



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“ELABORACIÓN DE BIOL A PARTIR DE FRUTAS DE  
DESCARTE CON LA UTILIZACIÓN DE UN BIODIGESTOR”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Trabajo Experimental

Presentado para obtener al grado académico de:  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR:** FRANKLIN GEOVANNY AULLA GUALÁN

**DIRECTOR:** Ing. LUIS FERNANDO ARBOLEDA ÁLVAREZ. PhD

**Riobamba – Ecuador**

**2020**

## **DERECHO DE AUTOR**

**©2020, Franklin Geovanny Aulla Gualán**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procesamiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Franklin Geovanny Aulla Gualán declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y únicos. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba 26 de agosto del 2020

**Franklin Geovanny Aulla Gualán**

**060452089-0**

# CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El tribunal del trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “**ELABORACIÓN DE BIOL A PARTIR DE FRUTAS DE DESCARTE CON LA UTILIZACIÓN DE UN BIODIGESTOR**” de responsabilidad del señor: FRANKLIN GEOVANNY AULLA GUALÁN, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

BQ. María Verónica González Cabrera. MSc  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

MARIA  
VERONICA  
GONZALEZ  
CABRERA

Firmado digitalmente por MARIA VERONICA GONZALEZ CABRERA  
Fecha: 2020.11.04 20:50:34 -05'00'

Ing. Luis Fernando Arboleda Álvarez. PhD  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

LUIS  
FERNANDO  
ARBOLEDA  
ALVAREZ

Firmado digitalmente por LUIS FERNANDO ARBOLEDA ALVAREZ  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, serialNumber=0603234030, sn=ARBOLEDA ALVAREZ, cn=LUIS FERNANDO ARBOLEDA ALVAREZ, 1.3.6.1.4.1.3742.10.4=0603234030, givenName=LUIS FERNANDO, email=luarboleda3@hotmail.com, st=CHIMBORAZO, i=RIOBAMBA, ou=Certificado de Clase 2 de Persona Física EC (FIRMA)  
Fecha: 2020.11.04 22:41:27 -05'00'

Ing. M. Cs Iván Patricio Salgado Tello  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**IVAN PATRICIO  
SALGADO TELLO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación dedico a: Dios por guiarme mi camino en todo momento, y por darme fuerzas para continuar, hasta culminar con un objetivo más propuesto en mi vida.

A mis padres María Gualán y Francisco Aulla, pilares fundamentales en mi educación y desarrollo profesional, quienes, con su amor, dedicación, esfuerzo, ejemplo y sabiduría, me han demostrado que el esfuerzo de hoy será la recompensa del mañana.

A mis hermanos, Segundo, Isabel, Esthela, Carlos, Rosa, por su apoyo incondicional fueron un ejemplo a seguir durante toda mi etapa estudiantil.

A mis hijos Kenia y Keyleth, para que les sirva de ejemplo y motivación, que en la vida nada es imposible a pesar de las caídas y dificultades que se presenten, solo debemos esforzarnos para conseguir lo que uno se propone.

A mi esposa Evelyn gracias por tu apoyo tus consejos darme ánimos y enseñarme que con perseverancia se puede alcanzar las metas propuestas.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a mis maestros, por compartir sus experiencias en cada uno de las cátedras y responder cada una de mis dudas que me permitieron crecer profesionalmente. Un especial agradecimiento al Ing. Luis Arboleda y al Ing. Iván Salgado por su constante apoyo en el desarrollo de este trabajo de titulación

Además, agradezco a todas las personas que han estado a mi lado apoyándome, animándome para concluir mi carrera profesional.

Franklin Aulla

## TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DERECHO DE AUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
TABLA DE CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	i
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	
<b>1.1. Biol.....</b>	<b>3</b>
<i>1.1.1. Producción de biol.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2. Composición del biol .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3. Aplicación del biol.....</i>	<i>6</i>
<b>1.2. Nutrientes primarios .....</b>	<b>7</b>
<i>1.2.1. Nitrógeno .....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Fósforo.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3. Potasio.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4. Relación fósforo, nitrógeno, potasio.....</i>	<i>8</i>
<b>1.3. Fertilización foliar .....</b>	<b>9</b>
<i>1.3.1. Ventajas de la fertilización foliar.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2. Eficiencia de la fertilización foliar .....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.3. Ventajas económicas de la fertilización foliar.....</i>	<i>11</i>

<b>1.3.4.</b>	<b><i>Manejo de la fertilización foliar</i></b> .....	<b>11</b>
<b>1.3.5.</b>	<b><i>Desventajas de la fertilización foliar</i></b> .....	<b>12</b>
<b>1.4.</b>	<b>Frutas tropicales</b> .....	<b>12</b>
<b>1.4.1.</b>	<b><i>Aspectos generales</i></b> .....	<b>12</b>
<b>1.4.2.</b>	<b><i>Madurez</i></b> .....	<b>12</b>
<b>1.5.</b>	<b>Parcelas de ciclo corto</b> .....	<b>13</b>
<b>1.6.</b>	<b>Rábano (<i>Raphanus sativus</i>)</b> .....	<b>14</b>
<b>1.6.1.</b>	<b><i>Estacionalidad</i></b> .....	<b>14</b>
<b>1.6.2.</b>	<b><i>Valoración nutricional</i></b> .....	<b>14</b>
<b>1.7.</b>	<b>Impacto ambiental</b> .....	<b>15</b>
<b>1.7.1.</b>	<b><i>Definición</i></b> .....	<b>15</b>
<b>1.7.2.</b>	<b><i>Contaminación</i></b> .....	<b>16</b>
<b>1.7.3.</b>	<b><i>Impacto ambiental</i></b> .....	<b>16</b>
<b>1.7.4.</b>	<b><i>Evaluación de Impacto Ambiental</i></b> .....	<b>16</b>
<b>1.8.</b>	<b>Residuo solido</b> .....	<b>17</b>
<b>1.8.1.</b>	<b><i>Composición</i></b> .....	<b>18</b>
<b>1.9.</b>	<b>Biodigestores</b> .....	<b>19</b>
<b>1.9.1.</b>	<b><i>Tipos de biodigestores</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.9.1.1.</b>	<b><i>Plantas de globo</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.9.1.2.</b>	<b><i>Plantas de Domo Fijo</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.9.1.3.</b>	<b><i>Plantas de tambor flotante</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.9.2.</b>	<b><i>Componentes de los biodigestores</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.9.2.1.</b>	<b><i>Tanques de carga</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.9.2.2.</b>	<b><i>Tanque de descarga</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.9.2.3.</b>	<b><i>Tanque de Almacenamiento de gas</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.9.2.4.</b>	<b><i>Línea de conducción</i></b> .....	<b>21</b>
<b>1.9.2.5.</b>	<b><i>Válvulas</i></b> .....	<b>21</b>
<b>1.9.2.6.</b>	<b><i>Trampas</i></b> .....	<b>22</b>
<b>1.9.3.</b>	<b><i>Operación de un biodigestor</i></b> .....	<b>22</b>



1.9.3.1.	<i>Molienda</i> .....	22
1.9.3.2.	<i>Acondicionamiento</i> .....	22
1.9.3.3.	<i>Carga del digestor</i> .....	22
1.9.3.4.	<i>Descarga</i> .....	23
<b>1.9.4.</b>	<b><i>Producción de biol a través de biodigestores</i></b> .....	<b>23</b>
<b>1.9.5.</b>	<b><i>Sustancias orgánicas en los fertilizantes</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.9.6.</b>	<b><i>Nutrientes y Organismos del Suelo</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.9.7.</b>	<b><i>Reducción de la Erosión del Suelo</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.9.8.</b>	<b><i>Reducción del deslave de Nitrógeno</i></b> .....	<b>24</b>
<b>1.9.9.</b>	<b><i>Efectos sobre los cultivos</i></b> .....	<b>25</b>
<b>1.10.</b>	<b><i>Biomasa</i></b> .....	<b>25</b>
<b>1.10.1.</b>	<b><i>Tipos de biomasa</i></b> .....	<b>25</b>
1.10.1.1.	<i>Biomasa Natural</i> .....	25
1.10.1.2.	<i>Biomasa residual (seca y húmeda)</i> .....	26
<b>1.10.2.</b>	<b><i>Procesos de conversión de la biomasa en energía</i></b> .....	<b>26</b>
1.10.2.1.	<i>Métodos termoquímicos</i> .....	26
1.10.2.2.	<i>Métodos biológicos</i> .....	26
<b>1.11.</b>	<b><i>Digestión anaeróbica</i></b> .....	<b>26</b>

## CAPITULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	
<b>2.1.</b>	<b>Localización y duración del experimento</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2.</b>	<b>Unidades experimentales</b> .....	<b>29</b>
<b>2.3.</b>	<b>Materiales, equipos e instalaciones</b> .....	<b>29</b>
<b>2.3.1.</b>	<b><i>En la elaboración de biol</i></b> .....	<b>29</b>
2.3.1.1.	<i>Materiales</i> .....	29
2.3.1.2.	<i>Materias primas</i> .....	30
2.3.1.3.	<i>Equipos</i> .....	31

<b>2.3.2.</b>	<b><i>Equipos de laboratorio y materiales</i></b> .....	<b>31</b>
2.3.2.1.	<i>Equipos y materiales para pruebas físico químicas</i> .....	31
2.3.2.2.	<i>Reactivos</i> .....	32
2.3.2.3.	<i>Equipos y materiales para pruebas microbiológicas</i> .....	32
2.3.2.4.	<i>Materiales para pruebas en parcela de ciclo corto</i> .....	33
2.3.2.5.	<i>Materiales de oficina</i> .....	33
<b>2.3.3.</b>	<b><i>Instalaciones</i></b> .....	<b>33</b>
<b>2.4.</b>	<b>Tratamiento y diseño experimental</b> .....	<b>34</b>
<b>2.4.1.</b>	<b><i>Esquema del Experimento</i></b> .....	<b>34</b>
<b>2.5.</b>	<b>Mediciones experimentales</b> .....	<b>35</b>
2.5.1.	<i>Análisis Físicoquímico</i> .....	35
2.5.2.	<i>Análisis Microbiológico</i> .....	35
2.5.3.	<i>Análisis en una parcela de ciclo corto</i> .....	36
2.5.4.	<i>Análisis económico</i> .....	36
<b>2.6.</b>	<b>Análisis estadísticos y pruebas de significancia</b> .....	<b>36</b>
<b>2.7.</b>	<b>Procedimiento experimental</b> .....	<b>36</b>
2.7.1.	<i>Elaboración del biol</i> .....	37
2.7.1.1.	<i>Recolección de las frutas</i> .....	37
2.7.1.2.	<i>Recolección de estiércol bovino</i> .....	37
2.7.1.3.	<i>Instalación de los biodigestores</i> .....	37
2.7.1.4.	<i>Medición de los materiales</i> .....	37
2.7.1.5.	<i>Adición de los materiales en el biodigestor</i> .....	38
2.7.1.6.	<i>Sellado</i> .....	38
2.7.1.7.	<i>Aclimatado de los biodigestores</i> .....	38
2.7.1.8.	<i>Fermentación</i> .....	38
2.7.1.9.	<i>Cosecha del biol</i> .....	38
2.7.1.10.	<i>Almacenamiento</i> .....	38
<b>2.7.2.</b>	<b><i>Análisis físicoquímico</i></b> .....	<b>39</b>
<b>2.7.3.</b>	<b><i>Análisis microbiológicos</i></b> .....	<b>47</b>

2.7.4.	<i>Análisis en parcelas de ciclo corto</i> .....	48
2.7.4.1.	<i>Labores Pre-culturales</i> .....	48
2.7.4.2.	<i>Labores Culturales</i> .....	49
2.7.5.	<i>Análisis beneficio costos</i> .....	50

### CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO</b>	
3.1	<b>Análisis Físicoquímico</b> .....	51
3.1.1.	<i>Ph</i> .....	52
3.1.2.	<i>Acidez titulable</i> .....	52
3.1.3.	<i>Nitrógeno total</i> .....	53
3.1.4.	<i>Fosforo total</i> .....	53
3.1.5.	<i>Potasio total</i> .....	54
3.1.6.	<i>Calcio total</i> .....	54
3.1.7.	<i>Magnesio total</i> .....	54
3.1.8.	<i>Zinc total</i> .....	55
3.1.9.	<i>Cobre total</i> .....	55
3.2	<b>Análisis Microbiológico</b> .....	55
3.2.1.	<i>Recuento de E. Coli, Salmonella, Coliformes Totales</i> .....	55
3.2.2.	<i>Recuento de Stapylococcus Aureus</i> .....	55
3.2.3.	<i>Recuento de Mohos y Levaduras</i> .....	56
3.3	<i>Análisis del biol en una parcela de ciclo corto</i> .....	56
3.3.1.	<i>Altura de la planta y Tamaño de los rábanos (Raphanus sativus)</i> .....	56
3.4	<b>Análisis Económico</b> .....	57
3.4.1.	<i>Beneficio/ costo</i> .....	57
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	58
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	59
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Comparativo de abonos foliares obtenidos de bioles elaborados con estiércol de vacunos y brotes de alfalfa	5
<b>Tabla 2-1:</b> Caracterización nutricional de bioles obtenidos de diferentes fuentes	6
<b>Tabla 3-1:</b> Bacterias presentes en cada una de las etapas metabólicas de la fermentación	27
<b>Tabla 1-2:</b> Esquema del Experimento	34
<b>Tabla 2-2:</b> Esquema del ADEVA	36
<b>Tabla 3-2:</b> Formula básica de la elaboración del biol	37
<b>Tabla 1-3:</b> Análisis Físicoquímico del biol producido	51
<b>Tabla 2-3:</b> Análisis microbiológico de los bioles producidos	55
<b>Tabla 3-3:</b> Evaluación del beneficio/ costo de la elaboración de 1 galón de biol.	57

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Relación de pH y acidez titulable en los tratamientos de estudio	53
<b>Gráfico 2-3:</b> Análisis de altura de la planta y tamaño de los rábanos	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Composición de los bioles más comunes
- Anexo B:** Esquema de la obtención de biol bovino
- Anexo C:** Cantidad de Biol-Fertilizante Bovino o Porcino al suelo en el cultivo de Maíz-Grano
- Anexo D:** Elaboración del biol
- Anexo E:** Análisis Físicoquímica
- Anexo F:** Análisis Microbiológico
- Anexo G:** Análisis en parcelas de ciclo corto
- Anexo H:** Estadística del pH
- Anexo I:** Estadística de la acidez titulable (%)
- Anexo J:** Estadística de nitrógeno (mg/L)
- Anexo K:** Estadística de fósforo (mg/L)
- Anexo L:** Estadística de potasio (mg/L)
- Anexo M:** Estadística de calcio (mg/L)
- Anexo N:** Estadística de magnesio (mg/L)
- Anexo O:** Estadística de zinc (mg/L)
- Anexo P:** Estadística de cobre (mg/L)
- Anexo Q:** Estadística de *Staphylococcus aureus*
- Anexo R:** Estadística de Mohos y levaduras

## RESUMEN

Se elaboró un abono líquido orgánico, utilizando frutas de descarte (Naranja, Mandarina y Lima) y un tratamiento testigo (Alfalfa) en la elaboración de biol con la utilización de un biodigestor. El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se inició con la recolección de las frutas de descarte y estiércol bovino para posteriormente mezclarlos con agua, levadura, melaza, suero de leche, ceniza y azúcar respectivamente, en un frasco de PVC de cinco litros de capacidad, luego fueron sometidos a una fase de descomposición anaerobia durante veinte días, culminando el proceso de fermentación obtuvimos un abono orgánico de apropiada calidad nutricional para aplicar en una parcela de ciclo corto como es el rábano (*Raphanus sativus*), se aplicó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones y el tamaño de unidad experimental fue de 0,5 kg por tratamiento. En el análisis físico no presentaron diferencias significativas con un pH promedio de 5,10 y una acidez de 1,40 %, mientras que en el análisis fisicoquímico presentan diferencias altamente significativas, Nitrógeno 93,97 mg/L, Fosforo 17,16 mg/L, Potasio 16,07 mg/L, Calcio 8,62 mg/L, Magnesio 8,32 mg/L, Zinc 0,87 mg/L, Cobre 0,08 mg/L, en los análisis microbiológico hubo ausencia de *Salmonella*, *E. Coli*, *Coliformes Totales* mientras que en mohos y Levaduras presento elevada carga microbiana con  $1,6 \times 10^5$  Ufc/ml y  $2,8 \times 10^4$  Ufc/ml en *Staphylococcus aureus*, el beneficio costo fue de \$ 1,56 dólares americanos. Concluyendo que el mejor tratamiento en la aplicación de una parcela de rábanos fue el T1 (Naranja) con un promedio de 18 cm en la altitud de la planta a los 16 días y un promedio de 17 cm en el tamaño del rábano durante la cosecha. Se recomienda aplicar el biol en dosis recomendadas para evitar daños irreversibles en los cultivos.

**Palabras claves:** <ABONOS ORGÁNICOS> <FERMENTACIÓN> <BIOL> < RÁBANO (*Raphanus sativus*) <DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA> <ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS < ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS >

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2020.10.02 11:34:02  
-05'00'



0337-DBRAI-UPT-2020

## ABSTRACT

An organic liquid fertilizer was prepared using discarded fruits (Orange, Tangerine and Lima) and a control treatment (Alfalfa) in order to produce liquid fertilizer with the use of a biodigester. The study was carried out at Animal Sciences Department of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. It began with the collection of discarded fruits and bovine manure to later mix them with water, yeast, molasses, whey, ash and sugar respectively, in a five-liter PVC bottle. Then, they were subjected to a phase of anaerobic decomposition for twenty days which ended in the fermentation process. It was obtained an organic fertilizer of appropriate nutritional quality to apply in a short-cycle plot such as radish (*Raphanus sativus*). A completely random design was applied with four repetitions and the size of the experimental unit was 0.5 kg per treatment. In the physical analysis there are no significant differences with an average pH of 5.10 and an acidity of 1.40%, while in the physicochemical analysis there are significant differences, Nitrogen 93.97 mg / L, Phosphorus 17.16 mg / L , Potassium 16.07 mg / L, Calcium 8.62 mg / L, Magnesium 8.32 mg / L, Zinc 0.87 mg / L, Copper 0.08 mg / L, in the microbiological analysis there was absence of *Salmonella*, *E. Coli*, *Total Coliforms*, while in *molds and yeasts* it presented high microbial load with  $1.6 \times 10^5$  Ufc / ml and  $2.8 \times 10^4$  Ufc / ml in *Staphylococcus aureus*, the cost benefit was \$ 1.56 US dollars. It Was concluded that the best treatment in the application of a radish plot was T1 (Orange) with an average of 18 cm in plant altitude at 16 days and an average of 17 cm in radish size during harvest. It is recommended to apply the fertilizer in recommended doses to avoid irreversible damage to crops.

**Keywords:** <ORGANIC FERTILIZERS> <FERMENTATION> <LIQUID FERTILIZER> <RADISH (*Raphanus sativus*)> <ANAEROBIC DECOMPOSITION> <PHYSICAL CHEMICAL ANALYSIS> <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>



## INTRODUCCIÓN

Se estima que a nivel mundial las pérdidas post cosecha de frutas y hortalizas causadas por microorganismos, son del orden de 5-25% en países desarrollados y 20-50% en países en desarrollo. La diferencia en la magnitud del daño de ambos escenarios obedece a que en los países desarrollados prevalecen condiciones ambientales de temperatura y humedad menos favorables para la ocurrencia de daños, tienen mayor disponibilidad de recursos tecnológicos y económicos para prevenir las pérdidas post cosecha y los mercados son más exigentes. La enfermedad de la post cosecha de los productos agrícolas es aquellas que se presentan después de la cosecha, provocando el deterioro de estos antes de ser consumidos o procesados. El producto cosechado puede ser succulento (frutas y hortalizas) o puede ser seco (granos), lo cual determina que los problemas post cosecha de ambos tipos de productos sean diferentes y, consecuentemente, requieran de un manejo diferente.

Las frutas y hortalizas frescas son generalmente las más susceptibles al deterioro post cosecha, lo cual puede deberse a cambios fisiológicos como la senescencia y la maduración, daños físico-mecánicos causados por magulladuras por roce, compresión, o impacto, daño químico y descomposición por microorganismos, los cuales en sentido estricto son considerados causas patológicas. (Infoagro, 2012)

El biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno. Es una especie de vida (bio), muy fértil (fertilizante), rentables ecológica y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente, por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para obtener biol es a través de biodigestores” (Inia, 2008)

El biol es el resultado de la fermentación de estiércol y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio, contiene bastante materia orgánica, en el caso del biol de bovino podemos encontrar hasta 40.48%, y en el de porcino 22.87%. El biol agregado al suelo provee materia orgánica que resulta fundamental en la génesis y evolución de los suelos, constituye una reserva de nitrógeno y ayuda a su estructuración, particularmente la de textura fina.

De acuerdo a los antecedentes antes mencionados, a través de la presente investigación se pretende elaborar biol a partir de frutas de descarte con la utilización de un biodigestor; por lo cual se ha planteado los siguientes objetivos

- Elaborar biol a partir de frutas de descarte con la utilización de un biodigestor que permita el aprovechamiento de dicho residuo agrícola.
- Utilizar frutas de descarte Naranja (*Citrus sinensis*), Mandarina (*Citrus reticulata*) y Lima (*Citrus aurantiifolia*) y suplementos (estiércol, melaza) en la elaboración del biol para obtener un producto con mayor contenido de Nitrógeno, Fosforo y Potasio.
- Establecer el contenido de macronutrientes (nitrógeno, fosforo y potasio), y micronutrientes (calcio, magnesio zinc y cobre), y características fisicoquímicas de relevancia presentadas en el biol para su correcta aplicación.
- Analizar el efecto del biol en la producción agrícola de en una parcela de ciclo corto y una especie de relevancia, como el rábano (*Raphanus sativus*)
- Determinar los costos de producción de la elaboración del biol obtenido a partir del aprovechamiento de frutas de descarte y la posterior cuantificación de la relación costo beneficio de dicho proceso.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Biol

El biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. La técnica empleada para lograr este propósito son los biodigestores. Los biodigestores se desarrollaron principalmente con la finalidad de producir energía y abono para las plantas utilizando el estiércol de los animales. Los sistemas anaeróbicos producen biocombustibles y líquidos residuales conocidos como bioles (Cárdenas,J. et al, 2013).

Sin embargo, en los últimos años, esta técnica está priorizando la producción de bioabono, especialmente del abono foliar denominado biol. El biol es el líquido que se descarga de un digestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitorreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. Existen diversas formas para enriquecer el biol en el contenido de fitorreguladores, así como de 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 (1 Kg/m<sup>2</sup>) (Herrán,J. et al, 2008).

Uno de los subproductos de la fermentación anaeróbica es el biol, que es rico en microorganismos, fitohormonas y nutrientes. La aplicación de estos bioles al suelo puede eliminar contaminación, restituir la flora bacteriana y actuar como fertilizante foliar. Otra característica de los bioles es su potencial para mejorar el intercambio catiónico en el suelo, lo cual aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Cano,M. et al, 2016).

##### *1.1.1. Producción de biol*

En México, Perú, Ecuador, Costa Rica, Honduras y Nicaragua se han instalado Sistemas Comerciales tipo Biobolsa (biodigestores anaeróbicos). La función de estos sistemas es generar biogás con estiércol animal y fermentación anaeróbica. El biogás generado está enriquecido con metano que se puede usar para generar energía eléctrica en escala pequeña y mediana (Barrera,L. et al, 2011). Con estos sistemas pueden reciclarse desechos orgánicos, por acción de microorganismos que utilizan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> y CO<sub>2</sub> como aceptores de electrones. Esta es una alternativa

biotecnológica para reducir el impacto ambiental que provocan los desechos agrícolas. (Cano M. et al, 2016).

En base a lo indicado por (Ponton R, 2011 pp. 20), el propósito fundamental para la implementación de los biodigestores es la producción de abono líquido y sólido, esta se puede realizar de diversas formas, pero garantizando las condiciones anaeróbicas. Una de las formas para producir abono, es lo que se viene implementando con el nombre de los biodigestores campesinos que consiste en lo siguiente:

- Los materiales que se utilizan son una manga de plástico gruesa cerrada de 5m como mínimo, 40 cm de un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro, una botella de gaseosa (1,5 l) descartable y tiras de jebe.
- La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación, sin embargo, si utilizamos estiércol fresco utilizaremos 3 cantidades de agua por una de estiércol.

### ***1.1.2. Composición del biol***

El biol es una fuente orgánica de fitorreguladores de crecimiento como el ácido indol acético (auxinas) y giberelinas que promueven actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas. El proceso de innovación relacionado con la mejora de la calidad y la eficiencia del abono foliar ha estado orientado a mejorar el contenido de los fitorreguladores (Cárdenas, J. et al, 2013).

Por ello, se han trabajado diversas formas para enriquecer el contenido de las hormonas de crecimiento en el biol, así como de sus precursores, con resultados muy significativos. Por ejemplo: agregándole alfalfa picada en una proporción de cinco por ciento del peso total de la biomasa, como también vísceras de pescado y orina humana (Herrán, J. et al, 2008). Actualmente esta forma de producción de abono foliar ha reemplazado masivamente a las mangas de polietileno, muchos agricultores ahora producen su propio abono líquido y algunos incluso lo están vendiendo. Podemos decir que esta técnica está ayudando a reducir los costos de producción, porque los agricultores ya no tienen necesidad de comprar los abonos foliares comerciales (Herrán, J. et al, 2008).

En la tabla 1-1 se puede observar la composición bioquímica del biol obtenido del estiércol de ganado lechero estabulado, que recibe en promedio una ración diaria de 60 por ciento de alfalfa,

30 por ciento de maíz ensilado y diez por ciento de alimentos concentrados (BE). También podemos observar la composición del biol proveniente de la mezcla del mismo estiércol de ganado lechero estabulado, sometido a la misma ración alimenticia, pero al que se le ha añadido alfalfa picada (BEA).

**Tabla 1-1:** Comparativo de abonos foliares obtenidos de bioles elaborados con estiércol de vacunos y brotes de alfalfa

COMPONENTE	UNIDAD	BE <sup>1</sup>	BEA <sup>2</sup>
Sólidos totales	%	5.6	9.9
Materia orgánica	%	38.0	41.1
Fibra	%	20.0	26.2
Nitrógeno	%	1.6	2.7
Fósforo	%	0.2	0.3
Potasio	%	1.5	2.1
Calcio	%	0.2	0.4
Azufre	%	0.2	0.2
Giberelinas	ng/g	9.7	20.5
Purinas	ng/g	9.3	24.4
Tiamina (B1)	ng/g	187.5	302.6
Riboflavina (B2)	ng/g	83.3	210.1
Piridoxina (B6)	ng/g	33.1	110.7
Ácido nicotínico	ng/g	10.8	35.8
Ácido fólico	ng/g	14.2	45.6
Triptófano	ng/g	56.6	127.1

**Fuente:** Cano M. et al, 2016. Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas

<sup>1</sup> Biol obtenido a partir de estiércol bovino

<sup>2</sup> Biol obtenido a partir de estiércol bovino más brotes de alfalfa

### 1.1.3. *Aplicación del biol*

Se han realizado muchas evaluaciones de campo en las parcelas de los propios agricultores para conocer los efectos directos del biol en el desarrollo de los cultivos. A través de estas pruebas se ha determinado que este abono líquido se puede utilizar en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes; gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla o a la raíz (Barrera, L. et al, 2011).

El biol favorece al enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), actúa sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas (Pontón, R, 2011, pp. 21). Debe utilizarse diluido en agua, en proporciones que pueden variar desde un 25 a 75 por ciento. Se ha comprobado que aplicados foliar mente a cultivos como la alfalfa, papa y hortalizas en una concentración entre 20 y 50% estimula el crecimiento, mejora la cantidad y calidad de los productos e incluso tiene cierto efecto repelente contra las plagas (Pontón R, 2011, pp. 22).

Las aplicaciones deben realizarse de tres a cinco veces durante el desarrollo vegetativo de la planta. También se puede aplicar biol junto con el agua de riego para permitir una mejor distribución de las hormonas y los precursores hormonales que contiene. (Restrepo, J. et al, 2014)

Dentro de la tabla 2-1 se muestra los valores nutricionales de diversos bioles obtenidos a partir de diferentes fuentes, en base a su aplicación como fertilizante dentro de la producción agrícola en general.

**Tabla 2-1:** Caracterización nutricional de bioles obtenidos de diferentes fuentes.

<b>FUENTE</b>	<b>N [1]</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>P205</b>	<b>K20</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Vacaza	0.35	0.03	0.62	0.13	1.48
Ovinaza	0.42	0.04	1.52	0.16	3.66
Cuyaza	0.21	0.04	0.94	0.19	2.27
MAP	0.07	0.02	0.15	0.11	0.37
Super magro	0.14	0.02	0.79	0.11	1.91

**Fuente:** Cárdenas, J. et al, 2013. Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica del bocashi.

## **1.2. Nutrientes primarios**

### **1.2.1. *Nitrógeno***

Existe muchas investigaciones que demuestran que los cultivos requieren de nitrógeno, el cual actúa en la síntesis de la clorofila y tiene un papel importante en el proceso de fotosíntesis, además el nitrógeno es un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta y aumenta el contenido de proteína de la planta en forma directa, la dosis adecuada de Nitrógeno produce hojas de color verde oscuro que indica alta concentración de clorofila y su deficiencia causa una clorosis (amarillamiento) por disminución de la clorofila, iniciándose en las hojas viejas y terminando en las hojas jóvenes; otras características de deficiencia de N son: desarrollo distintivamente lento y escaso, secado o quemado de las hojas que comienzan en la base de la planta y prosiguiendo hacia arriba. (Malavolta, E. et al, 1992)

En base a lo mencionado por, (Gallardo,A, 2009, pp. 4-19), dentro de la explotación agrícola de los cítricos, el nitrógeno tiene una alta influencia sobre los siguientes procesos:

- Produce un efecto regulador al regir la asimilación de K y P
- Tiende a producir succulencia.
- Retarda la maduración de los frutos al prolongar el periodo vegetativo.
- Influye poco sobre el espesor de la corteza y textura de la piel de los frutos
- Retarda el desarrollo del color, aunque al parecer acentúa su tinte final.
- No afecta la acidez del jugo, pero disminuye el contenido de vitamina “C”.

### **1.2.2. *Fósforo***

El fósforo actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular, alargamiento celular y muchos otros procesos de la planta. Promueve la formación temprana y el crecimiento de las raíces, mejora la calidad de numerosas frutas, verduras y cereales; además el fósforo ayuda a que las plántulas y las raíces se desarrollen más rápidamente,

permite a la planta soportar inviernos rigurosos, aumenta la eficiencia de uso de agua, acelera la madurez la cual es importante para la cosecha y para la calidad del cultivo; también contribuye a aumentar la resistencia a las enfermedades en algunas plantas; por otro lado señala que la deficiencia de este elemento se manifiesta con hojas, ramas y tallos purpúreas; madurez y desarrollo lento; pequeños tallos delgados y bajo rendimientos. (Stewart, 2007, pp 1-7)

### **1.2.3. Potasio**

El potasio es esencial para el crecimiento de las plantas, pero su rol principal aun no es determinado, su principal función parece estar ligado al metabolismo de las plantas; el potasio actúa en la fotosíntesis; cuando hay déficit de potasio la fotosíntesis disminuye a medida que aumenta el potasio la respiración de la planta aumenta, la deficiencia de potasio es causante de una fotosíntesis reducida y aumento de la respiración, reduce los carbohidratos de la planta; además el potasio es esencial en la síntesis de proteína y ayuda a la planta a usar en forma eficiente el agua, produce la turgencia para mantener la presión interna de la planta (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas); además manifiesta también que el potasio es útil para la formación del fruto, en la transformación de los metales pesados tales como el hierro y el balance iónico; además activa las enzimas y controla su velocidad de reacción; por otro lado la aplicación de potasio reduce el vuelco de los cultivos, así como mejora la tolerancia a las heladas y de resistencia en el ataque de enfermedades pudiendo reducir el estrés causado por los nematodos. (Conti, M, 2004, pp. 25-37).

Los síntomas de deficiencia se muestran cuando las hojas se vetean, se manchan, se rayan o se enrollan comenzando se por los niveles más bajos; las hojas más bajas se tuestan o se queman de las orillas y de las puntas, estas zonas muertas pueden caerse y dejar bordes rasgados en las hojas, algunas plantas degeneran antes de madurar debido a un desarrollo pobre de las raíces. (Latsague, M. et al, 2014, pp. 37-42).

### **1.2.4. Relación fósforo, nitrógeno, potasio**

El fósforo es vital para las primeras etapas del crecimiento, y el nitrógeno influye en la absorción del fósforo; cuando se aplica con nitrógeno el fósforo se hace más disponible para la planta que cuando se aplica sin nitrógeno; la influencia del nitrógeno en la absorción de fósforo es bastante clara en las primeras etapas del crecimiento, en algunos casos hasta el 65% de fósforo de la planta proviene de los fertilizantes; el nitrógeno aumenta el contenido de proteína de la planta en forma



directa, cantidades adecuadas de potasio y fósforo, especialmente potasio mejora el uso que las plantas de dosis de nitrógeno para la obtención de proteína. (Gallardo, A, 2009, pp. 4-19)

### **1.3. Fertilización foliar**

Es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización del suelo; esta práctica es reportada en la literatura en 1844. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de esta participan en la absorción de los iones. Los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos; aquellos que corresponden a la planta, el ambiente y la formulación foliar. (Santos, A. et al, 1999, pp. 247-255)

Dentro de los aspectos de la planta, se analiza la función de la cutícula, los estomas y ectodermos en la absorción foliar. En el ambiente, la temperatura, luz, humedad relativa y hora de aplicación. En la formulación foliar se analiza el pH de la solución, surfactantes y adherentes, presencia de sustancias activadoras, concentración de la solución, nutrimentos y el ion acompañante en la aspersión. (Betancourt, M. et al, 2005 pp. 371-378)

Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar. Se reconoce que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de estos a los lugares de la planta de mayor demanda. (Saborío,F, 2002, pp. 110-124)

La hoja es un tejido laminar formada en su mayor parte por células activas (parénquima y epidermis) con excepción del tejido vascular (vasos de la xilema que irrigan la hoja de savia bruta) y la cutícula que es un tejido suberizado o ceroso que protege a la epidermis del medio. Fisiológicamente la hoja es la principal fábrica de fotosintatos. (Molina, E, 2002, pp. 82-100)

De aquí la gran importancia de poner al alcance de la fábrica los nutrimentos necesarios que se incorporan de inmediato a los metabolitos, al ser aplicados por aspersión al follaje. Pero la fertilización foliar no puede cubrir aquellos nutrimentos que se requieren en cantidades elevadas. (Betancourt, M. et al, 2005 pp. 371-378)

La fertilización foliar entonces debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutrimentales o corregir deficiencias de aquellos nutrimentos que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo. (Santos, A. et al, 1999, pp. 247-255)

En base a lo indicado por (Molina, E, 2002, pp. 82-100), la fertilización foliar puede resumirse en base a los siguientes criterios agrícolas:

- Es una tecnología complementaria a la fertilización de base.
- Permite ajustar los requerimientos nutricionales en función del estado del cultivo.
- Aporta nutrientes en momentos en que los requerimientos no pueden ser cubiertos por capacidad de absorción y/o limitantes ambientales.
- Soluciona dichas necesidades en forma instantánea.

### ***1.3.1. Ventajas de la fertilización foliar***

La principal ventaja de la nutrición foliar es que proporciona un mejoramiento inmediato y es mucho más efectiva que la fertilización al suelo. En algunos casos es mucho más económica, ya que solamente se requieren cantidades pequeñas de nutrientes, los cuales se puede combinar con el programa de aplicación de productos agroquímicos.

La desventaja de la nutrición foliar es que no produce un efecto residual substancial y requiere aplicarse en cada situación. (Molina, E, 2002, pp. 82-100)

Así como ocurre con la piel de los animales, la cutícula de los vegetales goza de propiedades absorbentes. Esta característica ha sido aprovechada en agricultura para efectuar abonaduras complementarias de acción rápida. Los elementos mayores N, P y K, lo mismo que el azufre, apenas absorbido se reparten dentro de la planta, mientras que el calcio, el magnesio, el hierro tienen tendencia a acumularse en las hojas pudiendo ser lavados luego por las aguas de lluvia. (Molina, E, 2002, pp. 82-100)

### ***1.3.2. Eficiencia de la fertilización foliar***

En base a lo manifestado por (Santos, A. et al, 1999, pp. 247-255), se pone de manifiesto que la eficiencia de la fertilización foliar está supeditada a los siguientes criterios:

- Disminuye la pérdida de nutrientes (lixiviación y/o volatilización).
- Los nutrientes se absorben en forma inmediata a través de la superficie foliar.
- Absorción del nutriente independiente de su dinámica del suelo.
- Permite incorporar nutrientes cuando las necesidades no pueden ser cubiertas por la capacidad de absorción de la planta (Periodo crítico).
- La absorción no requiere gasto de energía.
- No es utilizado por las malezas, evitando competencia y absorción del nutriente.

### ***1.3.3. Ventajas económicas de la fertilización foliar***

En base a lo mencionado por (Santos, A. et al, 1999, pp. 247-255), se pone de manifiesto que las ventajas económicas de la fertilización foliar, frente a los diversos tipos de fertilización, están representadas por:

- Menor costo
- Disminuye el riesgo económico

### ***1.3.4. Manejo de la fertilización foliar***

En base a lo mencionado por (Betancourt, M. et al, 2005 pp. 371-378), la fertilización foliar presenta ventajas en su manejo, las cuales se citan a continuación:

- Permite ser aplicado en condiciones adversas (sequía, etc.)

- Mayor capacidad operativa del equipo.
- Logística: menor manipuleo de producto.
- Compatible con otros fitosanitarios.
- Menor daño al cultivo.
- No precisa el agregado de coadyuvantes.

#### ***1.3.5. Desventajas de la fertilización foliar***

En base a lo indicado por (Betancourt, M. et al, 2005 pp. 371-378), la fermentación foliar presenta las siguientes desventajas:

- Se puede perder por transpiración o lavado
- Requiere que el cultivo tenga un buen desarrollo del follaje

### **1.4. Frutas tropicales**

#### ***1.4.1. Aspectos generales***

Un aspecto fundamental a tener en cuenta en el manejo postcosecha de frutas es que éstas continúan vivas aún después de cosechadas. En tal sentido, la fruta cosechada continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando procesos de senescencia, todo lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada fruta. Asimismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos. ( Arias & Toledo, 2000)

#### ***1.4.2. Madurez***

El conjunto de procesos de desarrollo y cambios observados en la fruta se conoce como maduración. Como consecuencia de la maduración la fruta desarrolla una serie de características

fisicoquímicas que permiten definir distintos estados de madurez de esta. Todo esto es de suma importancia en postcosecha en relación con los siguientes aspectos: (Agriculturers, 2017)

- Desarrollo de índices de madurez o cosecha.
- Definición de técnicas y frecuencia de cosecha.
- Exigencias de calidad del mercado (características externas/composición interna)
- Forma de consumo del producto (natural/procesado).
- Aplicación de técnicas adecuadas de manejo, conservación, transporte y comercialización.
- Vida potencial útil postcosecha.

### **1.5. Parcelas de ciclo corto**

En la producción de alimentos se deben diferenciar tres tipos fundamentales de cultivos, como son: los perennes, de ciclo intermedio y de ciclo corto. Entre los perennes económicamente se destacan, coco, cacao, café, naranja, limón, mandarina, mango, aguacate, níspero, guanábana, durazno, merey, onoto, piña, sisal y palma aceitera, entre los de ciclo intermedio encontramos: plátano, uvas, caña de azúcar, apio, yuca, etc. Finalmente están los cultivos de ciclo corto, que son todos los cultivos cuyo ciclo vegetativo comprende entre los 60 a 180 días. Se citan al: maíz, arroz, sorgo, frijoles, papas, batata, ajonjolí, girasol, soya, maní, algodón, cebolla, ajo, zanahoria, remolacha, ají, pimentón, tomate, melón, repollo, lechuga, coliflor, acelga, berenjena y pepino, entre otros. (Soto,S. et al, 2006 pp. 39-49)

Los cultivos perennes tienen la propiedad de florecer periódicamente y producir los frutos o excepcionalmente producir permanentemente como: coco, palma aceitera y cacao. Los de ciclo intermedio se reproducen en su mayoría por hijuelos, como: plátano, caña de azúcar y los de ciclo corto son cultivos que biológicamente desaparecen con la producción del fruto y para volverlos a sembrar debe hacerse por medio de semillas, entre éstos maíz, arroz, sorgo, patilla, melón, frijoles, girasol, tomate, ají, etc. (García, 1999)

## **1.6. Rábano (*Raphanus sativus*)**

El rábano (*Raphanus sativus*), es el nombre común de las plantas de un género de hierbas anuales o bianuales de la familia de las crucíferas, y en particular del rábano común de huerta. Presenta un tallo ramoso, con numerosos pelos; la base de éste se une con la raíz, y constituyen un tubérculo globoso. Las flores son blancas o amarillas, dispuestas en racimos terminales. Las hojas son grandes y ásperas, divididas en lóbulos con bordes dentados. Se cree que la planta procede de China; hoy se cultiva en toda la región templada boreal por la raíz pungente que forma, y suele consumirse en ensaladas. Las distintas variedades cultivadas se diferencian en tamaño, forma y color, que va desde el blanco al rojo, pasando por el amarillo. (Pisco, R. et al, 2006, pp. 3543-3556)

Esto depende también en parte de la estación en que se cultive; así, los rábanos de primavera son esféricos, mientras que los de verano son más grandes y alargados; ambos se consumen casi siempre crudos, mientras que las formas de otoño, aún más grandes, acostumbran a cocerse.

Las variedades alargadas miden de 10 a 15 cm, mientras que las redondas tienen un diámetro de unos 2 ó 3 cm. Su peso en el mercado suele ser de unos 70 g, si bien hay ejemplares que pueden llegar a pesar hasta 1 kg o más. La piel puede ser negra, morada, roja, blanca o roja y blanca, mientras que la carne es siempre blanca, excepto en algunas variedades asiáticas en las que adquiere un tono rosado. El sabor del rábano es ligeramente picante. (Giacconi, V, 1997)

### **1.6.1. Estacionalidad**

Los rábanos se cultivan al aire libre en primavera y verano, mientras que en otoño su cultivo se lleva a cabo en invernaderos. De esta forma se puede disponer de ellos todo el año. Sin embargo, su mejor época es en los meses de mayo, junio y julio. (Fraga, N. et al, 1994)

### **1.6.2. Valoración nutricional**

El rábano es un alimento con un bajo aporte calórico gracias a su alto contenido en agua y bajo en nutrientes energéticos (proteínas, hidratos de carbono y lípidos). Tras el agua, su principal componente son las proteínas y la fibra. De su contenido vitamínico destaca la vitamina C y entre los minerales el hierro y el yodo. El calcio del rábano (cuyo aporte es mínimo) no se asimila

apenas en comparación con el de los lácteos y otros alimentos que se consideran fuente importante y de gran

aprovechamiento de este mineral. El hierro se encuentra formando parte de la hemoglobina de la sangre y de la mioglobina del músculo. (Santos, E. et al, 2009, pp. 9-13)

El yodo es un mineral indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides. Ésta regula el metabolismo, además de intervenir en los procesos de crecimiento. En la composición de los rábanos destaca la presencia de compuestos de azufre de acción antioxidante. Dichas sustancias son en parte responsables del efecto diurético y digestivo de los rábanos. Aumentan la secreción de bilis en el hígado (efecto colerético) y facilitan el vaciamiento de la vesícula biliar (acción colagoga), además de conferirle su sabor picante característico. (Santos, E. et al, 2009, pp. 9-13)

## **1.7. Impacto ambiental**

El impacto creciente de las actividades humanas en la naturaleza está provocando una acelerada pérdida de biodiversidad. La causa principal es la destrucción de ecosistemas de gran interés, cuando se emplean tierras para la agricultura, desecando pantanos o talando bosques; cuando se cambian las condiciones de las aguas o la atmósfera por la contaminación, o cuando se destruyen hábitats durante la extracción de recursos. (Gómez, D, 1999)

Visto de otra manera, cuando un ecosistema es rebasado en su capacidad natural por reducir o absorber el impacto del exceso de energía, calor, residuos sólidos o líquidos, explotación de los recursos naturales o transformación del medio para crear una obra (represa, planta industrial, confinamiento, desarrollo urbano), entonces aparece un factor de daño al que se le denomina “contaminación” o deterioro ambiental. (Carmona M, et al, 2001)

### **1.7.1. Definición**

Con el propósito de alcanzar una mayor comprensión del deterioro ambiental que resulta de las actividades humanas es de interés presentar las definiciones de algunos términos tales como: contaminación, impacto ambiental y evaluación de impacto ambiental. (Avellaneda,A, 2013)

### **1.7.2. Contaminación**

En base a lo indicado por (Avellaneda, 2013), con frecuencia, la contaminación se entiende como la liberación en las aguas, aire o suelo, de toda y cualquier forma de materia o energía, con intensidad, en cantidad, en concentración, o con características tales que puedan causar daños a la biota, incluyendo los seres humanos. Aunque se encuentren muchas variaciones de esa definición, acostumbran a coincidir en dos aspectos:

- La contaminación es una situación de carácter negativo que provoca daños.
- La contaminación es causada por la presencia o liberación de formas de materia o energía. Por lo tanto, se puede representar en unidades físicas mensurables; en consecuencia, se pueden establecer límites o patrones.

### **1.7.3. Impacto ambiental**

En base a lo establecido por (Carmona M, et al, 2001), debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. De acuerdo con la percepción de los profesionales, se acostumbra a tener una definición más amplia, tal como:

- Cualquier alteración al medio ambiente, en uno o más de sus componentes, provocada por una acción humana.
- Alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana.
- El cambio en un parámetro ambiental, en un determinado periodo y en una determinada área, que resulta de una actividad dada, comparado con la situación que ocurriría si esa actividad no hubiera sido iniciada.

### **1.7.4. Evaluación de Impacto Ambiental**

Procedimiento para alentar a las personas encargadas de la toma de decisiones, a tener en cuenta los posibles efectos de los proyectos de inversión sobre la calidad ambiental y la productividad



de los recursos naturales, e instrumento para la recolección y la organización de los datos que los planificadores necesitan para lograr que los proyectos se hagan compatibles con los principios del desarrollo sustentable. (Canter,L, 1998)

### **1.8. Residuo solido**

En su sentido más amplio, el término residuos sólidos incluye todos los materiales sólidos desechados de actividades municipales, industriales o agrícolas. Sin embargo, para la exposición que sigue, se entenderá por residuos sólidos sólo aquellos que son responsabilidad de un municipio y que usualmente son recolectados por él. Las áreas residenciales y comerciales, junto con ciertas operaciones industriales, son las fuentes de estos residuos municipales no peligrosos. (Avellaneda,A, 2013)

La caracterización de los residuos o desechos sólidos municipales es difícil a causa de la diversidad de sus componentes, muchos de los cuales no se deberían “*desperdiciar*”. Los objetivos de la administración de los residuos sólidos son controlar, recolectar, procesar, utilizar y eliminar los residuos sólidos de la manera más económica congruente con la protección de la salud pública y los deseos a quienes el sistema da servicio. (Carmona M, et al. 2001)

Para este fin, en 1989 la Environmental Protection Agency (EPA; Agencia de protección al ambiente) de EUA adoptó una jerarquía de prácticas de administración de residuos, las cuales estaban destinadas a utilizarse como una guía por las comunidades durante la elaboración de planes de administración de residuos. Los cuatro elementos de la jerarquía, en orden de preferencia, son los siguientes:

- Reducción en la fuente
  
- Reciclaje de materiales
  
- Combustión (de preferencia con recuperación de energía)
  
- Rellenos de tierras

En términos generales, los residuos sólidos se definen como aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar. En el caso de los residuos sólidos municipales se aplican términos más específicos a los residuos de alimentos

putrescibles (biodegradables), llamados basura, y a los residuos sólidos no putrescibles, los cuales se designan simplemente como desechos. Los desechos incluyen diversos materiales, que pueden ser combustibles (papel, plástico, textiles, etc.) o no combustibles (vidrio, metal, mampostería, etc.). (Tchobanoglous, G, 1994)

La mayor parte de estos residuos se desechan con regularidad desde localidades específicas. Existen residuos, en ocasiones llamados especiales, como el cascajo de las construcciones, las hojas de los árboles y la basura callejera, los automóviles abandonados y también los aparatos viejos, que se recolectan a intervalos esporádicos en diferentes lugares. (Tchobanoglous, G, 1994)

### ***1.8.1. Composición***

En base a lo indicado por (Tchobanoglous, G, 1994), además de las variaciones en cuanto a cantidad, puede haber también grandes diferencias de composición. Los factores que influyen en la composición de los residuos sólidos municipales incluyen algunos como:

- El clima. En áreas húmedas como Sao Paulo. Brasil, el contenido de humedad de los residuos sólidos es comúnmente de 50%.
- La frecuencia de recolección. Las recolecciones más frecuentes tienden a aumentar la cantidad anual. Puesto que la cantidad de materiales orgánicos es relativamente constante, quizá con más recolecciones los residentes tienden a desechar más papel y escombros.
- El uso común de molinos domésticos para basura. Los molinos reducen, pero no eliminan, los residuos de alimentos.
- La aceptabilidad de alimentos empacados y de preparación rápida. En Estados Unidos y Canadá el uso generalizado de los empaques ha aumentado el contenido de papel de los residuos sólidos.
- El grado de urbanización e industrialización del área. En virtud de la conversión en abono, el reciclaje y la recuperación que son posibles en áreas rurales y en áreas de viviendas unifamiliares, los residuos sólidos de este tipo de fuentes pueden ser inferiores en cuanto a cantidad y tener distintos componentes que los de áreas metropolitanas industrializadas con viviendas multifamiliares.

## **1.9. Biodigestores**

Es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás. Definido por el diseño de la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema. (Herrero, J, 2008, pp. 65)

Al especificar que se puede tomar cualquier forma se está indiciando que se utilizan tanques cilíndricos, rectangulares, esféricos o semiesféricos, dependiendo de las preferencias del usuario y de las facilidades que se tengan para su construcción. Sin embargo, desde el punto de vista físico y del proceso no se recomienda emplear tanques rectangulares. (Rivas O, et al. 2010, pp. 39-46)

### ***1.9.1. Tipos de biodigestores***

Una primera revisión de la apariencia física de los diferentes tipos de plantas de biogás describe los tres tipos principales de plantas simples de biogás: plantas de globo, plantas de domo fijo y plantas de tambor flotante. (Guevara, A, 1996)

#### ***1.9.1.1. Plantas de globo***

Este tipo de plantas tiene en la parte superior un digestor de bolsa en el cual se almacena el gas, la entrada y la salida se encuentran en la misma superficie de la bolsa. Sus ventajas son bajo costo, fácil transportación, poca sofisticación de construcción, altas temperaturas de digestión, fácil limpieza, mantenimiento y vaciado.

Sus desventajas son su corto tiempo de vida, alta susceptibilidad a ser dañado, baja generación de empleo y por lo tanto limitado potencial de autoayuda. (Campos, et al. 2011, págs. 37-41)

#### ***1.9.1.2. Plantas de Domo Fijo***

Las plantas de domo fijo consisten en un recipiente fijo e inmóvil para gas, que se coloca en la parte superior del digestor. Cuando comienza la producción de gas, la mezcla se desplaza hacia el tanque de compensación. La presión del gas aumenta, el aumento de volumen del gas

almacenado y con la diferencia de altura entre el nivel de la mezcla en el digestor y el nivel de la mezcla en el tanque de compensación. (Biobolsa, 2015)

### *1.9.1.3. Plantas de tambor flotante*

Las plantas de tambor flotante consisten en un digestor subterráneo y un recipiente móvil para gas. El recipiente para gas flota, ya sea directamente sobre la mezcla de fermentación o en una chaqueta de agua. El gas se recolecta en el tambor de gas, que se levanta o baja, de acuerdo con la cantidad de gas almacenado. (Pontón, R, 2011, pp. 16)

## **1.9.2. Componentes de los biodigestores**

### *1.9.2.1. Tanques de carga*

Es el ducto por el cual va a ser alimentado el digestor y está construido de ladrillo común y su superficie interna lleva un aplanado de cemento. La alimentación se prepara en el tanque de carga y se introduce al digestor por la parte inferior a través de un tubo de PVC dirigido hacia la línea central del tanque. (Latsague, M, et al. 2014, pp. 37-42)

### *1.9.2.2. Tanque de descarga*

Es el ducto por medio del cual se extraen los lodos residuales producto de la digestión anaeróbica y está elaborado con los mismos materiales y de la misma forma que el tanque de carga. La descarga se efectúa por el efecto de vasos comunicantes: Al cargar el digestor, la presión del material que entra expulsa por el tubo de descarga una cantidad igual de material ya procesado (o agotado). (Canter, L, 1998)

### *1.9.2.3. Tanque de Almacenamiento de gas*

Para los digestores de domo fijo y de domo flotante el tanque de almacenamiento consiste en una construcción circular o cuadrada de ladrillo con un acabado por dentro de cemento pulido y para los digestores de globo consistirá en una bolsa de material plástico resistente a la corrosión y al medio agresivo.

El gas producido por el digestor se almacena con el fin de tener disponible una cantidad suficiente en el momento que se requiera, utilizando cualquier recipiente hermético. (Infoagro, 2012)

En algunos tipos de digestores el almacenamiento está directamente sobre la boca, en esos casos es conveniente utilizar campanas flotantes metálicas que permiten disponer del gas a una presión constante. (Molina, E, 2002, pp. 82-100)

#### *1.9.2.4. Línea de conducción*

En base a lo indicado por (Herrero, J, 2008), la línea de conducción para una instalación típica, sus dimensiones van a depender de:

- Del flujo de gas que se desea transportar y
- De la distancia existente entre la planta y el lugar de uso.

Vale la pena mencionar que las plantas de Biogás utilizan casi siempre manguera de PVC, debido a que este material no es afectado por la acción del ácido sulfhídrico. La manguera de PVC irá preferiblemente enterrada o recubierta para evitar el deterioro (cristalización) por la luz solar.

De lo contrario, se colocará elevada para evitar daños físicos causados por personas o animales. (Infoagro, 2012)

#### *1.9.2.5. Válvulas*

Se utilizan mínimo dos válvulas para gas, la primera o principal irá instalada inmediatamente al comienzo de la conducción y sobre el niple de salida. La segunda se monta al final de la línea, en el lugar de uso. Estas válvulas, cuyo tamaño debe ser compatible con el diámetro de la tubería, deberán estar construidas en acero inoxidable o en PVC para evitar la corrosión por el ácido sulfhídrico. (Herrán, J, et al, 2008, pp. 57-67)

#### *1.9.2.6. Trampas*

El gas debe ser purificado antes del uso. La purificación, en los casos en que el uso se reduce a calefacción, alumbrado o cocción de alimentos, tiene por objeto eliminar o disminuir el contenido

de ácido sulfhídrico para proteger de la corrosión los equipos, y a la reducción del contenido de agua presente en el gas como resultado del proceso de digestión. (Infoagro, 2012)

### ***1.9.3. Operación de un biodigestor***

#### *1.9.3.1. Molienda*

Es recomendable moler el estiércol fresco que se va a utilizar para la digestión, ya que al disminuir el tamaño de los sólidos se está aumentando el área de contacto con los microorganismos encargados de iniciar el proceso. En caso de que no se cuente con un equipo para la molienda, esta etapa puede pasar inadvertida (Herrero, J, 2008)

#### *1.9.3.2. Acondicionamiento*

En base a lo indicado por (Infoagro, 2012), esta etapa es la más importante del proceso para obtener una solución (agua-excreta) que garantice la producción de biogás. Para ello se realizan los pasos siguientes:

- Recolección de la excreta se hará manualmente directamente del establo y se almacenará en un tanque mezclador por uno o dos días dependiendo del modo de operación, aunque es recomendable dejarlo 2 días para permitir que todo el aire se elimine durante esta estancia en el tanque.
- Adicionar la cantidad necesaria de agua para obtener una concentración aproximada del 8% en peso de sólidos totales.

#### *1.9.3.3. Carga del digestor*

La carga del digestor se hará por gravedad ya que el estiércol sea adicionado directamente del establo. (Canter, L, 1998)

#### *1.9.3.4. Descarga*

El efluente se debe descargar de la manera adecuada para evitar que entre aire en el biodigestor. Los lodos se pueden aplicar como fertilizante y el sobrenadante se puede utilizar como agua de riego. El componente líquido se puede utilizar además para el acondicionamiento de la solución

de alimentación y el efluente sólido puede ser tratado para separar las proteínas que contiene las cuales pueden utilizarse como componente alimenticio para el ganado y los sólidos restantes para el acondicionamiento del suelo del cultivo. (Herrero, J, 2008)

#### ***1.9.4. Producción de biol a través de biodigestores***

En el proceso de la digestión anaeróbica y la producción del biogás deja como residuo un lodo compuesto por el material no atacado por las bacterias y por material no atacado por éstas. Este lodo, conocido, conocido también como el efluente, constituye un fertilizante orgánico de muy buena calidad. (Conti, M, 2004, pp. 25-37)

Como el proceso solo remueve los gases generados en el lodo deben conservarse los nutrientes originales contenidos en la materia prima. Estos quedan en forma más concentrada, y pueden ser absorbidos más fácilmente, mejorando las características fertilizantes del material. (Conti, M, 2004, pp. 25-37)

La aplicación del afluente al suelo le trae beneficios similares a los que se alcanzan con cualquier materia orgánica. Es decir, que actúa como mejorador de las características físicas, facilitando la aireación, aumentando la capacidad de retención de humedad, la infiltración de agua y la capacidad de intercambio catiónico. (Molina, E, 2002, pp. 82-100)

Se ha encontrado, por ejemplo, que la aplicación del efluente de biodigestores que operan con estiércol de res, en ensayos comparativos con uso directo del estiércol, ha mejorado los rendimientos agrícolas del maíz, en un 28%. Esto se debe en parte a la mayor facilidad de absorción de los nutrientes, y a la mayor riqueza del afluente: Contiene 1.5% de nitrógeno contra 0.75% del estiércol, y 0.7% de K<sub>2</sub>O contra 0.4% de la materia prima. Esta situación hace que el afluente sea más efectivo que muchos de los abonos orgánicos químicos utilizados normalmente. (Stewart, W, 2007, pp. 1-7)

#### ***1.9.5. Sustancias orgánicas en los fertilizantes***

Así como hay sustitutos inorgánicos para los nutrientes nitrógeno, potasio y fósforo de un fertilizante orgánico, no existe sustituto artificial para otras sustancias como proteína, celulosa, lignina, etc. Todas ellas contribuyen a incrementar la permeabilidad e higroscopia, mientras previenen la erosión y mejoran las condiciones generales de la agricultura. Las sustancias

orgánicas además constituyen la base para el desarrollo de los microorganismos responsables de convertir los nutrientes del suelo en una forma que pueda fácilmente ser incorporada por las plantas. (Latsague, M, et al. 2014, pp. 37-42)

#### ***1.9.6. Nutrientes y Organismos del Suelo***

Debido a la descomposición y agotamiento de parte de su contenido orgánico, los lodos digeridos proporcionan nutrientes de acción rápida que fácilmente entran en la solución del suelo, quedando inmediatamente disponibles para las plantas. Simultáneamente sirven como nutrientes primarios para el desarrollo de los organismos del suelo, como la sustitución de los microorganismos perdidos a través de la exposición al aire durante el esparcimiento del lodo sobre los campos. (Guevara, A, 1996)

#### ***1.9.7. Reducción de la Erosión del Suelo***

La materia húmica y los ácidos húmicos presentes en los lodos contribuyen a una humificación más rápida que a su vez ayuda a reducir la velocidad de erosión (debido a lluvia o dispersión en seco), incrementando el suministro de nutriente, la higroscopía, etc. El contenido de humus es especialmente importante en los suelos tropicales con bajo en humus. La cantidad de humus estable formada con lodos digeridos es el doble de la que se puede lograr con estiércol. Además, se ha demostrado que la actividad de los gusanos de tierra se estimula más al fertilizar con lodos que fertilizando con estiércol de establo. (Gómez, D, 1999)

#### ***1.9.8. Reducción del deslave de Nitrógeno***

Al ser comparado con fertilizantes con alto contenido de nitratos y nitritos más solubles en agua (estiércol, composta), el elevado contenido de amonio del lodo digerido ayuda a reducir la velocidad con la que se deslava el nitrógeno. (Infoagro, 2012)

#### ***1.9.9. Efectos sobre los cultivos***

Se sabe que generalmente la producción de los cultivos es más alta después de una fertilización con lodos digeridos la mayoría de los cultivos como papa, rábano, zanahoria, col, cebolla, ajo, etc. y muchos tipos de frutas (naranja, manzana, guayaba, mango, etc.), caña de azúcar, arroz, parecen reaccionar favorablemente a la fertilización con lodos. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479)



En contraste los cultivos como trigo, oleaginosas, algodón y tabaco reaccionan menos favorablemente. Los lodos son un buen fertilizante para pasturas y prados. Los datos disponibles tienen grandes variaciones, pues el efecto fertilizante no solo es específico de cada planta, sino también depende del clima y tipo de suelo. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479).

Por lo tanto, no se puede ofrecer información definitiva, tampoco, por la misma razón, es posible ofrecer una comparación económica del costo de los fertilizantes químicos contra el de los lodos del biogás. El único hecho indiscutible es que los de biogás son mejores desde el punto de vista ecológico. (Canter, L, 1998)

## **1.10. Biomasa**

La biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal. La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. En primer lugar, los vegetales, al realizar la fotosíntesis, utilizan la energía del sol para formar sustancias orgánicas. Después los animales incorporan y transforman esa energía al alimentarse de las plantas. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479)

### **1.10.1. Tipos de biomasa**

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético. Aunque se pueden hacer multitud de clasificaciones, en esta monografía se ha escogido la clasificación más aceptada, la cual divide la biomasa en cuatro tipos diferentes: biomasa natural, residual seca y húmeda y los cultivos energéticos. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479)

#### **1.10.1.1. Biomasa Natural**

Es la que se produce en la naturaleza sin ninguna intervención humana. El problema que presenta este tipo de biomasa es la necesaria gestión de la adquisición y transporte del recurso al lugar de utilización. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479)

#### **1.10.1.2. Biomasa residual (seca y húmeda)**

Son los residuos que se generan en las actividades de agricultura (leñosos y herbáceos), y ganadería en las forestales, en la Industria maderera y agroalimentaria, entre otras y que todavía

pueden ser utilizados y considerados subproductos. Se denomina biomasa residual húmeda a los vertidos llamados biodegradables, es decir, las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente purines). (Gómez, D, 1999)

### **1.10.2. *Procesos de conversión de la biomasa en energía***

Existen diferentes métodos que transforman la biomasa en energía aprovechable, expondremos los dos métodos más utilizados en este momento, los termoquímicos y los biológicos. (Guevara, A, 1996)

#### **1.10.2.1. *Métodos termoquímicos***

Estos métodos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están muy desarrollados para la biomasa seca, sobre todo para la paja y la madera. (Canter, L, 1998)

#### **1.10.2.2. *Métodos biológicos***

Se trata de una fermentación alcohólica que transforma la biomasa en etanol (biocombustible). Este alcohol se produce por la fermentación de azúcares. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479). Otro método biológico es la fermentación metánica, que es la digestión anaerobia de la biomasa por bacterias. Se suele utilizar para la transformación de la biomasa húmeda. En los fermentadores, o digestores la celulosa es la sustancia que se degrada en un gas, el cual contiene alrededor de 60% de metano y 40% de gas carbónico. Para este proceso se requiere una temperatura entre 30-35 0 C. (Cárdenas, J, et al. 2013, pp. 7-12)

### **1.11. *Digestión anaeróbica***

El proceso de degradación anaerobia se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. Un gran número de microorganismos que trabajan en serie o en serie-paralelo, degradan la materia orgánica en sucesivas etapas. En la práctica ingenieril se acostumbra a considerar tres etapas para residuos sólidos o lodos (hidrólisis, acidogénesis, metanogénesis) y dos para residuos líquidos (acidogénesis y metanogénesis); el enfoque más novedoso lo constituye el de las cuatro etapas o niveles tróficos hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. (Lorenzo & Obaya, 200, pp. 35-48)

Dentro de la tabla 3-1 se muestra las diferentes etapas metabólicas durante el proceso de fermentación y los tipos de bacterias más comunes.

**Tabla 3-1:** Bacterias presentes en cada una de las etapas metabólicas de la fermentación.

<b>Bacterias aisladas en un reactor anaerobio</b>		
<b>Fase no metanogénica</b>		<b>Fase Metanogénica</b>
Anaeróbicos facultativos	Anaeróbicos estrictos	Anaeróbicos extremos
Lactobacillus	Bacteroides	Methanobacterium
Aerobacter	Clostridium	Methanococcus
Sarcina	Bifidobacterium	Methanospirillum
Actinomyces	Sphaerophorus	Methanobrevibacter
Vibrio	Fusobacterium	Methanomicrobium
Bacillus	Peptococcus	
Micrococcus	Deulfovibrio	
Pseudomonas		

**Fuente:** Lorenzo & Obaya, 2005. La digestión anaeróbica

En la naturaleza existen microorganismos (las bacterias) que se alimentan de residuos como los antes mencionados. Si estos se desarrollan en ausencia de aire (condición anaeróbica), al alimentarse con materia orgánica la transforman en gas y en un lodo rico en nutrientes que puede ser utilizado como abono. (Herrán, J, et al, 2008, pp. 57-67)

En base a lo indicado por (Malavolta, E, et al, 1992), las bacterias requieren de un ambiente propicio, primero para sobrevivir y luego para multiplicarse hasta alcanzar una población suficiente para que su acción sea apreciable. Dichas condiciones son:

- La ausencia de aire, para cumplir con el requisito de condición anaeróbica que permite la supervivencia de los microorganismos.
- Las características del medio (llamado también el sustrato) donde crecen y se multiplican las bacterias. Aquí es importante destacar las siguientes:
- La temperatura, que experimentalmente se ha determinado, debe ser mayor a los 20°C para lograr una buena producción.

El grado de acidez (conocido como pH). Si el ambiente es muy ácido, o lo contrario, puede causar la muerte de los microorganismos. Los beneficios de la digestión anaeróbica desde un triple punto de vista: El gas, que puede utilizarse para producir energía; el fertilizante que, por sus características, constituye un abono orgánico de calidad comparable a los tradicionalmente empleados en el campo, como la gallinaza o el estiércol de res, y el control de la contaminación que se origina por la descomposición espontánea e incontrolada de la materia orgánica. (Cano, M. et al, 2016, pp. 471-479)

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Localización y duración del experimento

El desarrollo de esta investigación se realizó dentro de la Facultad de Ciencias Pecuarias perteneciente a la ESPOCH, ubicada en la Av. Panamericana Sur km 1 <sup>1/2</sup> en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador, el análisis físico, fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal, los minerales se determinaron a través de absorción atómica por espectrofotometría y los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de los Alimentos en placas Petri film. La presente investigación ha sido establecida para ser ejecutada en un tiempo aproximado de duración de 90 días laborables.

#### 2.2. Unidades experimentales

En la investigación se utilizó 3 tratamientos con diferentes tipos de frutas (Naranja; *Citrus sinensis*, Mandarina; *Citrus reticulata* y Lima; *Citrus aurantiifolia*) y un testigo (alfalfa) para la obtención del biol, es por ello que, como unidades experimentales, se han establecido las muestras de los residuos a tratar en combinación de los materiales coadyuvantes para el tratamiento dentro del biodigestor (estiércol y melaza), se aplicó 4 repeticiones, y la unidad experimental fue de 0,5 kg, dándose un total de 8 Kg.

#### 2.3. Materiales, equipos e instalaciones

Para realizar la presente investigación fue necesaria la disponibilidad de los siguientes materiales, equipos e instalaciones.

##### 2.3.1. En la elaboración de biol

###### 2.3.1.1. Materiales

✓ Mandil

- ✓ Cofia
- ✓ Mascarilla
- ✓ Frascos de plástico
- ✓ Mangueras peseras
- ✓ Cable de luz
- ✓ Enchufe de luz
- ✓ Estilete
- ✓ Taípe
- ✓ Botellas plásticas
- ✓ Fundas
- ✓ Cuchillo
- ✓ Pistola y cartucho de silicona
- ✓ Destornilladores
- ✓ Boquillas
- ✓ Focos
- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Probeta
- ✓ Libreta de apuntes

#### 2.3.1.2. *Materias primas*

- ✓ Estiércol bovino
- ✓ Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

- ✓ Melaza
- ✓ Suero de leche
- ✓ Ceniza
- ✓ Frutas de descarte
- ✓ Azúcar
- ✓ Agua

#### 2.3.1.3. *Equipos*

- ✓ Balanza digital
- ✓ Biorreactor
- ✓ Taladro

#### 2.3.2. *Equipos de laboratorio y materiales*

##### 2.3.2.1. *Equipos y materiales para pruebas físico químicas*

- ✓ Estufa
- ✓ Mufla
- ✓ Reverbero
- ✓ Balanza analítica y digital
- ✓ Ph metro digital
- ✓ Equipo Kjeldhal
- ✓ Espectrofotómetro de absorción atómica
- ✓ Espectrofotometría UV

- ✓ Crisoles
- ✓ Desecador
- ✓ Espátula
- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Pipetas
- ✓ Papel filtro
- ✓ Probetas

#### *2.3.2.2.Reactivos*

- ✓ Ácido Sulfúrico concentrado
- ✓ Hidróxido de Sodio 0.1 N
- ✓ Zinc en lentejas
- ✓ Ácido Clorhídrico 0.1 N
- ✓ Ácido Bórico 2.5 %
- ✓ Agua destilada
- ✓ Oxido de lantano al 1%
- ✓ Estándares para la curva de calibración
- ✓ Vanado-molíbdeno
- ✓ Fenolftaleína

#### *2.3.2.3. Equipos y materiales para pruebas microbiológicas*

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Tubos de ensayo



- ✓ Autoclave
- ✓ Estufa
- ✓ Vortex
- ✓ Placas Petrifilm
- ✓ Cuenta colonias
- ✓ Agua destilada
- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Pipetas graduadas

#### 2.3.2.4. *Materiales para pruebas en parcela de ciclo corto*

- ✓ Azadones
- ✓ Rastrillo
- ✓ Semillas de rábano
- ✓ Bomba de mochila
- ✓ Abono

#### 2.3.2.5. *Materiales de oficina*

- ✓ Laptop
- ✓ Cuaderno
- ✓ Esferos

#### 2.3.3. *Instalaciones*

Laboratorio de Microbiología y Bromatología y la Unidad Académica de Especies Menores de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## 2.4. Tratamiento y diseño experimental

En la investigación se utilizó 3 tipos de frutas (Naranja; *Citrus sinensis*, Mandarina; *Citrus reticulata* y Lima; *Citrus aurantiifolia*) frente a un testigo (alfalfa) con 4 repeticiones por tratamiento y se aplicará un Diseño Completamente al Azar (DCA). El modelo lineal aditivo que se empleó es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

**Dónde:**

$Y_{ij}$  = Valor del parámetro en determinación.

$\mu$  = Efecto de la media por observación.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

### 2.4.1. Esquema del Experimento

En la Tabla 1-2 se describe el esquema del experimento que se utilizó en la presente investigación.

**Tabla 1-2:** Esquema del Experimento

Tratamiento	Código	Repeticiones	T.U.E*(kg)	Total, Kg/Trat.
Testigo	T0	4	0.5	2
Naranja	T1	4	0.5	2
Mandarina	T2	4	0.5	2
Lima	T3	4	0.5	2
				8

\*T.U. E: Tamaño de la Unidad Experimental.

**Realizado por:** Aulla Franklin, 2019

## **2.5. Mediciones experimentales**

Las mediciones experimentales de esta investigación serán ejecutadas en base a la caracterización fisicoquímica y microbiológica del biol. Las pruebas seleccionadas están en función a los requerimientos de las plantas.

### **2.5.1. Análisis Fisicoquímico**

- ✓ Ph
- ✓ Acidez titulable
- ✓ Nitrógeno total
- ✓ Fosforo total
- ✓ Potasio total
- ✓ Calcio total
- ✓ Magnesio total
- ✓ Zinc total
- ✓ Cobre total

### **2.5.2. Análisis Microbiológico**

- ✓ Recuento de *E. Coli*
- ✓ Recuento de *Salmonella*
- ✓ Recuento de *Coliformes Totales*
- ✓ Recuento de *Staphylococcus Aureus*
- ✓ Recuento de *Mohos y Levaduras*

### **2.5.3. Análisis en una parcela de ciclo corto**

- ✓ Altura de la planta
- ✓ Tamaño de los rábanos (*Raphanus sativus*)

#### 2.5.4. Análisis económico

- ✓ Beneficio/ costo (B/C)

### 2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante la prueba estadística para los siguientes análisis.

Análisis de varianza (ADEVA)  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,01$

Prueba de Tukey  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,01$

Como se puede observar en la Tabla 2-2 donde se muestra el esquema del ADEVA

**Tabla 2-2:** Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	15
Tratamientos	3
Error experimental	12

Realizado por: Aulla Franklin, 2019

### 2.7. Procedimiento experimental

#### 2.7.1. Elaboración del biol

Para la elaboración del biol se siguió la siguiente. Formula básica como se puede observar (Tabla 3-2).

**Tabla 3-2:** Formula básica de la elaboración del biol

<b>4 litros de Biol</b>	
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Estiércol Bovino	1 kg
Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	10 g
Melaza	0.06 litros
Suero de Leche	0.1 litros
Ceniza	0.046 kg
Frutas de Descarte	0.5 kg
Azúcar	0.1 kg
Agua	2 litros

**Realizado por:** Aulla Franklin, 2019

#### *2.7.1.1. Recolección de las frutas*

La fruta para esta investigación fue obtenida en el mercado Mayorista del Cantón Riobamba-Provincia de Chimborazo. Picar las frutas lo más fino posible.

#### *2.7.1.2. Recolección de estiércol bovino*

El estiércol fue recolectado de la estación Experimental Tunshi perteneciente a la ESPOCH, tomando en cuenta que el estiércol sea lo más fresco posible para lo cual se utilizó fundas plásticas y con la ayuda de una pala se procedió a recolectar evitando la mezcla entre estiércol y tierra.

#### *2.7.1.3. Instalación de los biodigestores*

En el centro de la tapa de los frascos se hizo un agujero y se instaló el conector plástico de manguera con un espacio de 7cm de la tapa, asegurándola con silicona para que no escape el biogás ni penetre oxígeno, los biodigestores fueron ubicados en un lugar cubierto, seguro y ventilado.

#### *2.7.1.4. Medición de los materiales*

Los materiales utilizados fueron en cantidades y proporciones mencionados en el Tabla 6-2.

#### 2.7.1.5. *Adición de los materiales en el biodigestor*

Una vez pesado todos los materiales se incorporó en el biodigestor, luego con la ayuda de una paleta remover hasta obtener una mezcla homogénea.

#### 2.7.1.6. *Sellado*

Incorporado los materiales en el interior del biodigestor sellar herméticamente la tapa enroscando con silicona, conducir el otro extremo de la manguera hacia una botella con agua (trampa) que se colocó a un lado con el propósito de que escape el biogás evitando la entrada de aire al interior del biodigestor a fin de mantener todo el tiempo las condiciones anaeróbicas de la mezcla.

#### 2.7.1.7. *Aclimatado de los biodigestores*

Para una buena, rápida fermentación las condiciones de temperatura es de 35°C para ello con la ayuda de un cable y cuatro boquillas con sus respectivas bombillas fueron instaladas y colocadas encima de los biodigestores para brindar esas condiciones de temperatura.

#### 2.7.1.8. *Fermentación*

Para la descomposición anaeróbica de la materia orgánica se utilizó la levadura de vino del género *Saccharomyces cerevisiae*, a una temperatura inicial de 20°C que paulatinamente fue incrementando hasta alcanzar una temperatura de 30 °C, con un pH inicial de 5,9. La fermentación del biol bajo las condiciones requeridas duro 20 días en un lugar oscuro y tapadas con plástico negro.

#### 2.7.1.9. *Cosecha del biol*

El biol obtenido fue filtrado con un tamizador y colocados en botellas de plástico debidamente identificados.

#### 2.7.1.10. *Almacenamiento*

Las botellas con el biol fueron almacenadas en un lugar fresco, seco y oscuro.

### 2.7.2. *Análisis fisicoquímico*

- Determinación de pH según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 973, 1983-03)

#### Principio

Consiste en determinar el cambio eléctrico en una muestra, utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por el cambio de pH.

#### Procedimiento

1. Efectuar la determinación por duplicado sobre la muestra.
2. Lavar los electrodos con agua destilada y calibrar el aparato a la temperatura de la muestra, utilizando una solución de referencia cuyo pH sea similar al esperado para la muestra.
3. Colocar la muestra en el vaso de precipitación
4. Introducir los electrodos y lectura directa.

- Determinación de Acidez Titulable según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2152, 2013)

#### Principio

Titulación con una solución volumétrica patrón de hidróxido de sodio en presencia de fenolftaleína como indicador.

#### Procedimiento

1. La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
2. Pipetear 25 cm<sup>3</sup> de la muestra en un vaso de precipitación de 100cm<sup>3</sup>

3. Añadir 5 gotas de solución indicadora de fenolftaleína.
4. Titular. Con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio al primer color rosado perceptible originalmente obtenido.
5. Calcular.

## CÁLCULOS

(2)

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{(V * N * 0.064)}{(VM)} * 100$$

### **Donde:**

%Acidez: Contenido de ácido láctico total en porcentaje de masa

V= Volumen de hidróxido de sodio utilizado al titular

N= Normalidad de hidróxido de sodio (0.1N)

VM= Volumen de la muestra en cm<sup>3</sup>

0.064= Miliequivalente de ácido cítrico

- Determinación de Nitrógeno Total (AOAC 2049)

### Principio

Sometiendo a un calentamiento y digestión una muestra problema con ácido sulfúrico concentrado, los hidratos de carbono y las grasas se destruyen hasta formar CO<sub>2</sub> y agua, la proteína se descompone con la formación de amoníaco, el cual interviene en la reacción con el ácido sulfúrico y forma el sulfato de amonio este sulfato en medio ácido es resistente y su destrucción con desprendimiento de amoníaco sucede solamente en medio básico: luego de la formación de amoníaco, este amoníaco es retenido en una solución de ácido bórico al 2,5 % y titulado con HCl al 0,1 N.



## Procedimiento

1. Se pesa 10 mL de muestra más 9 g de sulfato de sodio y 1 g de sulfato cúprico.
2. Todo este contenido se coloca en cada balón el cual se añade 25 mL  $H_2SO_4$  de ácido sulfúrico concentrado.
3. Cada balón con todo este contenido fue sometido en las hornillas del Macro Kjeldahl para su digestión, a una temperatura graduada en 2.9 por un tiempo de 40 minutos a partir del momento que se clarifica la digestión.
4. Trascurrido este tiempo son enfriados hasta que se cristalice el contenido de los balones.
5. Una vez terminada la fase de digestión se procede a preparar la etapa de destilación para lo cual colocamos en los matraces Erlenmeyer 50 mL de ácido bórico al 2,5% y los colocamos en cada una de las terminales del equipo de destilación.
6. En cada balón con la muestra cristalizada se colca 250 mL de agua destilada más 80 mL de hidróxido de sodio al 50% añadiendo también 3 lentejas de zinc, con todo esto contenido son llevados a las hornillas para dar comienzo a la fase de destilación.
7. El amoniaco como producto de la destilación es receptado hasta un volumen de 200 mL en cada matraz.
8. Se retira los matraces con su contenido, mientras que el residuo que se encuentra en el balón es desechado y se recupera las lentejas de zinc.
9. Para la fase de titulación se arma el soporte universal con la bureta. En cada matraz se coloca 3 gotas del indicador con HCl al 0,1 N.
10. Se deja caer gota a gota de ácido clorhídrico hasta obtener un color rosa pálida que es el punto final de la titulación.

11. El número de mL de HCl al 0,1 N gastado se registra para el cálculo respectivo. En la ecuación se puede observar la fórmula para calcular el porcentaje de nitrógeno.

## CÁLCULOS

(3)

$$\%N = \frac{NHCl * VHCl * 0.014}{WM} * 100$$

### *Dónde:*

%N= Nitrógeno total

N HCl= Normalidad del ácido clorhídrico.

V HCl= Volumen del ácido clorhídrico utilizado al titular

WM= Volumen de la muestra

0.014= Peso del nitrógeno

- Determinación de Fosforo total según la Norma Técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 227, 1990)

### Principio

El método propuesto para determinar fosfatos se basa en la formación de un hetero poliácido con el reactivo vanado-molíbico (de color amarillo y soluble en agua) cuya absorción de luz se mide a 420 nm

### Procedimiento

#### *Preparación de reactivos*

1. Reactivo vanado-molíbico (única para todos): En unos 400 ml de agua destilada, disolver 20g de heptamolibdato amónico,  $MO_7O_{24}(NH_4)_6 \cdot 4H_2O$ . Preparar una segunda disolución de

0.5 g de metavanadato amónico,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ , en 300 ml de agua y añadir 100 ml de ácido nítrico concentrado (con guantes y gafas de protección, en la campana extractora).

2. Mezclar ambas disoluciones en un matraz aforado de un litro y enrasar con agua destilada.
3. Disolución patrón de ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (1 g/l) (única para todos): Preparar 100 ml de disolución patrón en matraz aforado disolviendo la cantidad adecuada (cálúlela) de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  en agua destilada.
4. Disolución de trabajo de ortofosfato (0.1 g/l): Cada pareja prepara una disolución de trabajo pipeteando 10 ml de disolución patrón y enrasando a 100 ml con agua destilada en matraz aforado.

#### *Calibrado externo*

1. En matraces aforados de 25 ml se pipetea alícuotas de la disolución de trabajo de forma que la concentración final de fosfato sea de 1, 2, 3, 4 mg/l. Se agregan 10 ml de la disolución vanado-molibdato amónico a cada una de ellas y se enrasa con agua destilada. Agitar cada matraz para homogeneizar la disolución y dejar en reposo 10 minutos para que tenga lugar el desarrollo del color.
2. Preparar además un blanco (disolución con 10 ml de vanado-molibdato, sin fosfato).

#### *Preparación de las muestras problema*

1. Pipetear 5 ml de la disolución problema y pasarlos a un matraz aforado de 25 ml.
2. Añadir 10 ml de la disolución vanado-molibdato y enrasar con agua destilada.
3. Repetir este procedimiento otras 2 veces más para tener 3 muestras problema. Dejar reposar 10 minutos.

#### *Medidas de absorbancia*

1. Ajustar el espectrofotómetro para medidas de absorbancia a 400 nm

2. Introducir el blanco en el aparato y ponerlo a cero.
3. Medir finalmente la absorbancia a 420 nm de los patrones y de las muestras.
4. Construir la recta de calibrado y determinar la concentración de cada muestra problema.
5. La concentración de fosforo en la muestra problema original será el resultado de promediar los resultados de las medidas y aplicar el factor de dilución.

## CÁLCULOS

$$\text{mg/L P} = \text{Pendiente} \times \text{Absorbancia} \quad (4)$$

### ***Dónde:***

mg/L P = Concentración de fosfatos calculada y registrada por el espectrofotómetro UV-VIS

Pendiente = Obtenida a partir de la curva de calibración.

Absorbancia = Lectura realizada por el espectrofotómetro.

- Determinación de Potasio, Calcio, Magnesio, Zinc y Cobre Totales según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN- ISO 6869, 2014)

### Principio

Disolver una porción para análisis en ácido clorhídrico, si fuese necesario después de incineración en un horno de mufla a  $(550 \pm 15)$  °C. Cualquier compuesto de sílice presente se elimina por precipitación y filtración. El precipitado se disuelve en ácido clorhídrico y se diluye hasta el volumen deseado, para después ser aspirado en la llama de aire-acetileno del espectrómetro de absorción atómica.

La absorbancia de cada elemento se mide por comparación con la absorbancia de las soluciones de calibración del mismo elemento.

## Procedimiento

### *Preparación de la solución de óxido de lantano al 1 %.*

1. Pesar 23.456 g de óxido de lantano en la balanza analítica sobre una cápsula de porcelana.
2. Trasvasar cuantitativamente el óxido de lantano a un balón de 21.
3. Añadir aproximadamente 100 ml de agua tipo I.
4. Añadir lentamente 100 ml de ácido clorhídrico concentrado, enfriando la solución con un baño de agua fría. Este procedimiento realizarlo en Sorbona.
5. Agitar la mezcla hasta que el óxido de lantano esté totalmente disuelto.
6. Aforar con agua tipo I y homogenizar la solución y almacenar la solución en un frasco de vidrio perfectamente limpio y bien etiquetado.

### *Elaboración de estándares para las curvas de calibración Según la Norma Venezolana (COVENIN 2769-91)*

#### - **Elaboración de los estándares para K**

1. Preparar 200 ml de una solución madre de 200 ppm de K de la siguiente manera:
2. Tornar 40 ml de estándar de K de 1000 ppm con pipeta volumétrica y aforar a 200 ml con agua tipo

#### - **Elaboración de los estándares para Ca**

1. Preparar 200 ml de una solución madre de 100 ppm de Ca de la siguiente manera:
2. Tomar 20 ml de estándar de Ca de 1000 ppm con pipeta volumétrica y aforar a 200 ml con agua tipo I.

#### - **Elaboración de los estándares para Mg**

1. Preparar 200 ml de solución madre de 10 ppm de Mg de la siguiente manera:

2. Tomar 2 ml de estándar de Mg de 1000 ppm con pipeta volumétrica y aforar a 200 ml con agua tipo 1.

- **Elaboración de los estándares para Zn**

1. Preparar 100 ml de solución madre de 10 ppm de Zn de la siguiente manera:
2. Tomar 1 ml de estándar de Zn de 1000 ppm con pipeta volumétrica y aforar a 100 ml con agua tipo 1.

- **Elaboración de los estándares para Cu**

1. Preparar 100 ml de una solución madre de 5 ppm de Cu de la siguiente manera:
2. Tomar 0.5 ml de estándar de Cu de 1000 ppm con pipeta volumétrica y aforar a 100 ml con agua tipo 1.
3. Colocar 8 ml de HCl 1:1 y 20 mL de óxido de lantano al 1 %, aforar los balones a 200 ml con agua tipo 1 y homogenizar las soluciones.
4. Almacenar las soluciones estándar en frascos plásticos perfectamente limpios y bien etiquetados.

*Análisis de los analitos en el espectrofotómetro de absorción atómica*

1. Para Ca y K realizar una dilución 1/20, colocar 5ml de la solución madre preparada, 4 ml de HCl 1:1 y 10 ml de óxido de lantano en un balón de 100 ml y aforar con agua tipo 1.
2. Para Mg realizar una dilución 1/100, colocar 1 ml de la solución madre preparada, 4 ml de HCl 1:1 y 10 ml de óxido de lantano en un balón de 100 ml y aforar con agua tipo 1.
3. Para Zn y Cu realizar una dilución 1/50, colocar 3ml de la solución madre preparada, 4 ml de HCl 1:1 y 10 ml de óxido de lantano en un balón de 100 ml y aforar con agua tipo 1.
4. Mezclar bien en el vortex y colocar las lámparas y cargar en el software del espectrofotómetro de absorción atómica el método del elemento a determinar.
5. Encender el quemador y encerrar el equipo con el blanco.

6. Realizar la curva de calibración en el equipo, ingresando como cero el blanco.
7. Leer las absorbancias de las muestras directamente de la solución madre y determinar la concentración del analito en ppm.

### 2.7.3. *Análisis microbiológicos*

- Determinación de *E. Coli* y Coliformes totales Según la AOAC (2012) Official Method 991.14
- Determinación de *Salmonella* de acuerdo a la AOAC (2012) Official Method 989.14
- Determinación de *Staphylococcus aureus*, Según ISO 6888-1:1999/ Amd. 1:2003
- Determinación de Mohos y Levaduras se realizó mediante la Norma técnica Ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Normalización 1529-10, 2013)

#### Procedimiento

1. Esterilizar los materiales en la autoclave por 15 minutos a 120° C (tubos de ensayo, pipetas) dentro de una bolsa de tela.
2. Encender los mecheros para la eliminación de posibles contaminantes en el aire.
3. Colocar 48 tubos de ensayo con 9 mL de agua destilada en una gradilla, separadas e identificadas por tratamiento y repeticiones.
4. Colocar en los primeros 16 tubos de ensayo 1 g de muestra, agitar por 30 segundos, esta dilución pertenece a la solución 10-1.
5. De la solución anterior tomar 1 ml y colar en la siguiente 16 tubos y agitar, correspondiendo a la solución 10-2, realizar el mismo proceso para la solución 10-3
6. De la solución 10-3 sembrar en las placas Petri film 3M. (Guías Petri film 3M)

7. Rotular las placas Petri film 3M y colocar 1ml de solución en el centro de la película inferior con ayuda de una pipeta, en posición inclinada
8. Correr la película superior hacia abajo, evitando la formación de burbujas de aire y presionar con el aplicador el círculo del cultivo.
9. Al finalizar la siembra en las placas, poner en la estufa a una temperatura de 32 - 35 ° C durante 48 horas.
10. Transcurrido las 48 horas, tiempo de incubación sacar de la estufa y proceder al conteo de colonias.
11. Calcular y reportar los resultados en UFC/ml.

## CÁLCULOS

(5)

$$Ufc/ml = \frac{\text{Numero total de colonias contadas}}{\text{Cantidad total de muestra sembrada * dilucion}}$$

### 2.7.4. *Análisis en parcelas de ciclo corto Según* (Mamani,T, 2014, pp. 38)

#### 2.7.4.1. *Labores Pre-culturales*

##### - *Preparación del suelo*

1. Se realizo una labor de remoción del terreno con la ayuda de un azadón, nivelar el terreno con un rastrillo manualmente; luego se procedió a realizar los surcos manualmente para finalmente abonar, el área del terreno fue de 5x8 dando un total de 40 m<sup>2</sup>.

##### - *Trazado de surcos y parcelas*

2. Se realizo de forma manual con una distancia de 15 cm entre surcos, camellón de 30 cm, efectuando las divisiones de las parcelas con un letrero por tratamientos.



#### 2.7.4.2. *Labores Culturales*

- *Siembra*

3. Se utilizo semillas de rábano y se la ubico en la base del surco de forma manual a una distancia de 5cm entre semillas, posterior a un riego.

- *Fertilización Foliar*

4. Se aplico el producto orgánico en una dosis de 1 litro de biol en 20 litros de agua una vez que brote la planta, fueron 2 aplicaciones la primera a los 6 días después del plantío y la segunda a los 22 días.

- *Control de Maleza*

5. De forma manual se realizó una limpieza de las malas hierbas a los 18 días, por interferir en el crecimiento de las plantas por luminosidad, agua y nutrientes.

- *Riego*

6. Se doto de agua de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo, el primer riego se realizó al momento de la siembra y después cada 3-4 días mientras más riego se realice mayor desarrollo de la planta, con una humedad relativamente alta.

- *Cosecha*

7. Se realizo manualmente utilizando sacos y se clasifico por tamaños, la cosecha se realizó a los 31 días de toda la parcela.

- *Toma de datos*

Para la toma de datos se tomó en consideración las siguientes variables.

- Altura de la planta a los 16 días
- Tamaño del rábano durante la cosecha

### **2.7.5. Análisis beneficio costos**

La relación Costo/Beneficio sirve para comparar el valor actual de los ingresos de un proyecto con los costos que se generan por el mismo, es decir el beneficio de un proyecto está dado por los ingresos, a mayor cantidad de ingresos que se obtenga; se tendrá mayor beneficio (Lawrence, G,2007, pp.1). La fórmula para su cálculo es la siguiente:

(6)

$$B/C = \frac{\text{Ingresos totales}}{\text{Egresos totales}}$$

## CAPITULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADO

#### 3.1 Análisis Físicoquímico

En la tabla 1-3 se muestra los datos obtenidos sobre los análisis realizadas a nivel de laboratorio.

**Tabla 1-3:** Análisis Físicoquímico del biol producido.

Parámetros	Tratamientos				EE.	Prob.
	Testigo	Naranja	Mandarina	Lima		
Ph	5, 13a	5,04a	5,03a	5, 21a	0,07	0,2208
Acidez (%)	1, 33a	1, 34a	1, 44a	1, 52a	0,07	0,2934
Nitrógeno (mg/L)	47, 87a	93,97b	75,80b	76,24b	4,53	0,0001
Fosforo (mg/L)	7, 82a	10,29b	15, 77a	17,16b	1,21	0,0004
Potasio (mg/L)	14,47b	15,17bc	16,07c	10, 19a	0,33	0,0001
Calcio (mg/L)	7,30b	8,62b	2, 84a	2, 57a	0,35	0,0001
Magnesio (mg/L)	6,92b	8,32b	1, 66a	2, 27a	0,37	0,0001
Zinc (mg/L)	0,87c	0,49b	0,01a	0,07a	0,01	0,0001
Cobre(mg/L)	0,013a	0,0037a	0,04b	0,08c	0,021	0,0001

**Realizado por:** Aulla Franklin. 2020

Fuente: INFOSTAT, 2020

EE: Error estándar

Prob. >0,05: No existen diferencias significativas

Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Prob. <0,01: existen diferencias altamente significativas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey.

#### 3.1.1. Ph

En la tabla 7-3 se muestra los valores de pH de los 4 tratamientos en los cuales no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con un valor medio de 5,10, en concordancia según lo que

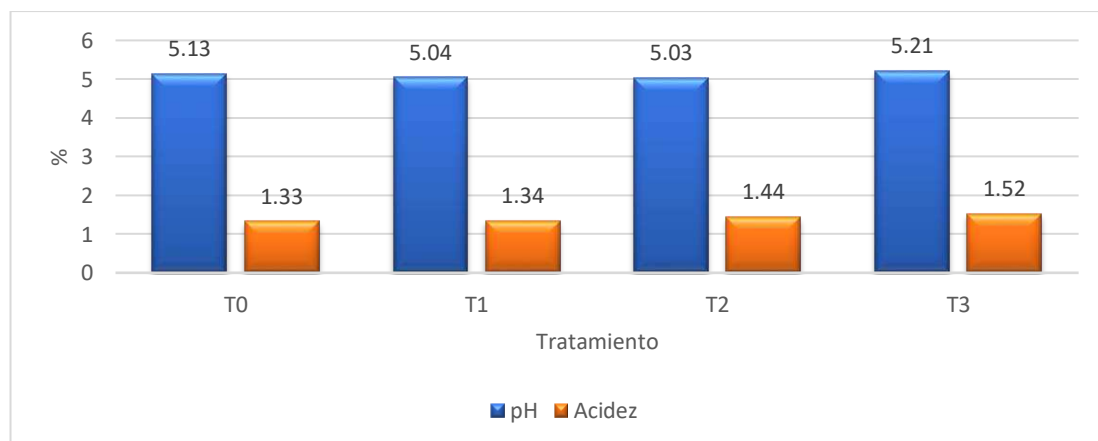
indica (Garcés, L, et al, 2017), en un biol con excretas bovina obtuvo un pH de 4,0 además precisa para que el proceso de fermentación del biol se desarrolle satisfactoriamente, el pH no debe bajar de 4 ni subir de 8. Según lo citado por (Checa, M, 2015, pp. 40), en su investigación en un biol de fruta obtuvo un pH neutro (7,0) debido al desarrollo de la digestión anaerobia, llegando a normalizarse en un pH neutro.

La variación del pH dependerá del tipo de sustrato y el estiércol utilizado en la elaboración del biol, (Garcés, L, et al, 2017), esto demuestra que los diferentes tratamientos están dentro de los parámetros establecidos.

### 3.1.2. Acidez titulable

La acidez de los diferentes tratamientos con frutas de descarte no presenta diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con un valor medio de (1,40), lo que muestra que los diferentes tratamientos con frutas no influyeron en este parámetro de estudio. Según (Peralta, L, et al, 2016), manifiesta, el metano, genera los cambios de pH hacia la acidez originando condiciones de antagonismo que no permiten el desarrollo de las bacterias putrefactivas y patógenas.

En el Grafico 1-3 se muestra la relación inversa que existe entre el pH y la acidez titulable, en una fermentación microbiana espontánea en condiciones anaerobias, las bacterias descomponen la materia orgánica y fermentan los carbohidratos hidrosolubles, produciendo metano, dióxido de carbono con pequeñas proporciones de otros elementos, al generarse dichos elementos el pH del material fermentado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. (Lorenzo & Obaya, 2005, pp. 35-48)



**Gráfico 1-3:** Relación de pH y acidez titulable en los tratamientos de estudio.

### **3.1.3. Nitrógeno total**

Los resultados obtenidos de nitrógeno se muestran en la Tabla 7-3 presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) mostrando valores desde (93,97 mg/L) en el tratamiento T1(Naranja) hasta (47,87mg/L) en el tratamiento T0 (Testigo). Esto concuerda con lo que manifiesta (Espinal, G, 2009, pp. 40) en su investigación obtuvo un valor de 48 mg/L, mientras que (Basantes, E, 2009, pp. 46) obtuvo un valor de 310 mg/L. Esto dependería de la calidad de estiércol en cuanto a la especie y a la alimentación del animal.

La producción de nitrógeno se debe a la degradación de proteínas durante el proceso anaeróbico (Cano, M. et al, 2016), además un porcentaje mayor al 0,2% de nitrógeno, está en niveles altos, donde el suelo y el cultivo pueden verse favorecidos tanto en su estructura como en el rendimiento (Espinal, G, 2009, pp. 40)

### **3.1.4. Fosforo total**

En el contenido de fosforo en los diferentes tratamientos presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), mostrando un valor máximo de (17,16 mg/L) en el tratamiento T3 (Lima) y un valor mínimo de (7,82 mg/L) en el tratamiento T0 (Testigo). Según lo reportado por (Mamani, T, 2014, pp. 56) obtuvo un valor de 60mg/L en su biol y por otro lado (Espinal, G, 2009, pp. 40) en su investigación presenta un valor de 20 mg/L. Demostrándose que los valores reportados en esta investigación están en un nivel ligeramente bajo, debido al efecto de la concentración causada por la biodegradación. (Garcé, L, et al, 2017)

### **3.1.5. Potasio total**

Los resultados obtenidos presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) observando valores que varían entre (16,07 mg/L) en el T2 (Mandarina) y (10,19 mg/L) en el T3 (Lima). Según lo citado por (Cano, M. et al, 2016), un valor de 50 mg/L en comparación con lo citado por (Pérez, M, et al, 2017 pp. 5-12) que obtuvo un valor de 245 mg/L, los valores de esta investigación no concuerda por presentar deficiencia de este elemento. Esta deficiencia se ve afectado por los tiempos de fermentación y se ven influenciados por la concentración de la melaza y del contenido ruminal. (Garcés, L, et al, 2017). Además, el potasio puede provenir en mayor proporción de la orina, más que del estiércol (Cano, M. et al, 2016)

### **3.1.6. Calcio total**

Los resultados obtenidos del calcio como se muestra en la Tabla 5-3 presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) mostrando valores desde (8,62 mg/L) en el tratamiento T1 (Naranja) hasta (2,57 mg/L) en el en el tratamiento T3 (Lima). Según (Basantes, E, 2009, pp. 50) en su investigación obtuvo 600 mg/L, no concuerda para esta investigación, esta deficiencia puede deberse a la dieta y a la digestión no por el proceso, así también de la proporción de agua y excremento en la alimentación de las biobolsas (Cano, M. et al, 2016) y de la cual dependen las solubilidades del macro y micro elementos, que a la vez están relacionadas directamente con el pH.

### **3.1.7. Magnesio total**

A lo que concierne valores de magnesio, presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) obteniendo un valor máximo de (8,32 mg/L) para el tratamiento T1 (Naranja) con un valor mínimo de (1,66 mg/L) para el T2 (Mandarina). De acuerdo citado por (Basantes, E, 2009, pp. 51) obtuvo un valor de 240 mg/L, lo que define que esta fuera de los rangos establecido mostrando deficiencia de este elemento, (Cano, M. et al, 2016) por un pH ácido del producto final.

### **3.1.8. Zinc total**

Los valores obtenidos del zinc, presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) con valores de (0,87 mg/L) para el T0 (Testigo) y (0,01 mg/L) en el T2 (Mandarina). Según (Taypicaña, D, 2015, pp. 59) obtuvo 3,60 mg/L, mientras que (Peralta, L, et al, 2016), en un biol artesanal obtuvo 0,05 mg/L Se. Demostrando que está dentro de los rangos establecidos ya que dependerá de la calidad del sustrato utilizado.

### **3.1.9. Cobre total**

Los resultados de Zinc, presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) con un valor máximo (0,08 mg/L) para el T3 (Lima) y un valor mínimo (0,0037 mg/L) en el T1 (Naranja). En su investigación (Taypicaña, D, 2015, pp. 60), obtuvo un valor de 0,79 mg/L, por otro en la misma investigación de (Peralta, L, et al, 2016), obtuvo un valor de 0,0017 mg/L, este elemento está dentro de los rangos establecidos.

## 3.2 Análisis Microbiológico

### 3.2.1. Recuento de *E. Coli*, *Salmonella*, *Coliformes Totales*

Los resultados para estos tipos de bacterias, verifican la ausencia de dichos microorganismos patógenos, (Peralta, L, et al, 2016), el metano producido y la reducción del pH resultan ser considerados como principal mecanismo de antagonismo microbiano de las bacterias.

### 3.2.2. Recuento de *Stapylococcus Aureus*

En la tabla 2-3 se muestra los valores de *Stapylococcus Aureus* de los diferentes tratamientos, en los cuales presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) con valores máximos de ( $2,8 \times 10^4$  Ufc/ml) en el T0 (Testigo) y con valores mínimos de ( $9,8 \times 10^3$  Ufc/ml) para el T3 (Lima). Según (Peralta, L, et al, 2016), reporta un valor de  $34 \times 10^6$  Ufc/ml en un análisis realizado en las excretas frescas de bovino lechero. Esto demuestra que hubo una disminución de la carga microbiana durante el proceso de fermentación, esta disminución se ve afectado por el bajo pH y el alto contenido en azúcar quienes determinan que solo unas pocas bacterias y especies de levaduras pueden crecer. (Guillamón, J, 2012)

**Tabla 2-3:** Análisis microbiológico de los bioles producidos.

Microorganismos	Tratamientos				EE.	Prob
	Alfalfa	Naranja	Mandarina	Lima		
Staphylococcus aureus (Ufc/ml)	$2,8 \times 10^4$ <sup>b</sup>	$1,2 \times 10^4$ <sup>a</sup>	$1,3 \times 10^4$ <sup>a</sup>	$9,8 \times 10^3$ <sup>a</sup>	$1,3 \times 10^3$	<0,0001
Mohos y levaduras (Ufc/ml)	$3,6 \times 10^4$ <sup>a</sup>	$1,2 \times 10^5$ <sup>b</sup>	$3,8 \times 10^4$ <sup>a</sup>	$1,6 \times 10^5$ <sup>c</sup>	$7,4 \times 10^3$	<0,0001

**Realizado por:** Aulla Franklin, 2020

Fuente: INFOSTAT, 2020

EE: Error estándar

Prob. >0,05: No existen diferencias significativas

Prob. < 0,05: existen diferencias significativas.

Prob. <0,01: existen diferencias altamente significativas

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey.

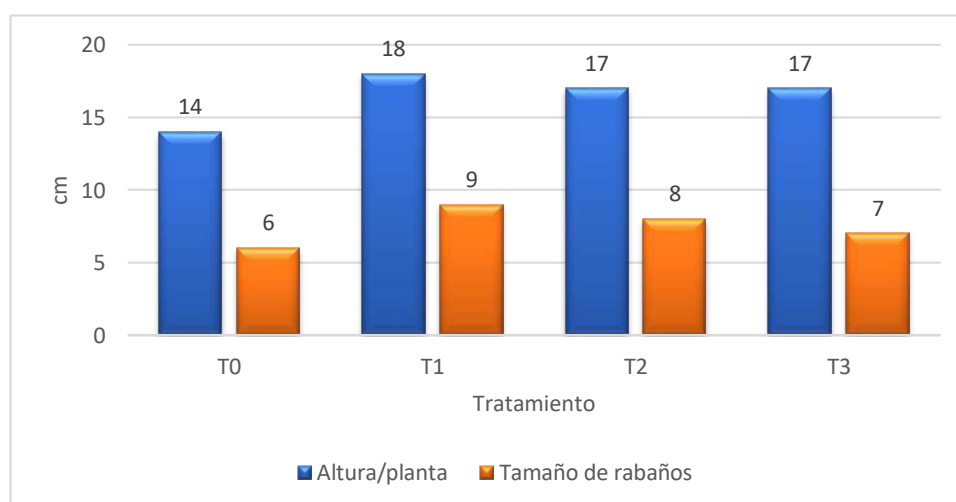
### 3.2.3. Recuento de Mohos y Levaduras

La carga microbiana de mohos y levaduras presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para todos los tratamientos con ( $1,6 \times 10^5$  Ufc/ml) con un valor máximo para el tratamiento T3 (Lima) y con un valor mínimo de ( $3,6 \times 10^4$  Ufc/ml) para el tratamiento T0 (Testigo). Según (Vasquez, D., 2008, pp. 54) en su investigación en un biol bovino obtuvo una carga microbiana de  $5,3 \times 10^3$  Ufc/ml, señalando que existe una elevada carga bacteriana debido a la adición del inoculo microbiano, cuya función es promover un proceso de biodegradación de la materia orgánica para ser utilizada como fertilizante o abono orgánico en un corto tiempo.

## 3.3 Análisis del biol en una parcela de ciclo corto

### 3.3.1. Altura de la planta y Tamaño de los rábanos (*Raphanus sativus*)

Como indica el Grafico 2-3, se observa que el tratamiento con mayor altitud de la planta es el T1 (Naranja) con un valor de (18 cm) y (17 cm) tamaño del rábano mientras que el tratamiento T0 (Testigo) presentan valores de (14 cm) altura de la planta y (12 cm) el tamaño del rábano. Según (Mamani, T., 2014, pp. 60) en su investigación obtuvo 18,3 cm en la altitud de la planta de rábano y 16,29 cm de longitud de la raíz del rábano, determinándose dentro de los rangos establecidos. Cabe recalcar que las mediciones de la altura de la planta se realizaron a los 16 días del sembrío, mientras que el tamaño del rábano después de la cosecha del producto.



**Gráfico 2-3:** Análisis de altura de la planta y tamaño de los rábanos

**Realizado por:** Aulla Franklin, 2020



### 3.4 Análisis Económico

#### 3.4.1. Beneficio/ costo

En la Tabla 3-3 se muestra el beneficio/costo se estableció para los 4 tratamientos, son rentables ya que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad del 0,65 centavo registrando un B/C de 1,56 USD, por lo que se puede decir en la elaboración del biol con diferentes tratamientos, por ende, es beneficioso para el agricultor.

**Tabla 3-3:** Evaluación del beneficio/ costo de la elaboración de 1 galón de biol

Detalle	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total
<b>Materia Prima</b>				
Estiércol Bovino	1	Kg	0,2	0,2
Levadura (S. cerevisiae)	1	sobre	5	0,5
Melaza	0,06	L	1	0,06
Suero de Leche	0,1	L	0,25	0,03
Ceniza	0,046	Kg	0,25	0,01
Frutas de Descarte	0,5	Kg	0	0
Azúcar	0,1	Kg	1,1	0,11
Agua	2	L	0,25	0,5
<b>Materiales</b>				
Frascos Plásticos	1	Unidad	3	3
Manguera	0,5	m	1	0,5
Plástico negro	0,5	m <sup>2</sup>	1	0,5
Embudo	1	Unidad	0,5	0,5
Boquillas	1	Unidad	0,5	0,5
Focos	1	Unidad	1	1
Cable	2	m	0,2	0,4
Tamizador	1	Unidad	0,5	0,5
Silicona	1	Unidad	3,5	0,25
<b>TOTAL</b>				<b>8,56</b>
Mano de obra 10%				0,86
Imprevistos 10%				0,86
<b>SUBTOTAL</b>				<b>10,27</b>
Costo de producción (Galón)				10,27
Ingreso de ventas por (Galón) de biol				16,00
<b>Beneficio/costo en dólares</b>				<b>1,56</b>

Realizado por: Aulla Franklin, 2020

## CONCLUSIONES

Se demostró que el tipo de residuo orgánico, influye significativamente en la calidad nutricional del biol, para obtener un mayor contenido de macronutrientes, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, micronutrientes, Calcio, Magnesio, Zinc y Cobre el tipo de materia prima a utilizar debe ser neutralizado el pH por ser frutas muy acidas para obtener un producto final con elevada calidad nutricional.

Al realizar el análisis fisicoquímico del biol no presentamos diferencias significativas en cuanto al Ph (5,10) y acides titulable (1,40%), mientras que en el macro y micronutrientes presentaron diferencias altamente significativas, con mayor contenido de nitrógeno 93,97 mg/L, Calcio 8,62, mg/L, Magnesio 8,32 mg/L en el biol de Naranja, Fosforo 17,16 mg/L, Cobre 0,08 mg/L en el biol de Lima, Potasio 16,07 mg/L en el biol de Mandarina y con un alto contenido de Zinc 0,87 mg/L para el testigo.

En la evaluación de una parcela de ciclo corto, fertilizando con los diferentes tratamientos se obtuvo los mejores resultados con el biol de Naranja, tanto en la altura de la planta y tamaño de la raíz o parte comestible. Por su elevado contenido de nitrógeno el efecto fue favorable en el rendimiento, siendo el constituyente esencial de las proteínas.

El costo de producción para un galón de biol es de \$ 10,27 dólares americanos, se determinó el beneficio costo, con los diferentes tratamientos en la elaboración del biol, mediante la fórmula B/C dando como resultado \$1,56 dólares americanos en todos los tratamientos, lo que demuestra que por cada dólar invertido hay una utilidad de 0,56 centavos.

## RECOMENDACIONES

Se propone realizar una investigación más profunda en cuanto a los microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación y en el producto final obtenido antes de su uso.

Se sugiere investigar sobre el biosol (abono sólido de la fermentación anaeróbica), como una alternativa para mejorar los abonos orgánicos sólidos y aprovechar al máximo este tipo de abono, contribuyendo así al equilibrio ambiental.

Ubicar los biodigestores en un lugar donde exista una mayor concentración de temperatura, con una buena circulación de aire al mismo tiempo que sea protegido de los rayos solares para garantizar una buena fermentación del biopreparado.

El estiércol debe ser lo más fresco posible provenientes de animales sanos con una alimentación equilibrada y los materiales deben ser picadas lo más fino posible lo que facilitara a los microorganismos descomponer la materia orgánica de una mejor manera.

Aplicar el biol en dosis recomendadas en 20 litros de agua un litro de biol ya que si se excede en la dosis puede provocar daños irreversibles en los cultivos, por ende, una pérdida en la producción.

En los agros locales el litro de biol oscila entre \$ 4.50 a 6,00 dólares americanos, se recomienda al agricultor adquirir por galones o canecas para un ahorro económico ya que el costo de un galón de biol está de \$ 16,00 a 18,00 dólares americano

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ARIAS VELÁZQUE, Ciro J; & TOLEDO HEVIA, Julio.** *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales.* [En línea]. 2000.  
[Citado el: 18 de Agosto de 2019].  
[https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/articulos/manual-de-manejo-postcosecha-de-frutas-tropicales.](https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/articulos/manual-de-manejo-postcosecha-de-frutas-tropicales)
2. **AGRICULTURERS.** *Maduración del fruto y términos de uso común en postcosecha.* [En línea] 2017.  
[Citado el: 16 de Agosto 2019].  
[http://agriculturers.com/maduracion-del-fruto-y-terminos-de-uso-comun-en-postcosecha/.](http://agriculturers.com/maduracion-del-fruto-y-terminos-de-uso-comun-en-postcosecha/)
3. **AVELLANEDA, A. 2013.** *Gestión ambiental y planificación del desarrollo: el sujeto ambiental como actor político.* 3<sup>ra</sup> ed. Bogotá : ECOE ediciones, 2013. p.p. 101
4. **BARRERA, L; et al.** “Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (Musa AAB)”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* [En línea], 2011, (Colombia) 5(2), p.p. 186-194.  
[Consulta: 03 Agosto 2019].  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v5n2/v5n2a03.pdf>
5. **BASANTES VALVERDE, Edwin Danilo.** *Elaboración aplicación de dos tipos de biol en el cultivo de brocoli (brassica oleracea var. legacy).* pp. 46 [En línea] **(Trabajo de titulación).** Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. 2009. p.p. 50-51.  
[Citado el: 05 de Febrero de 2020.]  
[http://www.infopl.net/files/descargas/schneider/infopl\\_net\\_18t00436.pdf.](http://www.infopl.net/files/descargas/schneider/infopl_net_18t00436.pdf) 0603964982.
6. **BETANCOURT , M; et al.** Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de Liliun cv. Stargazer. *Revista Chapingo Serie Hortícola.* 2005. [En línea], 2005, (Mexico) 11(2). ISSN: 1027-152X. p.p. 371-378.

[Consulta: 10 Agosto 2019].

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60911227>

7. **BIOBOLSA**. *Manual de biol.pdf*. [En línea] 2015.

[Citado el: 02 de Septiembre de 2019.]

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf)

8. **CAMPOS CUNI, Bernardo. 2011**. Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. En línea], 2011, (Cuba) 20(2), p.p. 37-41.

[Consulta: 01 de Septiembre 2019].

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542011000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007)

9. **CANO HERNÁNDEZ, Maribel; et al.** “Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas”. *Agrociencia* [En línea], 2016, (Mexico) 50(4), p.p. 471-479.

[Consulta: 03 Agosto 2019].

<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n4/1405-3195-agro-50-04-471.pdf>

10. **CANTER, L.** *Manual de evaluación de impacto ambiental: técnicas para la elaboración de estudios de impacto*. [ed.] McGraw-Hill Interamericana de España. Barcelona : McGraw-Hill, 1998.

11. **CÁRDENAS J; et al 2013**. "Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica del bocashi". *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica* [ En línea], 2013. 16 ( 32), ISSN 1682-3087. p.p. 7-12.

[Consulta: 02 Agosto 2019].

Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11322>

12. **CARMONA M, Sergio Ivan; et al.** *Gestión ambiental en proyectos de desarrollo*. Bogotá : CO-BAC, 2001. p.p. 80-91
  
13. **CONTI, Marta Elvira.** “Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo”. *IPNI Canada* [En línea], 2004, (Argentina) , p.p. 25-37.  
[Consulta: 08 Agosto 2019].  
[http://lacs.ipni.net/article/LACS1090#:~:text=El%20potasio%20\(K\)%20es%20un,para%20todos%20los%20organismos%20vivos.&text=http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/C2645DD711C34D303257967007D6ED5/\\$FILE/AA%204.pdf](http://lacs.ipni.net/article/LACS1090#:~:text=El%20potasio%20(K)%20es%20un,para%20todos%20los%20organismos%20vivos.&text=http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/C2645DD711C34D303257967007D6ED5/$FILE/AA%204.pdf)
  
14. **CHECA VITERI, Marcelo David.** “Obtención de biol a partir de desechos orgánicos generados por la empresa pública municipal mercado de productores agrícolas san pedro de riobamba. [En línea] (**Trabajo de titulación**).Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador . 2015. p.p. 40.  
[Consulta: 01 Febrero 2020]  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4871/1/236T0173.pdf>
  
15. **ESPINAL SORIA, Giovanni Cleber.** *Efecto del biol como fertilizante foliar en la producción de lechuga suiza (valerianella locusta l.) con diferentes concentraciones en ambiente atemperado en el municipio de tiwanaku – la paz.* [En línea] (**Tesis de pregrado**).Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz- Bolivia.2009.p.p. 40.  
[Consulta: 02 de Febrero 2020]  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5049/T1357.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  
16. **FRAGA AGUILAR, N D; et al.** *Rabano" Verano-14", opción hortícola para época de primavera-verano. 1994. Ciudad de La Habana :* Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", 1994. Jornada Científica Ciudad de La Habana.
  
17. **GALLARDO, A; et al.** “Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta”.

- Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*. [ En línea], 2009, (España) 18 (2). ISSN 1697-2473. p.p. 4-19.  
[Consulta: 07 Agosto 2019].  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/60>
18. **GARCÉS CANDELL, Luis; et al.** “Elaboración artesanal y caracterización de bioles a base de estiércol bovino y gallinaza en diferentes tiempos de fermentación”. *Revista observatorio de la Economía Latinoamericana*. En línea], 2017, Ecuador. ISSN 1696-8352.  
[Consulta: 01 Enero 2020].  
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/bioles-estiercol-bovino.html>
19. **GARCÍA, A.** *Cultivos herbáceos extensivos*. Madrid, España : Mundi-Prensa, 1999.
20. **GIACONI , Vicente.** *Cultivo de hortalizas*. Santiago : Editorial Universitaria, 1997.
21. **GÓMEZ OREA, D. 1999.** *Evaluación del impacto ambiental: Un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Madrid : Mundi-PrensaAgrícola Española, 1999.p.p 217-240
22. **GUEVARA VERA, Antonio.** *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales*. Lima : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1996.
23. **GUÍAS PETRI FILM 3M.** *Guía de Interpretación Petri film 3M*. [En línea]  
[Consulta: 10 de Noviembre 2019]  
[https://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Petrifilm\\_guias.pdf](https://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Petrifilm_guias.pdf).
24. **GUILLAMÓN, José Manuel.** “Diversidad microbiana y alteraciones durante la fermentación alcohólica: el yin y el yang para el enólogo”. *Revista de Enología Científica y Profesional*. En línea], 2012, España.  
[Consulta: 01 de Febereo 2020].

[http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/diversidad\\_microbiana\\_FA\\_yinyang\\_cienc0416.htm](http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/diversidad_microbiana_FA_yinyang_cienc0416.htm)

25. **HERRÁN, J; et al.** "Importancia de los abonos orgánicos". *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*. [En línea], 2008, (México) 4(1). ISSN 1665-0441. p.p. 57-67.  
[Consulta: 02 Agosto 2019].  
<https://www.redalyc.org/pdf/461/46140104.pdf>
  
26. **HERRERO, Jaime.** *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. Bolivia : GTZ-Energía, 2008. p.p 65-68
  
27. **INFOAGRO.** *Deterioro de las frutas y hortalizas frescas en el periodo de poscosecha*. [En línea], 2012.  
[Consulta: 02 Agosto 2019].  
[http://www.infoagro.com/frutas/deterioro\\_poscosecha\\_frutas\\_hortalizas.htm](http://www.infoagro.com/frutas/deterioro_poscosecha_frutas_hortalizas.htm).
  
28. **INIA.** Producción y uso del biol. *Dirección de Investigación Agraria Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología*. [En línea], 2008, (Perú) (2). ISSN 978-9972-44-020-5. p.p. 1-6.  
[Consulta: 02 Agosto 2019].  
[http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Uso\\_Biol\\_Lima\\_2008.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Uso_Biol_Lima_2008.pdf).
29. **LATSAGUE, Mirtha; et al.** “Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f.”. [En línea], 2014, (Guyana) 71(1). ISSN 0016-5301. p.p. 37-42.  
[Consulta: 09 Agosto 2019]  
Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/gbot/v71n1/07.pdf>
  
30. **LAWRENCE, Gitman.** *Relación Beneficio/Costo*. [En línea]. Bogota-Colombia. 2007.p.1  
[Consultado: 25 de 10 de 2019].  
<https://docplayer.es/74796344-Conocer-la-situacion-actual-de-la-ciudad-de-mira-e-identificar-la-problematika-existente-en-la-poblacion.html>



31. **LORENZO ACOSTA, Yaniris & OBAYA ABREU, Ma Cristina.** ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. *La Digestion Anaerobia. Aspectos Teoricos. Parte I.* [En línea], 2005, (Cuba) 39(1). ISSN 0138-6204. p.p. 35-48.  
[Consulta: 03 de Septiembre 2019].  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659006.pdf>
32. **MALAVOLTA, E; et al.** *Evaluación del estado nutricional de las plantas. Principios y aplicaciones.* Guatemala : Boletín de PROMECAFE, 1992. p.p. 20-28.
33. **MAMANI MAMANI, Tatiana .** *Efecto de biol en cultivo asociado de rábano (raphanus sativus l.) y lechuga suiza (valerianella locusta), en ambiente atemperado de cota cota - la paz.* pp. 56 [En línea] (**Tesis de grado**). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería agronómica, La Paz-Bolivia. 2014. p.p. 60.  
[Consulta: 03 de febrero de 2020.]  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5651/T2063.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
34. **MOLINA, Eloy.** “Fertilización foliar de cultivos frutícolas”. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones.* [En línea], 2002. pp. 82-100.  
[Consulta: 20 Agosto 2019].  
[https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Fertilizaci%C3%B3n+foliar+de+cultivos+frut%C3%A1colas&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholartt](https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Fertilizaci%C3%B3n+foliar+de+cultivos+frut%C3%A1colas&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholartt)
35. **PERALTA , Liliana; et al.** “Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico”. *Revista de Ecología Aplicada .* [En línea], 2016, (Perú ) 15(1). ISSN 1726-2216.  
[Consulta: 01 de Febrero 2019].  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162016000100001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162016000100001)
36. **PÉRE MÉNDEZ, Maricela; et al.** “Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas”. *Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. .* [En línea], 2017, Cuba .  
[Consulta: 04 de Febrero 2020] .

[https://www.researchgate.net/publication/326841755\\_Titulo\\_Produccion\\_de\\_biol\\_y\\_determinacion\\_de\\_sus\\_caracteristicas\\_fisico-quimicas](https://www.researchgate.net/publication/326841755_Titulo_Produccion_de_biol_y_determinacion_de_sus_caracteristicas_fisico-quimicas)

37. **PISCO, R R;& ARENAS, I P.** Evaluación del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rabano rojo (*Raphanus sativus* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. [En línea], 2006, (Colombia) 59(2), pp. 3543-3556. ISSN 0304-2847.  
[Consulta: 22 de Agosto 2019].  
<https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914075010.pdf>
  
38. **PONTON SIGCHA, Ruben Dario.** *Diseño de un Sistema para la Obtención de Biol Mediante los Residuos Sólidos Orgánicos Generados en el Cantón Joya de los Sachas*. [En línea] (**Trabajo de titulación**). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba- Ecuador. 2011. Pp 16-21.  
[Consulta: 04 Agosto 2019].  
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/681/1/96T00133.pdf>
  
39. **RESTREPO, J; et al.** *Utilización de residuos orgánicos en la agricultura*. Cali-Colombia : FIDAR/ODACIAT, 2014, pp. 50-55.
  
40. **RIVAS SOLANO , Olga; et al.** Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en Marca*. [En línea], 2010, 23(1), pp. 39-46. ISSN 2395-8030.  
[Consulta: 09 Agosto 2019].  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835857>
  
41. **SABORÍO, Francisco.** Bioestimulantes en fertilización foliar. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. [En línea], 2002, pp. 247-255.  
[Consulta: 17 Agosto 2019].  
[http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp\\_jaboticabal/Memoria\\_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=110](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=110)

42. **SANTOS , A T;& MANJARREZ, D A.** “Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos”. *Terra Latinoamericana.* [En línea], 1999, (Mexico) 17(3), pp. 247-255. ISSN 2395-8030.  
[Consulta: 09 Agosto 2019].  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317309>
43. **SANTOS, E; et al.** “Contenido de proteína cruda del polen de las principales especies botánicas utilizadas por las abejas melíferas en Uruguay”. *Agrociencia Uruguay.* En línea], 1999, (Uruguay) 17(1), pp. 9-13. ISSN 10.2477.  
[Consulta: 23 de Agosto 2019].  
[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482009000200002&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482009000200002&script=sci_abstract&tlng=es)
44. **SOTO, S; et al.** Evaluación agronómica de la inclusión de cultivos de ciclo corto en el establecimiento de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y forrajes.* [En línea], 2006, (cuba) 29(1), pp. 39-49. ISSN 0864-0394.  
[Consulta: 20 de Agosto 2019].  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121697003.pdf>
45. **STEWART, W.** “Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes”. *International Plant Nutrition.* [En línea], 2007, (Estados Unidos) , pp. 1-7.  
[Consulta: 06 Agosto 2019].  
[http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/\\$FILE/ATTCNQIX.pdf/Consideraciones%20en%20el%20uso%20eficiente%20de%20nutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/$FILE/ATTCNQIX.pdf/Consideraciones%20en%20el%20uso%20eficiente%20de%20nutrientes.pdf)
46. **TAYPICAÑA PROAÑO, Deysi Maricela.** *Obtención de biol a partir de desechos orgánicos generados por el ganado bovino del camal municipal del cantón latacunga.* [En línea] (**Trabajo de titulación**). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador.p.p. 59. 2015  
[Consulta: 05 de febrero de 2020.].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4869/1/236T0171.pdf>.

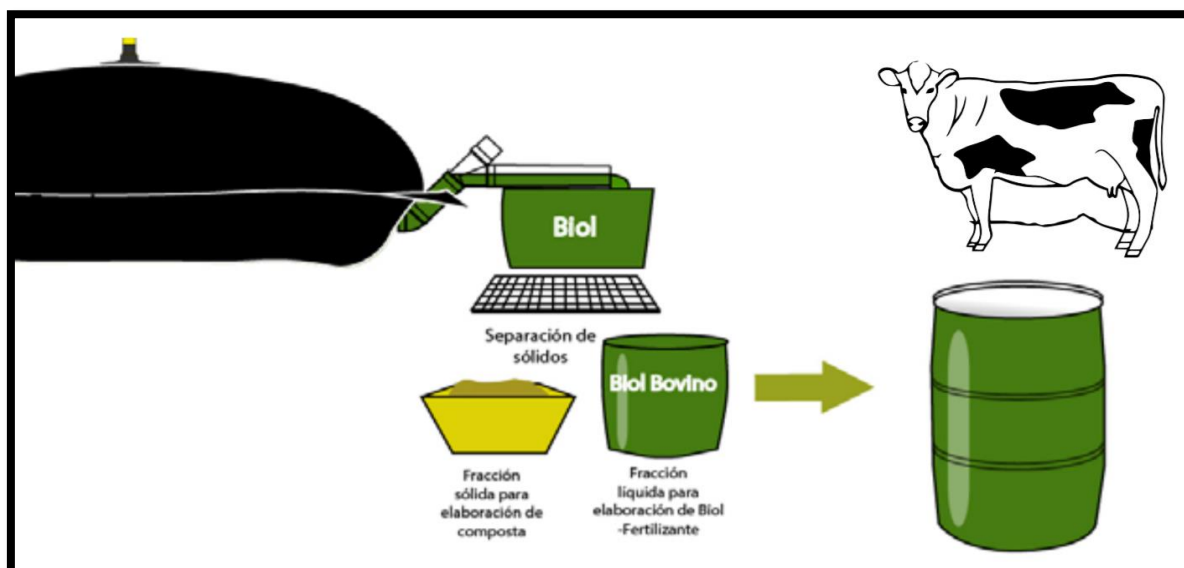
47. **TCHOBANOGLIOUS, G.** *Gestión integral de residuos sólidos: volumen 1.* México : McGraw-Hill, 1994.
48. **VÁSQUEZ PROAÑO , Diego.** *Produccion y evaluacion de cuatro tipos de biabonos con alternativa biotecnologica de uso de residuos organicos para la fertilizacion de pastos.* [En línea] **(Trabajo de titulación).** Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingenieria Zootecnica, Riobamba-Ecuador. 2008.p.p. 54  
[Consulta: 06 de Febrero de 2020.]  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1503/1/17T0873.pdf>.

## ANEXOS

### Anexo A: Composición de los bioles más comunes

Muestra	K (%)	Mg (%)	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Co (mg.kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )
Bovino	0.06	0.032	0.1	0.1	3.9	0.5	0.5
Cerdo	0.04	0.013	0.2	0.1	1.6	0.8	0.6
Muestra	pH	C.E (mS.cm <sup>-1</sup> )	Densidad NT (g.cm <sup>-3</sup> )		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . (%)	S.T (%)	
Bovino	6.91	6.7	1	0.25	0.17	2.86	
Cerdo	7.29	10.3	0.97	0.41	0.05	0.48	

### Anexo B: Esquema de la obtención de biol bovino



**Anexo C:** Cantidad de Biol-Fertilizante Bovino o Porcino al suelo en el cultivo de Maíz-Grano

<b>En terreno con textura Arenosa/ ligera o Limosa/ Media</b>					
ton/ha	L/ha	L de Biol/aplicación			Ampliación foliar 2 a 3 aplicaciones por ciclo en combinación con pesticida
		1a a los 10 cm de altura	2a a los 40 cm de altura	3a a los 100 cm de altura	
3	6 300	1 300 L	2 500 L	2 500 L	2 L/100 L de agua
6	12 600	2 600 L	5 000 L	5 000 L	2 L/100 L de agua
9	18 900	3 900 L	7 500 L	7 500 L	2 L/100 L de agua
12	25 200	5 040 L	10 080 L	10 080 L	2 L/100 L de agua
<b>En terreno con textura Arcillosa/ Pesada</b>					
ton/ha	L/ha	L de Biol/aplicación			Ampliación foliar 2° a 3° aplicaciones por ciclo en combinación con pesticida
		1° a los 20 cm de altura	2° a los 100 cm de altura	3° a los 100 cm de altura	
3	6 300	3 150 L	3 150 L	3 150 L	2 L/100 L de agua
6	12 600	6 300 L	6 300 L	6 300 L	2 L/100 L de agua
9	18 900	9 450 L	9 450 L	9 450 L	2 L/100 L de agua
12	25 200	12 600 L	12 600 L	12 600 L	2 L/100 L de agua

**Anexo D: Elaboración del biol**

<p><b>Armado de los biodigestores</b></p> 	<p><b>Pesaje del estiércol</b></p> 
<p><b>Adición de los materiales al biodigestor</b></p> 	<p><b>Adición de las frutas de descarte al biodigestor</b></p> 
<p><b>Sellado del biodigestor</b></p> 	<p><b>Aclimatación para la fermentación</b></p> 



**Fermentación**



**Cosecha del biol**



**Biosol**



**Almacenamiento**

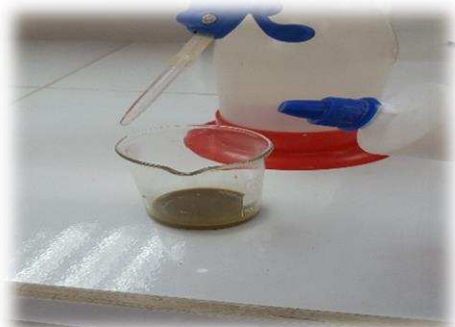


**Anexo E: Análisis Físicoquímica**

**Medición de Ph**



**Medición de acidez**





**Determinación de nitrógeno**



**Incineración de las muestras**



**Digestión de las muestras**



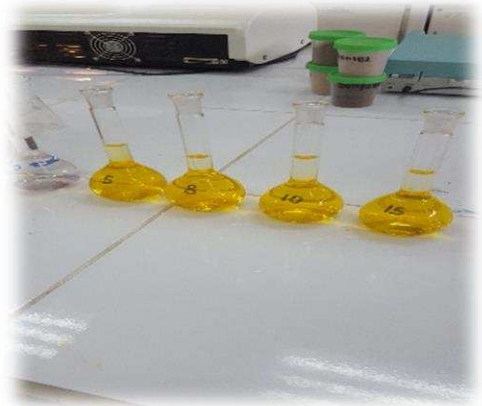
**Diluciones**



**Análisis en espectrofotómetro de absorción atómica**



**Determinación de fósforo**



**Anexo F: Análisis Microbiológico**

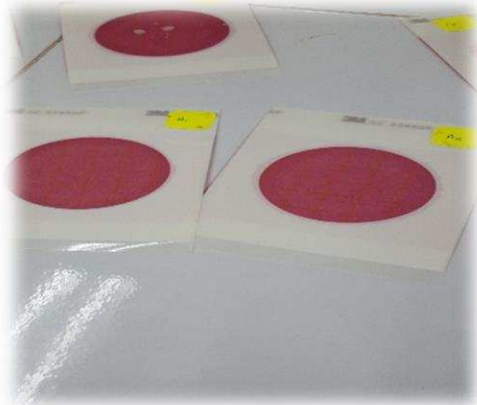
**Esterilización de los materiales**



**Preparación de las diluciones**



**Siembra de los medios de cultivos**



**Conteo de colonias**





**Anexo G:** Análisis en parcelas de ciclo corto

**Remoción, abonar el terreno**



**Nivelar el terreno**



**Realizar los surcos**



**Siembra de los rábanos**



**Riego**



**Identificación de las parcelas**



**Dosificación para aplicar el biol**



**Primera aplicación del biol**



**Segunda aplicación del biol**



**Cosecha de los rábanos**



**Anexo H:** Estadística del pH, obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	4,91	5,33	5,15	5,11	20,5	5,13
Naranja	5,08	5,00	5,04	5,03	20,15	5,04
Mandarina	5,12	4,88	5,07	5,05	20,12	5,03
Lima	5,45	5,10	5,14	5,15	20,84	5,23
Promedio						5,10
Coeficiente Variación (C.V)						2,55

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,09	3	0,03	1,7	0,2208
Error	0,20	12	0,02		
Total	0,29	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	
Alfalfa	5,13	4	0,07	a
Naranja	5,04	4	0,07	a
Mandarina	5,03	4	0,07	a
Lima	5,21	4	0,07	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo I:** Estadística de la acidez (%), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	1,66	1,02	1,46	1,23	5,38	1,34
Naranja	1,54	1,51	1,54	1,48	6,07	1,53
Mandarina	1,41	1,28	1,28	1,36	5,32	1,32
Lima	1,38	1,41	1,54	1,41	5,73	1,44
Promedio						1,41
Coeficiente Variación (C.V)						10,49

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,09	3	0,03	1,39	0,2934
Error	0,26	12	0,02		
Total	0,35	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	1,34	4	0,07	a
Naranja	1,52	4	0,07	a
Mandarina	1,33	4	0,07	a
Lima	1,44	4	0,07	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo J:** Estadística de nitrógeno (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	44,32	53,19	46,10	47,87	191,48	47,87
Naranja	83,33	88,65	106,38	97,51	375,87	93,97
Mandarina	70,92	81,56	70,92	79,78	303,18	75,80
Lima	92,19	60,28	79,78	72,69	304,95	76,24
Promedio						73,47
Coeficiente Variación (C.V)						12,32

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	4354,23	3	1451,41	17,72	0,0001
Error	982,99	12	81,92		
Total	5337,23	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	47,87	4	4,53	a
Naranja	93,97	4	4,53	b
Mandarina	75,80	4	4,53	b
Lima	76,24	4	4,53	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo K:** Estadística de fósforo (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	7,03	8,10	8,23	7,90	31,25	7,82
Naranja	20,63	15,60	13,59	18,82	68,64	17,16
Mandarina	10,24	10,38	10,24	10,31	41,17	10,29
Lima	20,29	12,25	13,59	16,94	63,08	15,77
Promedio						12,76
Coeficiente Variación (C.V)						18,90
Coeficiente Variación Ajustado (C.V)						6,60

B. Análisis de varianza

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	4,73	3	1,58	17,68	0,0001
Error	1,07	12	0,09		
Total	5,80	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Alfalfa	7,82	4	1,21	a
Naranja	17,16	4	1,21	b
Mandarina	10,29	4	1,21	a
Lima	15,77	4	1,21	b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*



**Anexo L:** Estadística de potasio (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio	
	I	II	III	IV			
Alfalfa	15,34	14,02	13,94	14,56	57,85	14,47	
Naranja	15,33	14,98	15,35	15,01	60,68	15,17	
Mandarina	16,10	15,06	17,35	15,75	64,26	16,07	
Lima	10,64	10,59	9,29	10,23	40,76	10,19	
Promedio							13,97
Coeficiente Variación (C.V)							4,76

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	81,50	3	27,17	61,47	< 0,0001
Error	5,30	12	0,44		
Total	86,81	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	14,47	4	0,33	b
Naranja	15,17	4	0,33	bc
Mandarina	16,07	4	0,33	c
Lima	10,19	4	0,33	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo M:** Estadística de calcio (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio	
	I	II	III	IV			
Alfalfa	6,11	7,20	8,66	7,24	29,20	7,30	
Naranja	9,01	8,06	8,65	8,76	34,47	8,62	
Mandarina	2,99	2,07	3,30	3,01	11,37	2,84	
Lima	2,00	2,01	3,37	2,89	10,26	2,57	
Promedio							5,33
Coeficiente Variación (C.V)							13,26

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	114,14	3	38,05	76,06	<0,0001
Error	6,00	12	0,50		
Total	120,14	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	7,30	4	0,35	b
Naranja	8,62	4	0,35	b
Mandarina	2,84	4	0,35	a
Lima	2,57	4	0,35	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo N:** Estadística de magnesio (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	5,68	6,77	8,32	6,90	27,68	6,92
Naranja	8,75	7,72	8,40	8,42	33,29	8,32
Mandarina	1,89	0,81	2,03	1,91	6,65	1,66
Lima	1,74	1,67	3,03	2,64	9,08	2,27
Promedio						4,79
Coeficiente Variación (C.V)						15,25
Coeficiente Variación Ajustado (C.V)						5,66

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	19,23	3	6,41	259,40	<0,0001
Error	0,30	12	0,02		
Total	19,52	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Alfalfa	6,92	4	0,37	b
Naranja	8,32	4	0,37	b
Mandarina	1,66	4	0,37	a
Lima	2,27	4	0,37	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo O:** Estadística de zinc (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio	
	I	II	III	IV			
Alfalfa	0,854	0,801	0,911	0,905	3,47	0,87	
Naranja	0,456	0,476	0,511	0,510	1,95	0,49	
Mandarina	0,012	0,013	0,011	0,015	0,05	0,01	
Lima	0,072	0,074	0,063	0,070	0,28	0,07	
Promedio							0,36
Coeficiente Variación (C.V)							8,09

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,92	3	0,64	754,39	<0,0001
Error	0,01	12	8,5E-04		
Total	1,93	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	0,87	3	0,01	c
Naranja	0,49	3	0,01	b
Mandarina	0,01	3	0,01	a
Lima	0,07	3	0,01	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo P:** Estadística de cobre (mg/L), obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	0,001	0,001	0,002	0,001	0,004	0,0013
Mandarina	0,006	0,004	0,003	0,005	0,01	0,0045
Lima	0,037	0,049	0,042	0,040	0,13	0,04
Naranja	0,082	0,068	0,074	0,079	0,22	0,08
Promedio						0,03
Coeficiente Variación (C.V)						13,51

B. Análisis de varianza

F. V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,02	3	0,01	290,97	<0,0001
Error	2,1E-04	12	1,7E-05		
Total	0,02	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	1,30E-03	4	2,1E-03	a
Naranja	3,70E-03	4	2,1E-03	a
Mandarina	0,04	4	2,1E-03	b
Lima	0,08	4	2,1E-03	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo Q:** Estadística de *Staphylococcus aureus*, obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	26500	33750	25500	27500	113250,00	28312,50
Naranja	14000	12750	9500	11500	47750,00	11937,50
Mandarina	14000,0	12250,0	10000,0	14500,0	50750,00	12687,50
Lima	8500	7500	12750	10500	39250,00	9812,50
Promedio						15687,50
Coeficiente Variación (C.V)						16,75
Coeficiente Variación Ajustado (C.V)						8,29

B. Análisis de varianza

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	867875000,00	3	289291666,67	42,82	<0,0001
Error	81062500,00	12	6755208,33		
Total	948937500,00	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E. E	Rango
Alfalfa	28312,50	4	1299,54	b
Naranja	11937,50	4	1299,54	a
Mandarina	12687,50	4	1299,54	a
Lima	9812,50	4	1299,54	a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

**Anexo R:** Estadística de Mohos y levaduras, obtenida del biol con diferentes tipos de frutas de descarte.

A. Resultados experimentales

Tratamientos	Repeticiones				Suma	Promedio
	I	II	III	IV		
Alfalfa	30500	33500	42500	35500	142000,00	35500,00
Naranja	127000	135000	113500	115500	491000,00	122750,00
Mandarina	30000	48500	32500	40000	151000,00	37750,00
Lima	190500	140000	132500	160500	623500,00	155875,00
Promedio						87968,75
Coeficiente Variación (C.V)						16,77
Coeficiente Variación Ajustado (C.V)						7,68

B. Análisis de varianza

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44383546875	3	14794515625	67,99	<0,0001
Tratamientos	44383546875	3	14794515625	67,99	<0,0001
Error	2611187500,00	12	217598958,33		
Total	46994734375	15			

C. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Alfalfa	35500,00	4	7375,62	a
Naranja	122750,00	4	7375,62	b
Mandarina	37750,00	4	7375,62	a
Lima	155875,00	4	7375,62	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*