cuadro 1. Condiciones meteorológicas de la finca**

| Datos Geográficos y agroclimáticos  | Quevedo – San Carlos |
|-------------------------------------|----------------------|
| Temperatura promedio anual (°C)     | 28                   |
| Precipitación promedio (mm/mensual) | 140,8                |
| Humedad promedio mensual (%)        | 84,7                 |
| Heliofanía (horas/luz/mes)          | 71,69                |
| Zona ecológica                      | bh – T               |

**Fuente:** Datos tomados del INAMHI, localizada en la EET-Pichilingue. Registro promedio del diciembre 2012 a diciembre de 2013.

**Elaborado por:** El autor

## 3.3. Materiales y Equipos

### 3.3.1. Materiales de oficina equipos e insumos

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| Leche               | Marcador        |
| Levadura            | Tela sarán      |
| Hojas de leguminosa | Cañas           |
| Melaza              | Alambre         |
| Estiércol de cerdo  | Cuerda plástica |

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Estiércol de conejo    | Amarras plásticas    |
| Estiércol de vacas     | Malla plástica       |
| Agua limpia sin clorar | Computadora          |
| Pala                   | Cámara               |
| Carreta                | Balanza              |
| Guantes                | Balanza de precisión |
| Gafas de protección    | Cuaderno de campo    |
| Machete                | Esferográfico        |
| Tijeras                | Servicio de internet |
| Biodigestor            |                      |

### 3.4. Diseño Experimental

Para este trabajo se utilizó un diseño completamente al azar. El experimento constó de 3 tratamientos y 6 repeticiones, con un total de 18 biodigestores (unidades experimentales). Los datos obtenidos de la valoración fueron tabulados en el programa estadístico SAS, para determinar diferencias entre medias de los tratamientos se aplicó la prueba honesta de Tukey con el 95% de confiabilidad ( $P \leq 0,05$ ). En el cuadro 3 se muestra el modelo del análisis de varianza utilizado en la presente investigación.

**Cuadro 2. Esquema del Análisis de varianza utilizado.**

| <b>F de V</b> | <b>GL</b>          |
|---------------|--------------------|
| Tratamientos  | $t - 1 = 2$        |
| Error         | $(t-1) (r-1) = 15$ |
| Total         | $tr - 1 = 17$      |

#### 3.4.1. Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

**Dónde:**  $Y_{ij}$  = Total de una observación

$\mu$  = Media de la población

$\tau_i$  = Efecto de los tratamientos

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio (error experimental)

### 3.5. Unidades Experimentales

En el presente trabajo de campo se utilizó como unidades experimentales a los biodigestores que contenían el preparado de estiércol, considerando un área de 24 m<sup>2</sup> (3m x 8m). Los biodigestores estuvieron distribuidos por toda el área del experimento a una distancia de 1 m entre cada uno de ellos.

### Cuadro 3. Delineamientos del experimento

| Delineamientos             |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| Tipo de diseño             | Completamente al azar |
| Número de tratamientos     | 3                     |
| Número de repeticiones     | 6                     |
| Numero de biodigestores    | 18                    |
| Área total del experimento | 24 m <sup>2</sup>     |

### 3.6. Manejo del Trabajo de Campo

El manejo que se le dio a este experimento fue sencillo, las labores que se realizaron no salen de lo convencional.

#### 3.6.1. Preparación del Área del Experimento

Se tomó un área de 24 m<sup>2</sup> y se procedió a limpiar de escombros y malezas el lugar, luego se niveló de pequeñas irregularidades que existían.

#### 3.6.2. Construcción del Biodigestor

Se pueden conseguir en el mercado ya fabricados pero los costos son elevados, por lo que la construcción de estos en los hogares que practican la agricultura orgánica es muy frecuente.

Se consiguió tanques de plástico de 100 Lt. con su respectiva tapa y cinchos de seguridad, luego en la tapa con un taladro se perfora un hoyo de 0.5 pulgadas, para poder colocar un adaptador que calce con una manguera de la misma medida, se sujeta con pegamento plástico y se deja secar.

Se colocó una manguera de unos 1.5 m, que sirvió de escape.

Una vez realizado este procedimiento, se llenó el biodigestor con la preparación deseada y se colocó la tapa, se aseguró con el cincho y la manguera se conectó con la trampa de gases que no es otra cosa que una botella plástica de 2 Lt llena a tres cuartos de su tope.

Con la manguera colocada en el agua se permitirá la salida de los gases, pero no la entrada de aire.

### **3.6.3. Preparación del Biol**

Se procedió a colocar 4 postes para que sostengan el plástico para evitar que la lluvia o el sol destruyan el experimento.

Una vez que se tuvo todos los materiales recolectados se procedió con el peso de cada uno de los materiales, tomando en cuenta que se diferencian solo por el tipo de estiércol para cada tratamiento, se realizó de la siguiente manera.

Se llenó el biodigestor hasta la mitad con agua y se aplicó el estiércol en una cantidad de 20 kg, se movió con una vara de madera hasta lograr que el estiércol quedo completamente disuelto, luego de esto se tomaron 2 Lt de leche pura de vaca, procurando que el animal de donde procede la leche, no esté desparasitado recientemente ni aplicado antibióticos, esto para evitar interfiera en el proceso bacteriano que se genera en el biodigestor, la aplicación en la mezcla debe de ser a chorro lento mientras se mueve con la vara para homogenizar el preparado.

Luego se aplicó 2 Lt de melaza, de igual manera que la leche, seguido de esto se disolvió 0.5 Lb de levadura en dos litros de agua y se aplicó en la preparación mientras se continuaba moviendo

Por último, se aplicó 5 kg de hojas de leguminosa picada, se completó el contenido del biodigestor con agua, cuidando que el biodigestor debe quedar a 15 cm de su capacidad máxima, esto con el afán de que no se tape el escape de gases.

Se continuó mezclando por unos 10 minutos y luego de esto se tapó herméticamente. Este procedimiento se repitió en los 18 biodigestores.

### **3.7. Datos Considerados en el Experimento**

#### **3.7.1. Porcentaje de N, P, K**

Las evaluaciones de la fermentación y el contenido de N, P, K se realizaron a los 35 días de la preparación, se recolectó muestras de cada uno de los 18 biodigestores y se procedió a mandar al laboratorio de análisis bioquímico.

#### **3.7.2. Temperatura**

La temperatura fue considerada cada 8 días para verificar el trabajo de los microorganismos.

#### **3.7.3. pH**

El potencial de hidrogeno, más conocido como pH se tomó con la ayuda de un ph-chímetro, igual que la temperatura cada 8 días, esto para verificar la biodigestión.

## **CAPÍTULO IV**

# RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 4.1. Resultados y discusión

### 4.1.1. Temperatura

Después de haber analizado estadísticamente esta variable Cuadro 4, pudo observarse no presencia de diferencia estadística entre los tratamiento, lo que indica que ninguno de los estiércoles utilizados influyó significativamente sobre la temperatura en el biodigestor.

En este contexto, en el cuadro 4 se muestran los valores promedios de las temperaturas del uso de tres tipos de estiércol en la producción de biofertilizante líquido Biol. En este cuadro se puede observar además los promedios entre los tiempos de evaluación y de los estiércoles, donde se presenta para el caso del estiércol de bovino 25,7, de cerdo 25,6 al igual que el de conejo.

Estos resultados son superiores a los reportados por Bernal & Rojas (2014) quienes evaluaron la optimización del proceso de elaboración y el uso de los abonos biofermentados (Biol), donde obtuvieron promedios de 21.7°C. Por su parte Cordero (2010), obtuvo temperaturas menores en bioles elaborados con estiércol de ganado vacuno, cuy y gallinaza ( Vacuno = 16.5°C; Cuy = 18.0°C y gallinaza = 16.5°C).

**Cuadro 4. Temperaturas registradas en del uso de tres tipos de estiércol en la producción de biofertilizante líquido Biol, en el cantón Quevedo.**

| Días de fermentación | T1. Biol de estiércol de bovino | T2. Biol de estiércol de cerdo | T3. Biol de estiércol de conejo | Promedio    |
|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 10 días              | 25,7a                           | 25,2a                          | 25,7a                           | <b>25,5</b> |
| 20 días              | 26,3a                           | 26,5a                          | 26,2a                           | <b>26,3</b> |
| 30 días              | 26,2a                           | 26,2a                          | 26,2a                           | <b>26,2</b> |
| 40 días              | 24,8a                           | 24,7a                          | 24,3a                           | <b>24,6</b> |
| <b>Promedio</b>      | <b>25,7</b>                     | <b>25,6</b>                    | <b>25,6</b>                     | <b>25,6</b> |

#### 4.1.2. Acides (pH)

En el Cuadro 5, se muestra el resultado del análisis estadístico de esta variable, donde no se observa diferencia estadística entre los valores de la acides expresada en pH.

Por su parte, en el cuadro 4 se muestran los valores promedios de la acidez de los tres tipos de bioles preparados con tres diferentes tipos de estiércol evaluados a los 10, 20, 30 y 40 días, donde no existe diferencias estadísticas según la probabilidad ( $p > 0.05$ ). y donde se observa un promedio general entre los tratamiento y frecuencias de evaluación de 6,84.

Según Pontón (2010), en la calidad de los bioles cuando los valores superan el pH 8, esto indica una acumulación excesiva de compuesto alcalino. Y la carga corre riesgo de putrefacción. Los valores inferiores a 6 indican una descomposición entre las fases ácidas y metano génicas, pudiendo bloquearse esta última. Estos valores de acidez son similares a los señalados por Basantes, 2009 quien reporto un pH de 7.00 en la elaboración y aplicación de dos tipos de Biol en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Legacy). Estos resultados no permiten aceptar la hipótesis planteada ya que ninguno de los tratamientos mostro ser el mejor en calidad.

**Cuadro 5. Acidez del uso de tres tipos de estiércol en la producción de biofertilizante liquido Biol, en el cantón.**

| Días de fermentación | T1. Biol de estiércol de bovino | T2. Biol de estiércol de cerdo | T3. Biol de estiércol de conejo | Promedio    |
|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 10 días              | 6,8aa                           | 6,83a                          | 6,9a                            | <b>6,84</b> |
| 20 días              | 6,83a                           | 6,86a                          | 6,83a                           | <b>6,84</b> |
| 30 días              | 6,86a                           | 6,86a                          | 6,83a                           | <b>6,85</b> |
| 40 días              | 6,86a                           | 6,86a                          | 6,8a                            | <b>6,84</b> |
| <b>Promedio</b>      | <b>6,84</b>                     | <b>6,85</b>                    | <b>6,84</b>                     | <b>6,84</b> |

### 4.1.3. Contenido de Nutrientes

En la Fig. 1 se presenta el resultado del análisis estadístico de esta variable donde se puede apreciar que para el caso de Nitrógeno no existe diferencia estadística, mientras que para Fosforo y Potasio, si lo hay.

Para una mejor comprensión y explicación de los resultados obtenidos se los presentan mediante un diagrama de barras (figura 1), en donde se puede observar el porcentaje del nutriente y el rango de diferenciación obtenido después de la separación de medias.

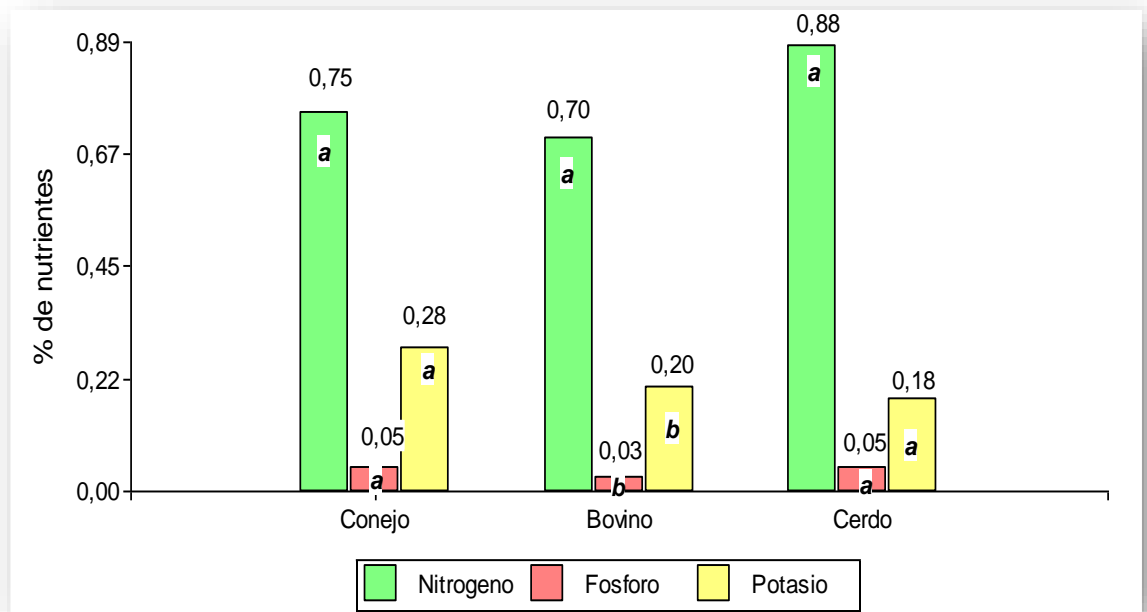
En lo que se refiere a Nitrógeno, se puede observar en la figura 1, que tiene un comportamiento similar en todos los bioles, aunque presenta una ligera diferencia numérica en el caso del Biol de cerdo con 0,88%, por su parte el estiércol de conejo obtuvo 0,75 y el de bovino de 0,7. Estos datos se diferencian estadísticamente.

Por otra parte, para el caso del Fosforo, se observa una diferencia estadística entre los tratamientos, siendo superiores estadísticamente los bioles a base de los estiércoles de cerdo y conejo, quienes obtuvieron iguales resultados de 0,5%, a diferencia del Biol a base de estiércol de bovino quien fue inferior estadísticamente con 0,05 %.

Para el caso del Potasio, también se observa diferencia estadística, siendo superior el Biol a base de estiércol de conejo con 0,28, mientras que los bioles a base de estiércol de bovino y cerdo son igual estadísticamente con valores de 0,20 y 0,18% respectivamente.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores a los reportados por Rendón (2013), quien evaluó la elaboración de abono orgánico tipo Biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo, encontrando valores superiores en estos elementos (N = 4.10; P = 0.13; K = 1.03). Por otra parte Alcívar & Parraga (2012), investigaron el efecto del Biol

enriquecido con bacterias ácido lácticas en la producción del cultivo de maní (*Arachis hipogea* L.), y obtuvieron en la composición química los siguientes valores (N = 0.08; K = 1.03 y P = 0.03)



**Figura 1. Valores promedios del contenido nutricional, obtenidos de la separación de medias y rangos de diferenciación, de los bioles a base estiércol de Conejo, Bovino y Cerdo. , en el cantón Quevedo 2013.**

## **CAPÍTULO V**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- El biofertilizante que mayor concentración de nitrógeno y fosforo arrojó, fue el preparado con estiércol porcino (N = 0.83%; P = 0.04%), el mayor porcentaje de potasio lo obtuvo el biofertilizante preparado con estiércol de conejo (K = 0.28).
- El sistema de tanque (plásticos) biodigestores nos permitió tener el ambiente, temperatura y pH adecuado para el proceso de fermentación.
- Los tres tipos de biofertilizantes fueron estadísticamente iguales en calidad de fermentación, acidez y temperatura.

### 5.2. Recomendaciones

- Realizar pruebas con el biofertilizante preparado con estiércol porcino por tener mayor concentración de nitrógeno y fosforo, especialmente en los primeros estadios de cultivos agrícolas.
- Realizar pruebas con el biofertilizante preparado con estiércol de conejo en etapa de fructificación de cultivos agrícolas por tener mayor concentración de potasio.
- El estiércol debe ser lo más fresco posible y los materiales lo más finamente picados, lo que facilitará a los microorganismos descomponer de una mejor manera los residuos orgánicos.

## **CAPÍTULO VI**

## LITERATURA CITADA

- Alcívar, E., & Parraga, F. (15 de 12 de 2012). Efectos del biol enriquecido con bacterias acidolácticas en la producción del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). Calceta , Manabí, Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agrícola.
- Alvarado, F. (17 de 11 de 2011). quiminet.com. Recuperado el 25 de 10 de 2014, de El uso del fosforo en la agricultura: <http://www.quiminet.com/articulos/el-uso-del-fosforo-en-la-agricultura-2640242.htm>
- Aparcana, S. (2005). Características generales de los fertilizante foliar líquido. Alemania: Trier.
- Bernal, M., & Rojas, P. (1 de 06 de 2014). Optimización del proceso de elaboración y el uso de los abonos biofermentados (biol). Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Brady, J. (6 de 12 de 1984). ujaen.es. Recuperado el 16 de 11 de 2014, de Materia orgánica : [http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/materia\\_organica.htm](http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/materia_organica.htm)
- Castellano, C. (8 de 12 de 2008). agronomiaparatodos.org. Recuperado el 20 de 11 de 2014, de La importancia del potasio en la agricultura : <http://www.agronomiaparatodos.org/control-de-plagas>
- Cervantes, M. (15 de 03 de 2013). infoagro.com. Recuperado el 5 de 11 de 2014, de Importancia de los abono orgánicos: [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm)
- Chavez, S. (5 de 09 de 2001). es.scribd.com. Recuperado el 8 de 10 de 2014, de Bovinaza: heces sólidas, líquidas o pastosas de bovinos puraso mezcladas con la cama de aserrín, viruta o cascarilla de arroz o con materiales higienizantes (cal agrícola y otros), estabilizadas y

manejadas de manera ambientalmente limpia:  
<http://es.scribd.com/doc/65974267/>

Cordero, I. (6 de 11 de 2010). Aplicación de biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de *Raphanus sativus* L para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salasiana.

Echarri, L. (2005). Ciclo del Nitrógeno. Revista Tecnun, <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/135CicN.htm>.

Fersman, A. (22 de 12 de 1993). librosmaravillosos.com. Recuperado el 15 de 11 de 2014, de El potasio, fundamento de la vida de las plantas: <http://www.librosmaravillosos.com/geoquimica/capitulo15.html>

Flores, A. (14 de 03 de 2007). jardinerosenaccion.es. Recuperado el 11 de 10 de 2014, de Estiercol de conejo o conejaza: <http://www.jardinerosenaccion.es/estiercol.php>

Guerrero, L. (02 de 12 de 2013). vidaverde. Recuperado el 19 de 11 de 2014, de Biodigestor: <http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/a/Que-Es-Un-Biodigestor.htm>

Jiménez, M. (2012). Evaluación del Efecto de tres Abonos Líquidos Follares Orgánicos, Enriquecidos con Microelementos en la Producción Primaria Forrajeras de Diferentes Especies de Pastos Promisorios e Introducidos.

Lenntech, A. (5 de 03 de 2005). lenntech.es. Recuperado el 21 de 10 de 2014, de El Nitrógeno: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm>

López, A. (31 de 01 de 2004). eltiempo.com. Recuperado el 29 de 10 de 2014, de Porquianza fertiliza: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1529647>

- Martínez, J. (4 de 06 de 2010). Abonosfoliares.com. Recuperado el 3 de 10 de 2014, de La maleza: <http://www.Abonosfoliares.com.es>.
- Monckeberg, F. (1997). El nitrogeno y las plantas. Revista Creces, <http://www.creces.cl/new/index.asp?tc=1&nc=5&art=668>.
- Pacheco, F. (30 de 04 de 2007). webs.chasque.net. Recuperado el 26 de 10 de 2014, de Lactofermentos. Una alternativa en la producción de abonos orgánicos líquidos fermentados. : <http://webs.chasque.net/~rapaluy1/organicos/articulos/Lactofermentos.pdf>
- Paneque, V., & Calaña, J. (12 de 09 de 2001). ediciones.inca.edu.cu. Recuperado el 6 de 10 de 2014, de Los Abonos orgánicos: [http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/abonos\\_organicos.pdf](http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/abonos_organicos.pdf)
- Pontón, R. (2 de 06 de 2010). Diseño de un sistema para la obtención de biol mediante los residuos sólidos orgánicos generados en el cantón Joya de los Sachas. 2010. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior politécnica de Chimborazo .
- Quebecor, G. (2002). Manual agropecuario del campo. Abonos Orgánicos. Bogotá: Word Bogotá S.A.
- Ramírez, N. (2012). Ciclo del potasio. Revista Slideshare, [www.slideshare.net/nathalie0103/ciclo-del-potasio](http://www.slideshare.net/nathalie0103/ciclo-del-potasio).
- Rendón, A. (2013). Evaluación de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Romero, R. (1994). Digestión anaeróbica. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería .
- Salva, H. (2 de 06 de 2013). paperblog.com. Recuperado el 9 de 10 de 2014, de Qué es el Biol: <http://es.paperblog.com/users/salva1214/>

Suquilanda, J. (2 de 11 de 2001). proexant.org.ec. Recuperado el 9 de 11 de 2014, de Abonos orgánicos: [http://www.proexant.org.ec/Abonos\\_Orgánicos.html](http://www.proexant.org.ec/Abonos_Orgánicos.html)

Zamora, G. (4 de 6 de 2003). peruecologico.com.pe. Recuperado el 9 de 10 de 2014, de El ciclo del fosforo : [http://www.peruecologico.com.pe/lib\\_c2\\_t12.htm](http://www.peruecologico.com.pe/lib_c2_t12.htm)

## **CAPÍTULO VII**

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Apéndice 1. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 10 días de Fermentación.

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la madia | F - valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 2  | 0.0311            | 0.0155               | 2.50      | 0.1156 |
| Error  | 15 | 0.0933            | 0.0062               |           |        |
| Total  | 17 | 0.1244            |                      |           |        |

#### Apéndice 2. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 20 días de Fermentación.

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la madia | F - valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 2  | 0.0044            | 0.0022               | 0.28      | 0.7613 |
| Error  | 15 | 0.1200            | 0.0080               |           |        |
| Total  | 17 | 0.1244            |                      |           |        |

#### Apéndice 3. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 30 días de Fermentación.

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la madia | F - valor | Pr > F |
|--------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 2  | 0.0044            | 0.0022               | 0.20      | 0.8209 |
| Error  | 15 | 0.1666            | 0.0111               |           |        |
| Total  | 17 | 0.1711            |                      |           |        |

**Apéndice 4. Análisis de varianza del pH de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.0177</b>            | <b>0.0088</b>               | <b>1.25</b>      | <b>0.3147</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>0.1066</b>            | <b>0.0071</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>0.1244</b>            |                             |                  |                  |

**Apéndice 5. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 10 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>1.0000</b>            | <b>0.5000</b>               | <b>0.79</b>      | <b>0.4721</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>9.5000</b>            | <b>0.6333</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>10.5000</b>           |                             |                  |                  |

**Apéndice 6. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 20 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.3333</b>            | <b>0.1666</b>               | <b>0.68</b>      | <b>0.5207</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>3.6666</b>            | <b>0.2444</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>4.0000</b>            |                             |                  |                  |

**Apéndice 7. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 30 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la madia</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.0000</b>            | <b>0.0000</b>               | <b>0.00</b>      | <b>1.0000</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>18.5000</b>           | <b>1.2333</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>18.5000</b>           |                             |                  |                  |

**Apéndice 8. Análisis de varianza de la temperatura de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la madia</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.7777</b>            | <b>0.3888</b>               | <b>1.06</b>      | <b>0.3708</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>5.5000</b>            | <b>0.3666</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>6.2777</b>            |                             |                  |                  |

**Apéndice 9. Análisis de varianza del Nitrógeno de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la madia</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.1077</b>            | <b>0.0538</b>               | <b>1.34</b>      | <b>0.2915</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>0.6033</b>            | <b>0.0402</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>0.7111</b>            |                             |                  |                  |

**Apéndice 10. Análisis de varianza del Fósforo de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.0012</b>            | <b>0.0006</b>               | <b>6.77</b>      | <b>0.0080</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>0.0013</b>            | <b>0.0000</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>0.0026</b>            |                             |                  |                  |

**Apéndice 11. Análisis de varianza del Potasio de los biofertilizantes a los 40 días de Fermentación.**

| <b>Fuente</b> | <b>DF</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Cuadrado de la media</b> | <b>F - valor</b> | <b>Pr &gt; F</b> |
|---------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| <b>Modelo</b> | <b>2</b>  | <b>0.0335</b>            | <b>0.0176</b>               | <b>15.03</b>     | <b>0.0003</b>    |
| <b>Error</b>  | <b>15</b> | <b>0.0175</b>            | <b>0.0011</b>               |                  |                  |
| <b>Total</b>  | <b>17</b> | <b>0.0528</b>            |                             |                  |                  |

## Anexo 2

### Evidencias fotográfica



**Figura 2. Elaboración de los biodigestores (orificio para llave de paso)**



**Figura 3. Elaboración de los biodigestores (colocación de llave)**



**Figura 4. Elaboración de los biodigestores (orificio para manguera)**



**Figura 5. Elaboración de los biodigestores (colocación de manguera)**



**Figura 6. Materiales para la preparación de biol**



**Figura 7. Hojas de guabo para preparación del biol**



**Figura 8. Preparación del biol (inicio)**



**Figura 9. Preparación del biol (Finalización)**