



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS GENERADOS POR
LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MERCADO DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS
SAN PEDRO DE RIOBAMBA”**

**Trabajo de Titulación para obtener el grado académico de
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

AUTOR: MARCELO DAVID CHECA VITERI

RIOBAMBA-ECUADOR

2015



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS GENERADOS POR
LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MERCADO DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS
SAN PEDRO DE RIOBAMBA”**

**Trabajo de Titulación para obtener el grado académico de
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

AUTOR: MARCELO DAVID CHECA VITERI

TUTORA: Dra. Yolanda Díaz

RIOBAMBA-ECUADOR

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS GENERADOS POR LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL MERCADO DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS “SAN PEDRO DE RIOBAMBA”**, de responsabilidad del egresado Sr. Marcelo David Checa Viteri, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dra. Yolanda Díaz

.....

.....

TUTORA DE TESIS

Dra. Mayra Espinoza

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, **Marcelo David Checa Viteri**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

MARCELO DAVID CHECA VITERI

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **MARCELO DAVID CHECA VITERI**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales.

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 mi trabajo de titulación.

Riobamba, 27 de noviembre de 2015.

Marcelo David Checa Viteri

CC 0603460007

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	X
RESUMEN.....	XI
SUMMARY.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1	MARCO TEÓRICO.....5
1.1	Marco Filosófico o Epistemológico de la investigación.....5
1.2	Antecedentes de la Investigación.....6
1.2.1	<i>Desecho de recursos reutilizables.....6</i>
1.2.2	<i>Deterioro del Ecosistema.....7</i>
1.2.3	<i>Cumbre de la Tierra.....8</i>
1.2.4	<i>Bioabonos como alternativa para mitigar la contaminación.....9</i>
1.3	Bases Teóricas.....10
1.3.1	<i>Residuos Sólidos.....10</i>
1.3.1.1	<i>Clasificación de los residuos sólidos.....11</i>
1.3.1.2	<i>Impactos ambientales.....12</i>
1.3.1.3	<i>Gestión Integral de los Residuos Sólidos.....15</i>
1.3.1.4	<i>Identificación y manejo de los residuos sólidos en la EP-EMMPA.....17</i>
1.3.2	<i>Biodigestores.....18</i>
1.3.2.1	<i>Digestión Anaerobia.....18</i>
1.3.2.2	<i>Tipos de biodigestores.....21</i>
1.3.2.3	<i>Biodigestores más comunes.....22</i>
1.3.3	<i>Biol.....24</i>
1.3.3.1	<i>Método de obtención.....24</i>
1.3.3.2	<i>Ventajas del biol.....25</i>
1.3.3.3	<i>Objetivos del uso de biol.....26</i>
1.3.3.4	<i>Calidad y composición.....26</i>
1.3.3.5	<i>Modo de aplicación.....26</i>

CAPÍTULO II

2	METODOLOGÍA.....	27
2.1	Parte Experimental.....	27
2.1.1	<i>Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos que produce la EP-EMMPA.....</i>	27
2.1.1.1	<i>Determinación de la cantidad de residuos sólidos generados.....</i>	27
2.1.1.2	<i>Identificación de los materiales que componen los residuos.....</i>	29
2.1.2	<i>Obtención de biol a escala de laboratorio.....</i>	29
2.1.2.1	<i>Identificación de los tipos de materia orgánica usada.....</i>	29
2.1.2.2	<i>Determinación del tamaño de la muestra y cantidades de los ingredientes usados.....</i>	29
2.1.2.3	<i>Materiales y Reactivos.....</i>	30
2.1.2.4	<i>Proceso de obtención de biol.....</i>	31
2.1.2.5	<i>Métodos de análisis físico químicos del producto final.....</i>	33

CAPÍTULO III

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
3.1	Cantidad y componentes de los residuos sólidos que genera la EP-EMMPA.....	37
3.2	Producción de biol.....	39
3.3	Análisis de las características del producto final.....	40
3.4	Análisis Estadístico.....	43
	CONCLUSIONES.....	42
	RECOMENDACIONES.....	43
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EP-EMMPA	Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba”
GADm:	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal
g:	Gramos
Kg	Kilogramos
°C:	Grados centígrados
C/N	Relación carbono / nitrógeno
N	Nitrógeno
P	Fósforo
Mg	Magnesio
Ca	Calcio
RST	Residuos Sólidos Totales
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
RSI	Residuos Sólidos Inorgánicos
cm	Centímetros
mL	Mililitros
L	Litros
m	Metros
W	Watts

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Sustancias para la producción de biol	25
Tabla 1-2	Cantidad de la muestra de Residuos Sólidos Orgánicos	30
Tabla 2-2	Cantidades de los ingredientes a escala de laboratorio.....	30
Tabla 1-3	Pesos y porcentajes de los residuos sólidos generados por la EP-EMMPA.....	38
Tabla 2-3	Cantidad y proporción de los residuos sólidos generados en la EP-EMMPA..	38
Tabla 3-3	Componentes de los residuos sólidos.....	39
Tabla 4-3	Registro de la temperatura interna de los biodigestores.....	39
Tabla 5-3	Monitoreo del pH.....	40
Tabla 6-3	Análisis físico químico de los diferentes tipos de biol.....	41
Tabla 7-3	Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Biosol.....	43
Tabla 8-3	Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Biol.....	44
Tabla 9-3	Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Nitrógeno Total.....	44
Tabla 10-3	Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Nitrógeno Amoniacal.....	44
Tabla 11-3	Diferencias de medias según tipo de tratamiento en la determinación de Calcio.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Deterioro del ecosistema.....	8
Gráfico 2-1: Residuos Sólidos EP-EMMPA.....	11
Gráfico 3-1: Etapas de la digestión anaerobia.....	20
Gráfico 1-2: Recipientes para disposición de residuos de la EP-EMMPA.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Obtención de biol a escala de laboratorio

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se generó biol a partir de los desechos orgánicos que produce el Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba”, debido a que gran parte de su basura corresponde a residuos aprovechables que surgen de la manipulación y venta al por mayor de alimentos provenientes de diferentes partes de la provincia de Chimborazo y del país, con este fin se determinó la cantidad y componentes de los desechos que produce la empresa mediante mediciones diarias al final de cada jornada. A escala de laboratorio se desarrollaron 3 tipos de biodigestores en los cuales lo único que varía es el origen del sustrato usado, en este caso tenemos residuos de frutas, de leguminosas y una mezcla 50/50 de ambos para determinar posibles diferencias o similitudes en el producto final. Se realizaron dos repeticiones de cada tipo de biol para poder controlar los parámetros de la reacción sin afectar a los biodigestores tipo control y al finalizar la fermentación se llevaron a cabo los análisis físico químicos del producto de todos los biodigestores, dando resultados muy similares entre sí, siendo el biol de leguminosas el que presentó ligeramente mejores características que los demás, ya que además de producir más cantidad de biol generó 0.284 g/L de compuestos nitrogenados totales, lo que representa una cierta ventaja en comparación con el biol de frutas y de la mezcla 50/50 que produjeron 0.270 g/L y 0.208g/L de compuestos nitrogenados respectivamente. Este estudio permite obtener beneficios ambientales ya que disminuye en gran porcentaje la cantidad de basura que produce la empresa, incentivando el uso de abonos orgánicos sobre los abonos de origen químico mejorando la calidad de la producción, los beneficios económicos también son evidentes pues se evitaría el costo de implementar y mantener un vertedero, que en los estándares actuales representaría gastos excesivos que aumentarían con el paso de los años.

PALABRAS CLAVES

<BIOL><RESIDUOS

APROVECHABLES><FERMENTACIÓN

ANAEROBIA><BIODIGESTOR><BIOABONO><VERTEDERO>

SUMMARY

This research work fostered the creation of biol from organic waste which is generated at “Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba” (the Agro Producers Market of the City – EP-EMMPA). This is because a great portion of their waste is usable, and it originates from manipulation, wholesale, and retail of produce coming from different parts of the Chimborazo province and the whole country. The waste amount and the components were determined by measuring them at the end of each working day. At laboratory scale, three types of biodigesters with different substrates were developed. There are fruit residues, and vegetable residues. There is also a 50/50 mix of both of them in order to determine the possible differences of the final product. Two repetitions of each type of biol were carried out to be able to control the parameters of the reaction without affecting the control biodigesters. By the end of the fermentation, the physical – chemical analyses were performed to the product of all biodigesters, and the results were very similar among themselves. Biol coming from vegetables was a little bit better than the others since it produced a higher amount of biol generating 0.284 g/L of total nitrogen compounds. It represents a light advantage when comparing it to fruit biol and to the 50/50 mix which produced 0.270 g/L and 0.208 of nitrogen compounds respectively. This research provides environmental benefits since it helps to diminish a great percentage of the waste produced by EP-EMMPA reducing the environmental impact and getting economical profit thanks to its low production costs. It is recommended to implement a biol production system in this market as well as in other city markets since organic residues are usually generated in a high percentage in the above mentioned sale centers and, therefore, they can avoid the creation and use of new landfill sites.

KEY WORDS:

<BIOL><USABLE RESIDUES><ANAEROBIC FERMENTATION><BIODIGESTERS><BIO-FERTILIZER>< LANDFILL SITES>

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y los esfuerzos por mantener el estilo de vida actual, ha hecho que la contaminación por acumulación de residuos sólidos se multiplique en los últimos años y que aumente el uso de fertilizantes químicos en alimentos. Esto conlleva a que se utilicen en la elaboración de bioabonos, que son tecnologías amigables con el ambiente.

Muchos países han incorporado normas en su legislación sobre el correcto manejo y disposición de residuos de todo tipo, esto ha provocado un mayor interés en la disminución de compuestos peligrosos insertados en la naturaleza y en reaprovechar los componentes que tomamos como desperdicios, ya que los recursos del planeta son limitados.

Los residuos sólidos tienen un alto impacto en el ambiente ya que generalmente se los dispone en vertederos sin ninguna distinción ni tratamiento, generan lixiviados y dependiendo de su tamaño pueden taponar alcantarillas o perturbar el flujo de corrientes de agua. Con el uso de bioabonos se busca mitigar la contaminación excesiva y reemplazar la aplicación de fertilizantes químicos que representan un peligro para la salud pública.

El biol tiene características similares a ciertos abonos artificiales, pero sus efectos adversos, se puede usar junto con otros bioabonos para reforzar la calidad y productividad del cultivo. Además de que los componentes para su fabricación son en su mayoría residuos agrícolas comunes que abundan en áreas cultivables.

Las entidades públicas y privadas tienen la obligación de mejorar constantemente procedimientos de manejo, clasificación, recolección y transporte de sus residuos sólidos para que se optimicen recursos, sea más fácil su tratamiento y disposición final. En este caso se utilizarán los residuos de origen orgánico del mercado de productores agrícolas “San Pedro de Riobamba”, los mismos que son dispuestos al basurero general de la ciudad bajo la responsabilidad del Gobierno Autónomo Descentralizado de Riobamba, sin realizarse ningún tratamiento ni clasificación previa.

Los residuos orgánicos pueden degradarse dentro de un biodigestor mediante fermentación anaerobia en condiciones ambientales controladas. El objetivo principal de este estudio es generar biol como una alternativa natural para la disposición de los residuos sólidos de la empresa, al

mismo tiempo que ayuda a reducir el uso de fertilizantes químicos y minimiza la cantidad de desechos.

Antecedentes

La cantidad de residuos de la ciudad de Riobamba aumenta a la par con su número de habitantes, llegando al punto de que el vertedero local sobrepasó su capacidad por la falta de métodos de tratamiento para los diferentes desechos que se generan a diario, causando que cualquier esfuerzo por separar los residuos en el origen sea una práctica infructuosa. La población generalmente desconoce los procedimientos para reaprovechar y transformar los desechos en recursos útiles, relegando estas actividades a empresas o agricultores, cuando en realidad son prácticas que las podemos realizar también a pequeña escala.

El Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba” fue creado en el año 2010 y está gerenciado por la Ing. Bélgica Villamarín, se encuentra localizado en el sector sur de la ciudad junto al camal municipal en la avenida Leopoldo Freire y Circunvalación. Aquí 860 productores agrícolas trabajan en la venta directa al consumidor de diferentes tipos de alimentos. Su transporte y manipulación provoca que se generen residuos sólidos orgánicos en mayor parte, que son recogidos en recipientes distribuidos por toda la empresa y desechados al finalizar la jornada de trabajo.

Esta larga cadena de generación y desecho, es una constante a nivel mundial, que debe ser retribuida con acciones para que los residuos puedan usarse como materia prima, empezando un nuevo ciclo de uso en base a productos que no eran considerados aprovechables, ya que la gran mayoría de los residuos sólidos de la empresa son orgánicos, éstos se los puede usar para obtener biol reduciendo el impacto ambiental y aportando en la nutrición de suelos de cultivo al mismo tiempo.

El continuo aumento en la demanda de alimentos ha hecho que se sobreutilicen los fertilizantes químicos, los cuales disminuyen el tiempo para la cosecha pero a su vez afectan al suelo, pues se queda sin nutrientes después de varios procesos de cultivo. A todo esto se le suma el peligro que puede representar consumir dichos productos por tiempo prolongado. En la actualidad existen empresas como Monsanto, que mediante ingeniería genética hacen que las semillas crezcan sin que importe mucho las condiciones a las que se exponga, siendo este tipo de cultivos mucho más nuevos y peligrosos, es necesario que los procesos naturales vuelvan a formar parte de la producción alimentaria mundial.

En la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH se ha realizado con anterioridad estudios sobre el crecimiento foliar de cultivos de alfalfa y pastos usando diferentes tipos de bioabonos, entre ellos el biol, té de estiércol, bokashi y compost, de éstos siempre el biol dio mejores resultados, pues el diámetro de los tallos tuvo mejores promedios y se presentaron en mayor número por cada metro cuadrado, evidenciando que el suelo de cultivo local asimila de mejor manera el biol que otros bioabonos, mejorando la disponibilidad de la materia orgánica, compuestos nitrogenados y minerales para las plantas, aplicados mediante una mochila de aspersión en un alto porcentaje de humedad.

El biol representa la posibilidad de disminuir la contaminación que genera la empresa al darle una disposición final a sus residuos orgánicos, al mismo tiempo incentiva a los productores agrícolas a darle preferencia a abonos orgánicos endémicos, como una alternativa eficiente para reducir el impacto ambiental.

Justificación

La contaminación causada por el mal manejo y disposición inadecuada de residuos sólidos ha aumentado al punto de ser una problemática mundial, tanto, que ha tomado mucha relevancia el desarrollo de diferentes tecnologías para mitigar sus efectos en la salud pública y el entorno natural. Las mismas que necesitan ser llevadas a la práctica tomando en cuenta las décadas de malas costumbres ambientales aglomerando residuos en vertederos sin ninguna preocupación. La fermentación anaerobia de residuos sólidos orgánicos para fabricar biol representa una alternativa viable para disminuir los contaminantes que van hacia el vertedero de la ciudad diariamente, razón por la cual, la presente investigación utilizará los diferentes tipos de desechos orgánicos de la EP-EMMPA para la producción de este bioabono a escala de laboratorio.

Debido a las grandes cantidades de residuos de la empresa se debe obtener biol a una escala menor, para que fácilmente se puedan extrapolar las cantidades de los ingredientes dependiendo si la empresa decide emprender el proyecto a la escala que sea necesaria. Esta alternativa genera un doble beneficio, ya que le da una disposición final a los residuos y produce un fertilizante orgánico, siendo una potencial solución a la problemática de la contaminación causada por residuos orgánicos y agroquímicos. La empresa tendría la posibilidad de generar bioabono para el uso en cultivos de sus propios productores, reduciendo drásticamente su impacto negativo en el ambiente ya que los

nuevos cultivos se van a sustentar en parte por la biotransformación de los residuos de plantaciones anteriores.

El abuso de fertilizantes químicos para mejorar la producción de las cosechas, ha producido desgaste de los nutrientes de los suelos, acelerando su erosión y haciendo que transformarlos en un suelo nuevamente útil sea cada vez más difícil. En contraste, el biol nutre naturalmente los suelos, protege de plagas, además mejora el enraizamiento y crecimiento de las plantas.

Objetivos

Objetivo General

Obtener biol a escala de laboratorio a partir de los residuos sólidos orgánicos producidos en la EP-EMMPA de la ciudad de Riobamba.

Objetivos Específicos

- Cuantificar y determinar los componentes de los residuos sólidos producidos por la empresa.
- Determinar los factores y el proceso adecuado para la obtención de biol.
- Analizar las características de calidad del producto final.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación

El marco filosófico de nuestra investigación parte de la relevancia del ambiente para el ser humano visto desde su perspectiva, como un individuo activo dentro del mismo. Por lo que citamos a continuación el pensamiento de algunos personajes acorde a este punto de vista:

José Mujicanos dice que la crisis ecológica en la que está inmerso el mundo es causada por el triunfo de la ambición humana, triunfo que es también nuestra derrota al no poder cambiar nuestro nivel de consumo.

Para Wangari Maathai, en las décadas futuras los temas relacionados entre ambiente y recursos serán tan importantes y cotidianos como los son hoy en día temas de derechos humanos, democracia, etc.

Según Franklin Roosevelt, el gobierno no puede cerrar los ojos ante la contaminación de agua, erosión del suelo y reducción de bosques más de lo que puede hacerlo ante la necesidad de escuelas.

Vandana Shiva opina que el desafío a futuro no es el de regresar al pasado, sino recuperar prácticas del pasado y modernizarlas.

Mohamed Nasheed dice, que los habitantes de las islas Maldivas han vivido en ellas desde hace 2000 años, y que en el futuro no querría que paraísos sustentables como éste se conviertan encampos de refugiados medioambientales, pues el nivel de consumismo del mundo crecerá hasta que los cambios en ecosistemas locales sean irreversibles.

Para Antonio Gaudí, tenemos que hacer el esfuerzo de leer a la naturaleza como un gran libro, ya que nuestros libros se forman a partir de él, y en ellos se encuentran los errores y malas interpretaciones del ser humano.

William Booth, dice que al parecer existe una profunda costumbre en la cultura humana de desechar cosas que se pueden reutilizar, a diferencia de la madre naturaleza que no tira cosas, árboles muertos, pájaros, escarabajos y elefantes son reciclados rápidamente por el sistema.

Bill Gates considera, que la innovación guiada por pequeños agricultores, adaptada a circunstancias locales y sustentable con la economía, será necesaria para salvaguardar la seguridad alimentaria del futuro.

1.2 Antecedentes de la Investigación

1.2.1 Desecho de recursos reutilizables

Desde su aparición, el ser humano ha generado desechos mientras hace uso de los recursos naturales, los que en la antigüedad representaban muy pocas cantidades y por su origen biodegradable la naturaleza los absorbía rápidamente. Los residuos aumentaron al mismo tiempo que dejamos de ser una especie nómada, pues nos dimos cuenta que se podía trabajar la tierra y domesticar ciertos animales para cubrir nuestras necesidades, sin tener que movilizarse de un sitio a otro cuando los recursos se terminan. Con el tiempo, nuestro ingenio nos llevó a producir componentes o herramientas de materiales más resistentes y duraderos del mismo origen natural, como madera, fibras, cuero, y bajas cantidades de cerámicas, hierro, cal, etc. Componentes fácilmente biodegradables en su gran mayoría. (Alcaide Tur, 2012 pág. 13)

Conforme pasaron los siglos los seres humanos nos mantuvimos en el mismo principio, de consumir y desechar lo que no nos sirviera de provecho ya que no existían repercusiones aparentes, mientras las poblaciones crecían se hizo algo cotidiano la acumulación y el aumento de la basura, tanto así que en civilizaciones antiguas fueron el foco de enfermedades e infecciones que se cobraron la vida de millones de personas. A finales del siglo XVIII llegó la revolución industrial, que ayudó al desarrollo de la tecnología, el comercio y la globalización, al mismo tiempo que aumentó la cantidad de residuos desechados al ambiente, pues también empezó el uso de carbón y petróleo como fuente de energía de las industrias. La acumulación y quema de todos estos residuos acrecentó el problema durante el siglo XIX, al ser un mal relativamente nuevo, el ser humano no supo entender el daño que se estaba causando a sí mismo y simplemente dejó que aumente paulatinamente el problema, sin ponerse el objetivo de darle una disposición final a los desechos evitando la acumulación excesiva, pues en ese entonces nadie consideraba que se pudiera usar como

materia prima para otros fines. El aumento más drástico se lo observa en el último tercio del siglo XX, donde la cultura de consumir y desechar ha hecho que las industrias generen inmensas cantidades de sus productos para la porción más consumista de la población, productos que en su mayoría son descartables, se averían y son fácilmente reemplazables, contruidos a base de compuestos que la naturaleza no puede digerir. (Alcaide Tur, 2012 pág. 11)

1.2.2 Deterioro del Ecosistema

El aprovechamiento de recursos naturales junto con una economía basada en consumo, ha hecho que una minoría considerada como “países desarrollados” sean los mayores responsables de la sobreexplotación que se ha evidenciado en las últimas décadas, así también la emanación de desechos en igual proporción, ya que países considerados en vías de desarrollo y de tercer mundo tienen una generación mínima comparada con las grandes potencias mundiales. Este estilo de vida global ha provocado una fuerte desigualdad y que el ecosistema se vea afectado por la constante destrucción de la naturaleza, el aumento de la contaminación por desechos y la disminución en la calidad de los alimentos.

El modelo de desarrollo actual no tiene en cuenta los límites de la naturaleza para proveer recursos y renovarlos, razón por la que al seguir este camino estamos comprometiendo la supervivencia de generaciones futuras. Esta visión antropocéntrica nos ha desviado de nuestras verdaderas necesidades acrecentando el cambio global, que son un conjunto de cambios climáticos fruto de las actividades humanas, las mismas que afectan al funcionamiento habitual del ecosistema. Los cambios más notorios se evidencian en los 35 millones de hectáreas afectadas hoy en día por desertificación y erosión, la disminución de la capa de ozono causada por la emanación y acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, disminución de cuerpos de agua dulce, reducción de la biodiversidad, bioacumulación de elementos peligrosos en plantas y animales, etc. Estas variaciones en el ecosistema afectan la salud, continuidad y el correcto desenvolvimiento de todas las especies, siendo el aumento de la población uno de los factores que más empeoran el panorama, pues hace que los impactos ambientales empeoren proporcionalmente y que sean cada vez menores las probabilidades de reponer el ecosistema a sus características habituales, disminuyendo nuestro tiempo de permanencia en el planeta. (Guevara, y otros, 2011)



Gráfico 1-1: Deterioro del ecosistema

Fuente: (NASA, 2012)

En la gráfica podemos observar fotos del planeta Tierra obtenidas por satélites de observación de la NASA, en las que se compara el drástico cambio que ha tenido el ecosistema en las últimas décadas. La disminución de las áreas verdes es evidente, lo que aumenta el riesgo de sequías, incendios y desabastecimiento en las zonas más secas, los residuos humanos hacen que el daño sea mayor afectando la calidad del suelo, agua y aire, además de que la temperatura global ha subido 0,8°C en los últimos 100 años derritiendo paulatinamente los casquetes polares. El deshielo ha hecho que aumente el nivel del mar 8 cm en los últimos 20 años, lo que conllevaría a la futura desaparición de poblaciones costeras e islas. (NASA, 2012)

1.2.3 Cumbre de la Tierra

La llamada Cumbre de la Tierra de Estocolmo fue la primera gran conferencia que realizó la ONU sobre temas relacionados con el ambiente, se la realizó en 1972 y convocó en esa ciudad sueca a representantes de 113 países y más de 400 organizaciones. Con el objetivo de debatir esta temática a escala mundial para luchar por el derecho del ser humano de vivir en un entorno de calidad, así también su obligación de cuidar y preservar los recursos para generaciones presentes y futuras. Esta conferencia es considerada pionera en la conciencia ambiental como problema global, ya que exhorta a los gobiernos y empresas a implantar sus principios y recomendaciones ambientales en su legislación, con el fin de reducir las emisiones de residuos contaminantes al ecosistema. La Declaración de Estocolmo está conformada por 26 principios sobre medio ambiente, un plan de acción con más de 100 recomendaciones y una resolución, los líderes mundiales acordaron reunirse

cada diez años para realizar un seguimiento detallado de los cambios ambientales, para definir contingentes y que podamos contribuir como individuos y sociedad. (Flores Espinoza, 2013 pág. 20)

Diez años después, la ONU aprobó en sesión plenaria la Carta Mundial de la Naturaleza, que hace énfasis en la necesidad de no desperdiciar recursos naturales teniendo en cuenta la capacidad que tiene el ecosistema para sustentar la vida humana a largo plazo. También insiste en lo importante que es preservar a todas las especies del planeta, pero sobre todo a las que se encuentran en peligro de desaparecer. En 1992 se realizaba la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, que aprobó el plan denominado Agenda 21 y la Declaración de Río, que abarcaban acciones inherentes a la eliminación de sustancias tóxicas emitidas al ambiente, mitigar el cambio climático y proteger la biodiversidad. La siguiente Cumbre de la Tierra se la realizó en la ciudad de Johannesburgo en el 2002, donde se acordó mantener las acciones para promover el desarrollo sostenible a nivel mundial, además de formular la Declaración de Johannesburgo. (Flores Espinoza, 2013 pág. 21)

La Cumbre Río+20 celebrada en 2012, actualizó la implementación de conceptos sobre desarrollo sustentable y generó un plan para impulsar una economía amigable con el medio ambiente, plan que fue duramente criticado por la falta de compromiso de países desarrollados en la toma de decisiones trascendentales como en la disminución de emisiones, ya sea por falta de financiamiento o por la incapacidad de tomar nuevas medidas más viables. Esta cumbre aprobó un documento donde se reiteró el compromiso internacional hacia el desarrollo sostenible, haciendo alusión a que en los próximos años se dará seguimiento a las negociaciones para que los países desarrollados se comprometan y poder cumplir con los principios establecidos 20 años atrás. (Flores Espinoza, 2013 pág. 21)

1.2.4 Bioabonos, alternativas sustentables contra la contaminación

Los bioabonos representan una opción viable para la disposición final de desechos orgánicos, pues se fabrican reciclando residuos de origen vegetal, animal o mixto, transformándose hasta lograr sustancias inodoras, libres de patógenos y con características que potencian los suelos de cultivo sin la necesidad de fertilizantes químicos. Al ser componentes similares a los del suelo fértil se acoplan con facilidad y liberan con el tiempo sus nutrientes después de la aplicación, evitan las oscilaciones en el pH, mejoran la capacidad de retención y oxigenación del suelo de cultivo. Dentro de los abonos orgánicos más comunes está el compost, que es un proceso mediante el cual diferentes tipos de residuos orgánicos se deben homogenizar sistemáticamente junto con suelo bajo ciertos parámetros de humedad y temperatura. Su fabricación dura generalmente varios meses dependiendo

las condiciones y la calidad del tratamiento, por su naturaleza se lo usa para recuperar suelos desgastados preparándolos para la siembra. (Porras, 2013 pág. 35)

A diferencia del compost, el biol se lo realiza en condiciones de 100% de humedad, lo que hace que se lo pueda usar de dos maneras, como reactivador de suelos desgastados previo a la plantación y también se lo coloca de manera foliar en las diferentes etapas del crecimiento de las plantaciones, funciona como abono, plaguicida natural y enraizante. El proceso de producción del biol representa la instalación de un biodigestor de bajo costo, que emite principalmente gas metano y dióxido de carbono como productos secundarios. Esta tecnología se ha desarrollado desde hace varios años en países asiáticos, ya que por su nivel de consumo se vieron en la necesidad de ingeniarse modos de vida más sustentables. En Sudamérica los países pioneros en acoger esta propuesta son Argentina, Brasil, Colombia, Cuba y ciertas partes del altiplano de Bolivia, gracias a convenios de transferencias tecnológicas que hacen posible que estas prácticas se divulguen y apliquen. (Porras, 2013 pág. 40)

Por estas razones, el biol es el centro de la presente investigación, pues representa un tipo de abono natural con varios usos prácticos, lo que lo convierte en una práctica eficiente, de bajo costo, sustentable y poco explotada a comparación de otras tecnologías renovables.

1.3 Bases Teóricas

1.3.1. Residuos Sólidos

Son los objetos provenientes de cualquier actividad de producción o de consumo, que se desechan al no representar ningún interés para la acción principal. La bibliografía en general define a los residuos sólidos de manera muy parecida, como inútiles y sin uso aparente para quien lo tenga, por lo que es inevitable deshacerse de los mismos.



Gráfico 1-2: Residuos Sólidos EP-EMMPA

Fuente: (EP-EMMPA, 2014 pág. 14)

Teniendo esto en cuenta, no es sorpresa que toda acción humana produzca significativas cantidades de residuos de todo tipo, debido al aumento continuo del consumismo y la obsolescencia la legislación de muchos países ha ido cambiando, imponiendo nuevas normativas que prohíben la apertura de nuevos vertederos y aplicando costos altos por cada vertido. Medidas que son necesarias para mitigar la contaminación y para tener la necesidad de darles un tratamiento a los residuos, que haga que el vertido sea inocuo para el ambiente. (Elías Castells, 2009 pág. 102)

1.3.1.1. Clasificación de los residuos sólidos

Orgánicos

Son los residuos sólidos provenientes de algún ser vivo, tienen la característica de desintegrarse rápidamente de manera natural, dando paso a otra clase de material orgánico más simple, que no afecta de manera negativa al ambiente a menos que sus cantidades dificulten la degradación normal. Los residuos orgánicos más comunes los observamos en los restos de comida, frutas, verduras, carne, huevos. (Sepúlveda, 2010 pág. 36)

- **Frutales.**- Son los residuos provenientes de restos de frutas que se caracterizan por ser una fuente primaria de carbono, aunque pueden variar sus características dependiendo el estado de maduración y la clase de fruta. Su relación C/N estará cercana a 40:1. (Sierra, y otros, 2012)
- **Leguminosas.**- Los residuos de origen leguminoso se derivan de plantas dicotiledóneas, generalmente de legumbres y se caracterizan por contener más nitrógeno que otro tipo de

especies vegetales orgánicas. Su relación C/N estará en el rango de 10-15:1.(Sierra, y otros, 2012)

Inorgánicos

Son residuos que no son biodegradables debido a sus características estructurales, su origen puede ser natural pero su modo de fabricación hace que la degradación sea sumamente lenta. Entre los más comunes tenemos los plásticos, metales, latas y vidrios, se los puede reciclar aplicando métodos mecánicos y sintéticos. (Sepúlveda, 2010 pág. 36)

Peligrosos

Son aquellos desechos que representan un riesgo a la salud humana y al ambiente por sus características tóxicas, infecciosas o inflamables, generalmente provienen de los hospitales e industrias considerándose también peligrosos a los recipientes e instrumentos con los que se los haya manipulado. (Paniagua, 2011 pág. 10)

1.3.1.2. Impactos ambientales

Suelo

El ser humano ha dispuesto desde siempre sus residuos en el suelo, siendo así el recurso donde más evidenciamos la contaminación, el nulo tratamiento y acumulación provocan la generación de lixiviados, agentes contaminantes producto de la putrefacción de residuos sólidos que se filtran, modificando sus características y afectando el equilibrio de su microfauna. También aceleran el proceso de erosión, pues inhabilitan el suelo para cultivos e incita a la proliferación de enfermedades infecciosas. Cuando se ha perdido totalmente la calidad del suelo llega la desertificación, haciendo que sea imposible el proceso de bioremediación. Las precipitaciones, vientos, animales e insectos transportan sus elementos nocivos hacia los demás componentes del ecosistema. (MINAM, 2010)

Atmósfera

Mientras los residuos sólidos se descomponen generan gases como el metano, dióxido de carbono y sulfatos, que producen malos olores y contribuyen al efecto invernadero. Al realizarse

incineraciones a cielo abierto en los vertederos se reduce el tamaño físico que ocupan los contaminantes, pero los elementos diminutos emanados viajan más lejos en la atmósfera. Por la disminución del tamaño de las partículas da la impresión de que su impacto en la naturaleza sería asimilable pero no es así, los contaminantes se bioacumulan en los tejidos de plantas y animales, afectando a un área mayor a la que ocupaban antes de la incineración. (MINAM, 2010)

Cuando la atmósfera contiene partículas nocivas se puede formar la lluvia ácida, que sucede cuando el vapor de agua se condensa junto con corrientes de aire frío y en su precipitación reaccionan con los compuestos peligrosos como el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, formando ácidos nítricos y ácido sulfuroso. Dichos contaminantes generalmente afectan sitios lejanos de donde se produjeron, por estas razones debemos preservar la calidad de la atmósfera para sustentar la vida dándole una correcta disposición a los residuos sólidos, ya sea reutilizándolos en procesos de producción o en rellenos sanitarios modernos. (MINAM, 2010)

Agua

El recurso hídrico abarca todo tipo de cuerpo de agua, su proceso de contaminación varía dependiendo del sitio donde ocurra, ya que el agua siempre está en movimiento y transportará contaminantes hacia cualquier efluente. El proceso de contaminación es causado por la mala disposición de los residuos sólidos, existiendo diferentes efectos en aguas superficiales o subterráneas.

- Contaminación de aguas superficiales.- Los residuos sólidos en putrefacción contienen bacterias y microorganismos, los mismos que son muy peligrosos pues tienen el potencial de acidificar el agua y eliminar el oxígeno. Al no implementar tratamientos a los residuos sólidos se provoca que las reservas de agua dulce sean cada vez más escasas, sin mencionar que afecta directamente al hábitat de especies marinas y demás seres vivos, teniendo en cuenta que se pueden propagar enfermedades e infecciones a través de la cadena alimenticia muy fácilmente. Cuando existen residuos sólidos de gran tamaño estorbando el flujo de agua, ya sea de un río o de alguna desembocadura, pueden actuar como represa haciendo que el agua cambie su corriente habitual, aumentando el riesgo de inundaciones debido a cambios climáticos propios de las épocas del año. Los residuos más comunes de este tipo son bolsas grandes de basura, escombros de metal, madera, construcción, así como colchones y muebles. Esto también afecta a las zonas

de cultivo aledañas, pues la modificación de dicho cuerpo de agua hará que cambie el ciclo de vida de los sitios adyacentes.(MINAM, 2010)

En las regiones costeras los residuos sólidos deterioran el hábitat de flora y fauna, marina y terrestre, la mayoría de las veces los residuos que se encuentran en estos sitios viajan desde muy lejos a través de ríos que desembocan en el océano, afectando también a la economía de zonas de entretenimiento como playas y balnearios, pues el impacto ambiental, visual y estético tendrá un impacto negativo en el turismo, pesca y actividades que dependen de la conservación de estas zonas. Con la contaminación por residuos sólidos en aumento, el agua debe potabilizarse bajo altos estándares pues las sustancias peligrosas y microorganismos pueden ser muy variados para el consumo del ser humano. El problema es tal, que el agua destinada para riego también suele recibir tratamiento antes de su uso, pues debe recuperar las características naturales que se han deteriorado ya que hoy en día el agua puede estar muy contaminada si no se conoce su procedencia. Se debe tener en cuenta que si una población requiere estos servicios de remediación debe recurrir a gastos elevados, dichos tratamientos llevan tiempo y son muy costosos.(MINAM, 2010)

- Contaminación de las aguas subterráneas.- Esta clase de contaminación sucede cuando los residuos sólidos acumulados emiten lixiviados producto de su putrefacción, se filtran a través de las capas del suelo, llegando a reservorios o ríos subterráneos. Estas corrientes pueden transportar o almacenar grandes cantidades de residuos que afectan directamente la salud de poblaciones, quienes pueden depender sólo de estas fuentes para su uso y consumo. (Sierra, y otros, 2012 pág. 41)

Paisaje

No se menciona con frecuencia pero el mal manejo de los residuos deteriora el paisaje de nuestro entorno, su presencia constante en sitios de uso general puede tener efectos en la salud, produciendo estrés, mal humor, disminución de la productividad. La falta de buenas costumbres con nuestros residuos puede afectar nuestro crecimiento como sociedad, pues la calidad de vida disminuiría al no tener armonía con la población en general y el espacio que compartimos. (MINAM, 2010)

Salud

Los residuos sólidos pueden propiciar cambios adversos en nuestro organismo, a causa de las bacterias, virus y contaminantes químicos peligrosos que emanan y que se transmiten generalmente por los diferentes ciclos ambientales, llegando con facilidad hacia nosotros a través del aire, alimentos y productos de consumo. Existen también contaminantes mucho más tóxicos que otros, que pueden ser potencialmente carcinógenos, generalmente los más afectados son pobladores de locaciones cercanas a vertederos o industrias. (Hernández, 2013 pág. 28)

Las afecciones a la salud con respecto al manejo inadecuado de desechos sólidos se pueden catalogar en dos tipos:

- **Efectos Directos.**- Se refiere a los efectos que experimenta el hábitat y los individuos que mantienen diariamente un contacto directo con los residuos, como el personal que los manipula sin equipo adecuado además de las formas de vida existentes en cuerpos de agua y suelo que sirven como vertederos. Las afecciones más comunes de este tipo causan erupciones dérmicas, infecciones en las vías respiratorias e intestinos, otitis aguda, conjuntivitis y alergias diversas. (Hernández, 2013 pág. 28)
- **Efectos Indirectos.**- Son las repercusiones causadas por el contacto con portadores de enfermedades infecciosas o compuestos bioacumulables relacionados a la putrefacción de los residuos. Estos transmisores generalmente son insectos, mamíferos menores y aves, que son capaces de propagar el dengue, cólera, gripe, metales pesados y contaminantes hacia locaciones apartadas de la fuente principal donde se originó la emisión. (Hernández, 2013 pág. 29)

1.3.1.3. Gestión Integral de los Residuos Sólidos

Reciclaje y recuperación de materiales

El reciclaje es un método que ayuda a disminuir la cantidad de residuos sólidos que serán abandonados en un vertedero de basura, ya que las personas somos capaces de extender la vida útil de diferentes recursos dándoles un correcto manejo. Generalmente en los centros de acopio los residuos reciclables son recuperados de diferentes maneras, ayudando a reducir la explotación de nuevos recursos y el gasto innecesario de energía. (García, y otros, 2001 pág. 56)

Recolección y transporte

Se recolectan los residuos sólidos y materiales reciclables para ser transportados hacia un vertedero de basura o una estación donde se le vaya a dar un tratamiento para hacerlos menos nocivos. El transporte no representa un problema en poblaciones o ciudades pequeñas donde las distancias son cortas, pero en grandes ciudades sí implican gastos económicos considerables. En estos casos es común que la recogida la puedan realizar diferentes entidades, privadas o públicas. (García, y otros, 2001 pág. 56)

Tratamientos y disposición final

Los tratamientos son las operaciones que se realizan para eliminar residuos o para obtener recursos de los mismos que puedan ser aprovechados. La disposición final de los residuos sólidos se refiere generalmente a vertederos controlados, que vienen a ser el lugar donde van a dar los residuos que no se pudieron reaprovechar, las opciones más comunes para controlar los desechos son:

- **Vertedero.**- Los basureros generales han sido nuestra salida hacia los problemas de acumulación y generación excesiva de residuos, realidad que ha ido evolucionando ya que un vertedero diseñado en estándares actuales evita en gran parte la contaminación que estos procesos causan, disponiendo los desechos sólidos bajo el suelo, eliminando incomodidades o riesgos para la seguridad y salud pública. Se evita la filtración de lixiviados mediante plásticos aislantes y tuberías colocados en las partes más bajas del vertedero. (García, y otros, 2001 pág. 40)
- **Incineración.**- Se refiere al tratamiento de los residuos sólidos mediante la aplicación de altas temperaturas, dando como resultado una considerable disminución de su masa pues solo quedan rechazos no combustibles. Al mismo tiempo se generan gases producto de la ruptura de los enlaces químicos de los desechos, entre los compuestos volátiles generalmente están presentes compuestos nitrogenados, dióxido de carbono y vapor de agua. Se lo realiza colocando el material dentro de un horno, subiendo la temperatura y dejándolos secar. (Ferreira, y otros, 2010 pág. 36)
- **Bioabonos y biocombustibles.**- Son productos resultantes de procesos naturales, en los que interviene biomasa animal o vegetal junto con microorganismos y varias sustancias, que están sujetos a ciertas condiciones ambientales para su correcta formación. Dando como resultado

compuestos eficientes, inocuos para el ambiente y libres de agentes nocivos e infecciosos. (Jaramillo, y otros, 2008 pág. 56)

1.3.1.4. Identificación y manejo de los residuos sólidos en la EP-EMMPA

Al ser la EP-EMMPA un mercado de productores agrícolas al por mayor, sus residuos sólidos se diferencian a los del resto de la ciudad por su evidente alto porcentaje de materia orgánica, la manipulación, venta y consumo de los alimentos causan que los residuos estén presentes en cada momento de la jornada laboral. Al existir días en los cuales la afluencia de gente es mayor, la producción de residuos varía, debido a ello, se dificulta obtener datos reales de la cantidad y características de los residuos sólidos generados en la empresa. Estos datos forman la base para cualquier medida que se desee tomar para su tratamiento y disposición final, pues los residuos agrícolas son susceptibles a reaprovecharse como materia prima y biotransformarse en compuestos inocuos para devolverlos al medio ambiente. (EP-EMMPA, 2014 pág. 20)

La limpieza y recolección de los residuos la realizan diariamente los encargados de higiene de la empresa, quienes los colocan en recipientes que son agrupados en sitios específicos para que sea más fácil vaciarlos en el camión de la basura. El GAD-M de Riobamba a través de la Dirección de Higiene, se hace responsable de la recolección y transporte de los desechos de este y todos los mercados municipales hacia el vertedero que utiliza la ciudad.

Acorde a la ordenanza municipal que gestiona el manejo integral de los desechos sólidos, se entregaron a los comerciantes 30 recipientes y se ha instalado dos puntos ecológicos cercanos a las naves de comercialización, donde materiales reciclables pueden ser colocados para evitar que la totalidad de los desechos vayan a la basura. Lo que ha llevado a la empresa a emprender campañas de concienciación y educación ambiental para que usuarios, productores o empleados conozcan y apliquen estas prácticas. (EP-EMMPA, 2014 pág. 20)

1.3.2. Biodigestores

Son recipientes o tanques cerrados donde se degrada materia orgánica a través de microorganismos, que pueden presentar reacciones aeróbicas o anaeróbicas dependiendo el tipo de fermentación requerida. Los biodigestores son equipos que se pueden implementar de muchas maneras y tamaños por sus componentes fáciles de conseguir, su función es mantener en su interior las condiciones

propicias de temperatura, humedad, oxigenación y pH, haciendo que la biomasa se digiera en compuestos orgánicos más simples que son fácilmente asimilables para la naturaleza, a la vez que nos beneficiamos con su uso. La reacción en su interior genera gases durante todo el proceso, por lo que necesita una válvula y un reservorio de almacenamiento dependiendo del tipo de sistema que se use (continuo, discontinuo, semicontinuo). (Olaya Arboleda, 2009 pág. 60)

1.3.2.1. Digestión Anaerobia

Se refiere a la descomposición de material orgánico a través de microorganismos en ausencia de oxígeno, generando un gas natural como derivado de la depuración del sustrato, compuesto por altas concentraciones de metano dependiendo del tipo de material degradado (Campos, y otros, 2012 pág. 25)

Factores a considerar en la fermentación anaerobia:

Material de carga

Se refiere a los residuos orgánicos que se van a degradar dentro del biodigestor, la fermentación va a producirse al colocar dos tipos de material de carga: el primer tipo debe ser fuente de nitrógeno, que ayuda en la formación de estructuras celulares, y el segundo debe tener alto contenido de carbono, que sirve como fuente de energía en la reacción. (Verdezoto, 2014 pág. 42)

Relación Carbono Nitrógeno

La materia orgánica contiene carbono y nitrógeno en diferentes proporciones, esta relación nos indica la predominancia de cualquiera de ambos elementos. Los microorganismos se nutren de ellos permitiendo la fermentación metanogénica, por lo que es importante que el biodigestor contenga un sustrato equilibrado entre fuentes de carbono y de nitrógeno, para una mejor degradación. (Verdezoto, 2014 pág. 42)

Temperatura

Es un factor ambiental que debe controlarse para que el interior del biodigestor se mantenga en un rango de 30°C a 35°C. Esta temperatura da un medio ideal para la reproducción de los microorganismos, acelerando la degradación del material de carga y disminuyendo el tiempo de producción. (Verdezoto, 2014 pág. 43)

pH

El potencial de hidrógeno nos indica el estado de la reacción metanogénica, el pH óptimo va en un rango de 6.5 a 7.5. Si los valores bajan de 5, se corre el riesgo de putrefacción, si son mayores de 8 inhibe el crecimiento celular, deteniendo el proceso de fermentación en ambos casos. El pH se puede corregir de manera práctica, de ser necesario, si es muy ácido se puede añadir sustratos fertilizantes, ceniza o licor fermentado, al mismo tiempo que se retira una cantidad similar del afluente. (Verdezoto, 2014 pág. 43)

Agitación

Es el proceso que homogeniza el contenido del biodigestor evitando que se acumulen sólo en ciertos sitios, así los microorganismos pueden desarrollarse uniformemente eliminando espacios muertos sin desarrollo bacteriano. La frecuencia de agitación es muy importante, pues si se lo realiza cada corto tiempo se puede impedir que se desarrolle normalmente la síntesis y formación de compuestos. Los métodos de agitación son muy variados y van desde movimientos repetitivos manuales hasta dispositivos que realizan una mezcla muy eficiente del sustrato, dependiendo del tipo de biodigestor con el que se cuente. (Verdezoto, 2014 pág. 44)

Tiempo de retención

Es el tiempo que el sustrato se mantiene dentro del biodigestor degradándose hasta obtener el producto deseado. Puede variar dependiendo del diseño del biodigestor, la temperatura, humedad, agitación, el tamaño de las partículas y la calidad de la biomasa usada. (Verdezoto, 2014 pág. 44)

Etapas de la digestión anaerobia

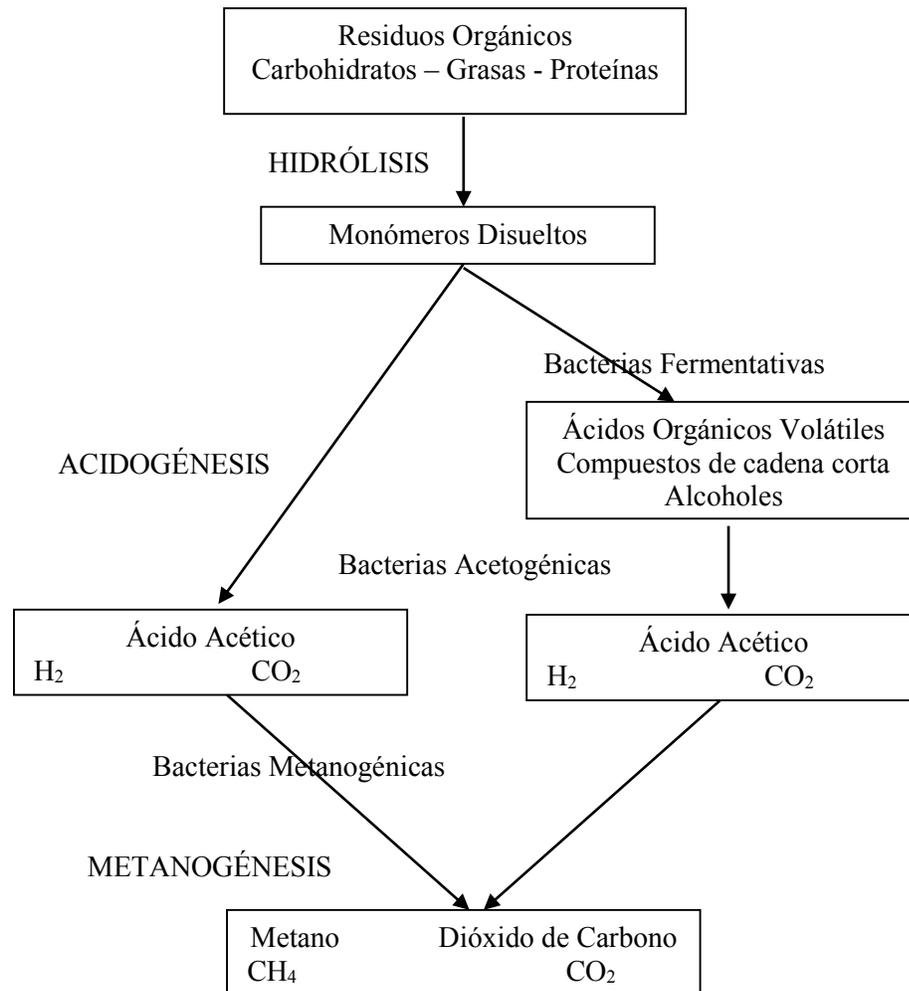


Gráfico 1-3: Etapas de la digestión anaerobia

Fuente: (Olaya Arboleda, 2009 pág. 39)

- Primera etapa (Hidrólisis).- La materia orgánica del biodigestor es hidrolizada en componentes más simples y solubles gracias a la acción de enzimas, que van a descomponer los polímeros dando como producto ácidos carboxílicos, azúcares solubles, glicerol y aminoácidos. Esta producción de ácidos hace que el pH baje, por lo que se puede adicionar bicarbonato de sodio o minerales para compensar la acidez. (Bernal, y otros, 2014 pág. 57)
- Segunda etapa (Formación de ácidos).- Los productos resultantes de la hidrólisis serán metabolizados en el interior celular, a través de rutas como:

- ✓ Metabolismo acidogénico.- Los microorganismos formadores de ácido van a convertir los productos de la primera etapa en ácidos orgánicos, cuyas cantidades y proporciones dependerán del tipo de compuestos que tengamos en el sustrato, entre los más comunes tenemos la formación de etanol, hidrógeno, dióxido de carbono, ácido acético, láctico, fórmico, etc.
- ✓ Metabolismo acetogénico.- El hidrógeno y el dióxido de carbono se transforman junto con los compuestos resultantes de la flora acidogénica, formando acetato por dos diferentes rutas:
 - A través de la fermentación de ácidos y alcoholes, proceso llamado deshidrogenación acetogénica.
 - Por medio de bacterias homoacetogénicas a partir de hidrógeno y dióxido de carbono.

Estas clases de microorganismos transforman los productos de la hidrólisis, en sustratos aptos para la metanogénesis. (Bernal, y otros, 2014 pág. 58)

- Tercera etapa (Metanogénesis).- En la última etapa actúan bacterias metanogénicas en la formación de metano mediante dos vías: En la primera por fermentación del ácido acético más bacterias metanogénicas y la segunda por reducción del dióxido de carbono por hidrógeno. Así que, dos tercios del total de metano producido se derivan de la fermentación del ácido acético, formado en la segunda etapa y el tercio restante es resultado de la reducción del dióxido de carbono por el hidrógeno. (Bernal, y otros, 2014 pág. 58)

1.3.2.2. Tipos de biodigestores

Sistema Continuo

Este tipo de biodigestor tiene un flujo constante de sustrato activo en su interior, generalmente son sistemas modernos que usan equipos sofisticados para su alimentación, agitación, monitoreo, calefacción y enfriamiento para poder obtener una producción continua. (Salazar, 2012 pág. 34)

Sistema Semicontinuo

Son sistemas que resultan muy eficientes en la producción de biogás, pues el biodigestor se alimenta con sustrato al mismo tiempo que se descarga la misma cantidad de efluente, esto se realiza en periodos cortos de tiempo, manteniendo una cantidad de biomasa constante mientras la producción de biogás es continua. Por eso no suelen ser usados para obtención de abonos ya que el sustrato está activo todo el tiempo produciendo biogás, se pueden construir a pequeña como a mediana escala dependiendo el espacio y la disponibilidad de materiales. En áreas rurales donde existe mayor espacio y disponibilidad de materia prima, se los pueden realizar de mayor tamaño para que tengan un periodo de vida más largo y en zonas urbanas se los realiza con materiales de menor costo y de menor vida útil para acoplarse a las dimensiones limitadas que existen en las ciudades hoy en día. (Salazar, 2012 pág. 57)

Sistema Discontinuo

Se los llama también biodigestores de carga fija, pueden tener un sistema de agitación o no ya que se la puede realizar de forma manual y la carga de material se realiza una sola vez. Funciona cerrado herméticamente para evitar la presencia de oxígeno, en un lapso de 30 a 50 días finalizará la fermentación y su descarga se realizará cuando el sistema deje de emanar gas. (Salazar, 2012 pág. 57)

1.3.2.3. Biodigestores más comunes

Pozo Séptico

Es el biodigestor que se usa normalmente para disponer las aguas residuales domésticas, para que funcionen correctamente se deben separar los componentes residuales de jabón y detergentes, pues interfieren en el metabolismo de los microorganismos. Por estas razones los pozos sépticos se tienen que manipular con frecuencia para retirar los residuos que se agrupan con rapidez causando un efecto tapón. (Rubí, 2005 pág. 20)

Chino

Este biodigestor es costoso debido a la necesidad de construir una cámara de gas con materiales macizos como ladrillos, cemento, hormigones, etc. Este domo contiene tuberías internas y su

superficie interior es sellada para almacenar el biogás, en el sitio más alto se encuentra un tapón para que sea más fácil su asepsia. Debido a las dimensiones del digestor la presión del biogás puede ejercer fuerza hacia las estructura, por lo que se deben usar componentes de calidad para evitar que en algún momento colapse, lo que le da una vida útil promedio de 20 años si se le da mantenimiento controlado. Este diseño ha sido muy popular en agricultores en China, no así en el resto del mundo debido a la dependencia del gas licuado de petróleo. (Rubí, 2005 pág. 21)

Taiwanés

Se desarrollaron específicamente porque los materiales usados para su construcción son más simples y baratos en comparación a los biodigestores de diseño chino, en sus inicios se usaba nylon y neopreno, siendo reemplazados hoy en día por bolsas de polietileno que se inflan con el gas producido en la fermentación. Este tipo de biodigestor es el más ecológico por sus costos, su aporte en el manejo de desechos orgánicos y reduciendo al mismo tiempo la dependencia de otras fuentes de energía no renovables. (Rubí, 2005 pág. 24)

Biodigestor de polietileno

Este biodigestor está conformado por un tubo de admisión de plástico, que debe tener 30 cm de diámetro aproximadamente para que puedan ingresar los residuos con normalidad, debe colocarse de modo que no pueda ingresar aire a la bolsa de almacenamiento, donde sucede la fermentación. Su tamaño varía dependiendo la cantidad de sustrato que se use, si supera la capacidad de la bolsa se pueden anclar más a través de tubos de plástico. Es adecuado que cuente con un dispositivo de agitación y de calefacción, además en su construcción se debe colocar de preferencia una pared de tierra en la pared norte del biodigestor, para evitar la pérdida de calor por posibles vientos, permitiendo que en lado sur pueda recibir calor solar manteniendo la temperatura de la bolsa constante. Estas bolsas se pueden desconectar e instalarlas cerca de la cocina para su uso. (Rubí, 2005 pág. 32)

El tubo de salida del efluente estará colocado al lado contrario del tubo de entrada, y el tubo de metano transporta el biogás al lugar donde se van a usar. Como dispositivo de seguridad se coloca una botella con agua en el tubo de salida para evidenciar el cambio de presión, así evitamos una posible avería del biodigestor por si ésta aumenta demás. Se debe realizar mantenimiento, pues el sustrato puede sedimentar con el pasar de los meses, evacuándolos por medio de las tuberías

internas. Este sistema es muy eficiente en su producción pero el costo puede ser mayor al de otro tipo de biodigestores. (Rubí, 2005 pág. 33)

1.3.3. Biol

Es un abono líquido, proveniente de la fermentación anaerobia de residuos orgánicos y estiércol, rico en nitrógeno amoniacal, aminoácidos, vitaminas y minerales. Provee de fitoreguladores a suelos de cultivo, potencia la germinación de las semillas, el enraizamiento, crecimiento y floración de las plantas. Complementa el proceso de fertilización del suelo, permite reutilizar desechos de animales y no tiene ningún efecto peligroso para el ambiente, actúa contrarrestando a las plagas que pueden alimentarse de las hojas, tallos y frutos pues se asimila fácilmente. Dependiendo de nuestras necesidades y el tipo de cultivo que tengamos se van a programar aplicaciones sistemáticas mientras dure el periodo de siembra, crecimiento y floración, gracias a la presencia de hormonas vegetales de crecimiento. Algunos tipos de material orgánico pueden producir compuestos que actúan como repelentes de insectos, aunque no los matan, los desestabilizan y mantienen las plagas dentro de límites tolerables sin necesitar compuestos químicos que son muy peligrosos y bioacumulables. Aproximadamente el 90 % del material entrante en el biodigestor se transforma en biol, debido a la variación en las características de sus componentes se puede decir que cada biol es único, pero generalmente en el proceso se mantienen las proporciones de elementos como N, P, K, Mg y se evidencia un bajo porcentaje de sólidos totales que van desde el 1 al 5%. (Cajamarca, 2012 pág. 27)

1.3.3.1. Método de obtención

No existe un método estándar para obtener biol debido a que sus componentes pueden variar dependiendo de los recursos locales disponibles y las condiciones ambientales donde se lo lleve a cabo, en todos los casos se debe controlar la relación entre los componentes usados para evitar la putrefacción. En la biodigestión, la fuente de carbono serán los residuos sólidos orgánicos y la fuente de nitrógeno será el estiércol, gracias a que su composición oscila entre el 3 y el 5 % de compuestos nitrogenados, además es la fuente de la carga bacteriana que va a degradar los residuos. En la siguiente tabla se muestran los ingredientes requeridos para obtener biol. (España, 2011 pág. 56)

Tabla 1-1 Sustancias para la producción de biol

MATERIAL	CANTIDAD USADA
Agua no potable	130 L
Residuos Orgánicos	1.67 Kg
Estiércol fresco	13.30 Kg
Melaza	6.70 Kg
Leche	0.67 L
Sales Minerales	0.93 Kg
Fosfato di Cálcico	0.45 Kg

Fuente:(España, 2011)

En un recipiente de 150 litros se coloca agua no potable a mitad de su capacidad, donde se agrega el estiércol mientras se agita. Paso seguido se añade la melaza, leche y los residuos orgánicos picados, homogenizando la mezcla. Al final se llena el recipiente con el agua faltante, dejando un espacio vacío y se cierra herméticamente. Se instala una manguera donde el gas metano pueda ser conducido hacia una botella con agua, donde se retiene evitando que tome contacto con la atmósfera. Una semana después, se abre el biodigestor para colocar el fosfato dicálcico y las sales minerales que van a equilibrar la digestión en términos de nutrientes y pH, acto seguido se vuelve a cerrar el biodigestor por 7 semanas más (dependiendo de la temperatura), tiempo en el que se completa la digestión para que el producto finalmente sea filtrado y separando del biosol sobrante. (España, 2011 pág. 60)

1.3.3.2. Ventajas del biol

- Permite un mejor intercambio catiónico en el suelo así como ampliar la cantidad de nutrientes disponibles.
- Ayuda a mantener la humedad y se forma un microclima adecuado para las plantas.
- Se puede emplear por aspersión como fertilizante líquido.
- Es posible aplicarse junto con el agua de riego en sistemas automáticos de irrigación.
- Aumenta y fortalece la base radicular de los cultivos.
- Incrementa la floración y la fertilidad de las semillas.

- Previene los cambios bruscos en el pH.
- Reducir el uso de químicos que erosionan el suelo.(Duarte, 2014 pág. 28)

1.3.3.3. Objetivos al producir y usar biol

- Reutilizar residuos orgánicos de producción agrícola disminuyendo el impacto ambiental.
- Complementar la nutrición de las plantas aumentando la eficiencia en la producción, mejorando la calidad de los cultivos.
- Contrarrestar los efectos causados por plagas o enfermedades que inhiben el crecimiento y desarrollo foliar.
- Promover el consumo y la producción de alimentos orgánicos libres de residuos químicos.
- Proveer una solución sustentable a los problemas de desperdicio de desechos naturales y solvencia alimentaria mundial(Alvarez, 2010 pág. 33)

1.3.3.4. Calidad y composición

Al finalizar la fermentación metanogénica que ocurre en el biodigestor, se produce un fango que presenta características aptas para usarse como fertilizante. Se filtra el producto obteniendo dos componentes, el biol es el producto líquido predominante y el biosol es el producto sólido minoritario que se puede usar como si fuese un tipo de compost. De acuerdo a las características de la materia prima usada, el producto saliente representará un 90 % de biol y 10 % de biosol aproximadamente, además de contener compuestos nitrogenados y sales minerales en diferentes proporciones.(De la Rosa, 2012 pág. 25)

La cantidad del producto podrá variar junto con la calidad del biol, que dependen del tipo de manejo que hayan tenido los residuos, sus características, asepsia, el tiempo de retención en el biodigestor y las condiciones ambientales en las que se encuentre. En climas cálidos generalmente el tiempo de retención mínimo es de 30 días, alcanzando una descomposición equilibrada de los materiales entrantes.(Potschkal, y otros, 2012 pág. 30)

1.3.3.5. Modo de aplicación

Cuando el biol está listo no puede colocarse como abono directamente, si se lo hace se producirán reacciones adversas por la concentración de los componentes. Se lo debe mezclar junto con el agua

de riego para ser aplicado en suelos desgastados preparándolos para la siembra, además de potenciar la germinación de las semillas y el enraizamiento. En plantaciones se debe diluir el biol a razón de 1.5 a 2 litros en una mochila de 15 litros de capacidad, colocándose con un aspersor de manera foliar, es decir, sobre las hojas para fortalecer las etapas de crecimiento y evitar el ataque de plagas. El biosol que resultó como producto secundario se lo puede colocar alrededor de las plantas para reforzar los nutrientes del suelo. La frecuencia y concentración de las dosis dependen del estado y del tipo de plantación y de las características foliares. (Arana, 2011 pág. 72)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Parte Experimental

La experimentación de este trabajo, se enfocó en la producción de biol con diferentes tipos de material orgánico que produce la EP-EMMPA, por lo que en principio se determinó la cantidad y el tipo de los residuos sólidos orgánicos que ésta genera a diario. A continuación se tomaron muestras frescas de los residuos, se realizó la caracterización físico-química y se estableció el proceso e ingredientes para generar biol a escala de laboratorio. Debido a la digestión anaerobia que tuvo lugar en los biodigestores, y al tipo de residuos usados, se obtuvieron tres tipos de producto. Para finalizar el experimento se realizó un análisis comparativo de las características de cada tipo de biol, donde se demostró el material orgánico más adecuado para este propósito.

2.1.1 Determinación de la cantidad y componentes de los residuos sólidos que produce la EP-EMMPA

2.1.1.1 Determinación de la cantidad de residuos sólidos generados

Con la ayuda de un encargado de higiene se identificó los sitios donde se disponen los residuos, en todos los lugares se diferenciaron recipientes de metal y plástico, que están distribuidos por toda el área de la empresa y se agrupan sólo al terminar la jornada laboral. Se tomó un recipiente de cada tipo y mientras estaban llenos de residuos se midieron sus pesos usando una balanza, a los recipientes se les retiró solo el material inorgánico y se los pesó nuevamente para obtener la masa de este tipo de residuos mediante la diferencia de dichos valores. Luego de que el recolector municipal se llevó todos los desechos se tomó el peso de los recipientes vacíos y se calculó la cantidad de residuos orgánicos por cada recipiente mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Peso de los RSO} = (\text{Peso recipiente lleno} - \text{Peso recipiente vacío} - \text{Peso de los RSI})$$

Para determinar la cantidad de residuos sólidos totales de la empresa la ecuación que se usó fue:

Peso de los RST

= (Peso recipiente lleno – Peso recipiente vacío)

** número de recipientes diarios*

Gráfico 2-1: Recipientes para disposición de residuos de la EP-EMMPA



Fuente: Marcelo Checa Viteri

Se usó esta metodología porque no se separan los residuos en la fuente, esta recolección de valores se repitió todos los días de la semana por un lapso de dos semanas, adquiriendo datos con los que se realizó la media diaria y semanal de los residuos sólidos que genera la EP-EMMPA.

2.1.1.2 Identificación de los materiales que componen los residuos

Durante el proceso de cuantificar los residuos sólidos generados por la empresa se monitoreó también los diferentes materiales que componen la materia orgánica e inorgánica, se separó el contenido de los recipientes usados como muestra identificando la naturaleza de cada partícula, con el fin de determinar si existen posibles residuos peligrosos que puedan afectar a la salud de los productores, usuarios, empleados y el desarrollo de la presente investigación. Mediante la identificación de los tipos de residuos se pudo reconocer la cantidad y los componentes de lo que se

está desechando, abriendo paso hacia un mejor manejo y una adecuada clasificación de los residuos orgánicos e inorgánicos, al tener una clara supremacía de elementos de tipo orgánico se evidenció que casi la totalidad de los desechos de la EP-EMMPA se pueden reutilizar.

2.1.2 Obtención de biol a escala de laboratorio

2.1.2.1 Identificación de los tipos de materia orgánica usada

Se verificó que los desechos sólidos orgánicos generados por la empresa en su mayoría son de dos tipos, residuos frutales y de leguminosas, debido a las naves de comercialización que se deben a este tipo de alimentos.

2.1.2.2 Determinación de la cantidad de muestra y de los ingredientes usados

Se calculó el tamaño muestral de residuos orgánicos y las cantidades necesarias para realizar el proceso a escala de laboratorio partiendo de una base de 4 L de agua no potable, en lugar de los 130 L que se requiere el procedimiento de biol citado.

Tabla 1-2 Cantidad de la muestra de Residuos Sólidos Orgánicos

Cantidad citada	Cálculo	Cantidad de la muestra
1670 g	$X = \frac{4L * 1670g}{130L}$	51.38 g

Fuente: Marcelo Checa Viteri

Tabla 2-2 Cantidades de los ingredientes a escala de laboratorio

Ingredientes	Cantidad citada	Cálculos	Cantidad a escala de laboratorio
Estiércol fresco de vaca	13300 g	$X = \frac{4L * 13300 g}{130L}$	409.23 g
Melaza	6700 g	$X = \frac{4L * 6700 g}{130L}$	206.15 g
Leche de vaca	670 mL	$X = \frac{4L * 670 ml}{130L}$	20.61 mL
Sales Minerales	930 g	$X = \frac{4L * 930 g}{130L}$	28.61g
Fosfato di Cálcico	450 g	$X = \frac{4L * 450 g}{130L}$	13.84g

Fuente: Marcelo Checa Viteri

2.1.2.3 Materiales y Reactivos

Materiales

- Botellones de plástico de 6 L (9)
- Botellas de plástico pequeñas (9)
- Mangueras de 0.35 m (9)
- Aislantes térmicos (5)
- Focos fluorescentes de 40 W (5)
- Boquillas (5)
- 6 metros de cable #24
- Recipiente de 5 L (2)
- Agitador
- Balanza
- Guantes de caucho
- Vasos desechables
- Espátula
- Papel aluminio
- Enchufe
- Taípe
- Desarmador plano y estrella
- Alicates
- Estilete
- Cinta de embalaje
- Plástico de invernadero negro
- Termómetro
- Tiras reactivas para medir el pH

Reactivos

- Agua no potable
- Residuos Sólidos Orgánicos
- Melaza

- Estiércol
- Leche
- Fosfato di cálcico (CaHPO₄)
- Sales minerales (NaCl, Mg, S, I, Zn, Cr, Mn, Se, Cu, Co)

2.1.2.4 Proceso de obtención de biol.

Recolección de residuos sólidos orgánicos.

Se recolectó 1000 g de residuos sólidos frescos proveniente de los recipientes de la EP-EMMPA, los cuales fueron transportados al área predispuesta para el experimento, donde se separaron los componentes frutales y leguminosos de los desechos inorgánicos presentes. A continuación se picó los residuos orgánicos, manteniéndolos separados dependiendo su tipo para poder manipularlos de mejor manera conforme sea necesario.

Preparación del sustrato

En uno de los recipientes de 5 L de capacidad, se colocó 2 L de agua no potable, adicionando al mismo tiempo la muestra de material orgánico de 51.38 g y 20.61 mL de leche. Para la carga microbianase usóel segundo recipiente de 5 L, se dispuso en él los 2 L de agua faltantes y se agregó 409.23 g de estiércol junto con 200 g de melaza, finalmente se agitó el contenido de ambos recipientes hasta homogenizar.

Construcción e instalación del biodigestor

Se tomó un botellón de 6 L y se le realizó un corte en la parte superior, cerca de la tapa del mismo. Lugar donde se le instaló una manguera de 35 cm que va a terminar dentro de una botella de plástico pequeña, llena de agua en $\frac{3}{4}$ de su capacidad. El biodigestor debe estar a una temperatura adecuada para que pueda acelerar su proceso de producción, por lo que se lo cubrió de plástico de invernadero negro y se lo adecuó dentro de aislantes térmicos herméticos forrados de papel aluminio. Como fuente de calor se instaló una conexión eléctrica, se ubicó boquillas y un enchufe con la ayuda de los desarmadores y el alicate cuidando que no haya cables internos expuestos. Los focos fluorescentes son suficientes para mantener la temperatura interior en un nivel que contrarreste el clima de la ciudad de Riobamba.

Cuando la instalación estuvo lista, se colocó el sustrato y la carga nitrogenada dentro del biodigestor, se cerró la tapa con rigidez para evitar el ingreso de aire y se almacenó dentro del aislante térmico con la conexión eléctrica encendida. La sección de manguera con la botella pequeña debe ir por fuera del aislante para que la diferencia de temperaturas ayude en la captación de gas metano.

Número de biodigestores

En principio se realizó 3 biodigestores: en el primero se usó la materia orgánica de frutas, en el segundo material procedente de leguminosas y en el tercero una mezcla 50/50 de ambos tipos de residuos. Salvo este cambio, los biodigestores mantuvieron los mismos componentes y fueron sometidos a las mismas condiciones ambientales. Para poder llegar a datos más exactos al final de la presente investigación, se desarrollaron dos repeticiones de cada tipo de biodigestor, los cuales se usaron para controlar el pH durante el proceso evitando así el ingreso de oxígeno a los biodigestores principales.

Incorporación del sulfato dicálcico y las sales minerales

La incorporación de estos componentes se realizó una semana después de la instalación, lapso en el que los microorganismos iniciaron su proceso de reproducción y estas sales brindaron el equilibrio necesario para que el pH se mantenga cercano a neutro, al mismo tiempo que mejoró la calidad del producto final. A escala del experimento, se determinó que se necesitan 13.84 g de sulfato de calcio y 28.61 g de sales minerales por cada biodigestor, el suplemento Foscal contiene sulfato dicálcico en un 30 % y el 70 % restante está compuesto de sales, por lo que se utilizó 43.3g del suplemento en cada biodigestor para suplir ambas necesidades y se los volvió a cerrar herméticamente.

Monitoreo de parámetros ambientales

Una vez por semana se abren los aislantes térmicos, tomando la temperatura de los biodigestores y agitando cuidadosamente para que los microorganismos no se concentren en lugares específicos, cerciorándose también si existe algún tipo de deterioro en las instalaciones. Las primeras 3 semanas se midió el pH abriendo los biodigestores correspondientes a la primera repetición, las semanas

siguientes se realizó el mismo proceso en los biodigestores de la segunda repetición, de este modo se determinó que la relación de componentes generó un ambiente interno equilibrado en los biodigestores principales, que permanecieron sellados todo el tiempo para evitar el contacto con oxígeno. Después de cada proceso de medición se colocaron nuevamente los biodigestores dentro de los aislantes térmicos donde continuaron su proceso fermentativo.

Separación de Biol y Biosol

Una vez transcurrido aproximadamente 50 días el proceso fermentativo terminó, se corroboró que no existan malos olores y se filtró el fango resultante mediante un saco, separando el biol de la parte sólida o biosol. Se dispone en recipientes en la sombra para su almacenamiento y posterior análisis.

2.1.2.5 Métodos de análisis físico químicos del producto final

Luego del proceso de experimentación se analizaron los diferentes tipos de biol generado, se obtuvieron datos de parámetros que reconocen cualidades y las diferencias que pudieron o no ocurrir gracias al sustrato durante la digestión anaerobia. Los métodos que se usaron para el análisis del biol fueron:

Material Seco

Encender la balanza colocando encima de ella una canastilla de papel aluminio y se procede a encerrarla, disponer el biosol obtenido dentro de la canastilla y anotar el valor.

Material Líquido

Ubicar la cantidad de biol obtenido en cada biodigestor en el recipiente de 4 L que se usó al inicio del experimento y anotar los datos resultantes.

pH

Recoger una muestra de cada tipo de biol en vasos descartables, sumergir en ellos tiras medidoras de pH y anotar los resultados comparando el color resultante con la tabla de valores que viene incluidas en su parte posterior.

Nitrógeno de Nitratos

El laboratorio de SAQMIC utiliza el Sistema de Análisis Pocket Colorimeter II, el cual describe en su manual de usuario el método 355 N Nitrato RA PP mediante sobres de análisis HACH.

Materiales y Reactivos

- 1 sobre de reactivo nitrato NitraVer 5 en polvo.
- 2 cubetas de análisis de 1 pulgada, cuadradas, de 10 mL de capacidad. (HACH, 2003)

Procedimiento

- Seleccionar en la pantalla: **Programas almacenados.**
- Seleccionar el test 355 N Nitrato RA PP.
- Llenar la primera cubeta cuadrada con la muestra hasta la marca de 10 mL.
- Añadir a la muestra preparada el contenido de un sobre de reactivo de nitrato NitraVer 5 en polvo y tapar la cubeta.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**, inicia un periodo de reacción de 1 minuto.
- Agitar con fuerza hasta que el temporizador suene.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**, comienza un periodo de reacción de 5 minutos, en presencia de nitrato aparecerá un color ámbar.
- Después de que suene el temporizador preparar el blanco llenando la otra cubeta cuadrada con 10 mL de muestra.
- Limpiar bien la cubeta que contiene el blanco y colocarla en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: **Cero**. La pantalla indicará 0.00 mg/L NO₃⁻ - N.
- Durante 1 minuto desde que suene el temporizador limpiar bien el exterior de la cubeta con la muestra y colocarla en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: **Medición**. El resultado aparecerá en mg/L NO₃⁻ - N. (HACH, 2003)

Nitrógeno de Amonios

Para obtener la cantidad de nitrógeno amoniacal se usó también el Sistema de Análisis Pocket Colorimeter II, su manual de usuario describe el método salicilatomediante sobres de análisis HACH.

Materiales y Reactivos

- 2 sobres de reactivo de cianurato de amoníaco en polvo
- 2 sobres de salicilato de amoníaco en polvo
- 2 cubetas de análisis, cuadradas, de una pulgada, de 10 mL de capacidad
- Sistema de Análisis Pocket Colorimeter II(HACH, 2003)

Procedimiento

- En la pantalla del Pocket Colorimeter II seleccionar: **Programas almacenados**.
- Seleccionar el test 385 N Amoniacal Salicilato
- Llenar la primera cubeta cuadrada con la muestra hasta la marca de 10 mL.
- Llenar la segunda cubeta cuadrada con agua desionizada hasta la marca de 10 mL para formar el blanco.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo salicilato de amoníaco en polvo a cada cubeta, taparlas y agitar para disolver.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK** y empieza un periodo de reacción de 3 minutos.
- Después de que suene el temporizador, añadir el contenido de un sobre de reactivo de cianurato de amoníaco en polvo a cada cubeta y agitar.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar **OK**, dando inicio a un periodo de reacción de 15 minutos, en presencia de nitrógeno amoniacal tomará una tonalidad verde.
- Limpiar bien el exterior de la cubeta que contiene el blanco y colocarla en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: **Cero**. La pantalla indicará 0.00 mg/L NH₃-N.
- Limpiar bien el exterior de la cubeta que contiene la muestra y colocarla en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: **Medición**. El resultado aparecerá en mg/L NH₃-N. (HACH, 2003)

Calcio

Para la determinación de las cantidades de calcio, el laboratorio SAQMIC utiliza la metodología de STANDARD METHODS, la cual se describe a continuación:

Materiales y Reactivos

- Bureta
- Pipeta de 25 mL
- Vaso de precipitado de 250 mL
- Erlenmeyer
- Cianuro de potasio
- Hidróxido de sodio 1 N Murexida EDTA 0,02M (APHA, AWWA, WPCF;, 1992)

Procedimiento

- Colocar 25 mL de muestra + 1mL de KCN + 1 mL de NaOH (1N) + pizca de indicador Murexida
- Titular con EDTA (0,02M) (APHA, AWWA, WPCF;, 1992)

Cálculo de volumetría

$$G = N * (m.e * mL)$$

Dónde:

G = Peso de la sustancia pura

N = Normalidad

m.e.= Miliequivalente de la sustancia

mL = mililitros empleados

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Cantidad y componentes de los residuos sólidos producidos por la EP-EMMPA

Tabla 1-3 Pesos y porcentajes de los residuos sólidos generados por la EP-EMMPA

DÍA	PESO SEMANA 1		PESO SEMANA 2	
	TOTAL (Kg)	ORGÁNICO(Kg)	TOTAL(Kg)	ORGÁNICO(Kg)
Domingo	1241.96	1179.9	1200.60	1110
Lunes	1531.92	1455.32	1467.78	1357.65
Martes	2105.86	1992.31	2080.54	2000.90
Miércoles	2293.37	2165.17	2100.24	2028.21
Jueves	2610.01	2540.78	2700.37	2570.89
Viernes	3763.63	3552.41	3687.70	3550.45
Sábado	4232.93	3988.27	4121.61	4012.22
TOTAL SEMANAL	17779.68	16874.16	17358.84	16630.32
PROMEDIO/DÍA	2539.951	2410.59	2479.83	2375.76
PORCENTAJE	100%	94.9%	100%	95.8%

Fuente: Marcelo Checa Viteri

Tabla 2-3 Cantidad y proporción de los residuos sólidos generados en la EP-EMMPA

Media semanal total	17569.26 Kg
Media semanal de residuos orgánicos	16752.24 Kg
Media diaria total	2509.89 Kg
Media diaria de residuos orgánicos	2393.17 Kg
Porcentaje total de residuos sólidos orgánicos	95.35 %
Porcentaje total de residuos sólidos inorgánicos	4.65%

Fuente: Marcelo Checa Viteri

- Para determinar la cantidad de residuos sólidos producidos diaria y semanalmente en la EP-EMMPA se realizaron mediciones diarias durante dos semanas, teniendo como resultado que la media semanal de los residuos sólidos producidos es de 17569.26 Kg y la media diaria fue de 2509.89 Kg, en una relación de 95.35% de residuos orgánicos y 4.65% de residuos inorgánicos.

Tabla 3-3 Componentes de los residuos sólidos

Sólidos Orgánicos (95.35%)	Sólidos Inorgánicos (4.65%)
Restos frutales	Fundas plásticas
Restos de leguminosas	Vasos plásticos
Restos de origen animal	Cartones
Restos de comida	Cajones de madera
	Cajones plásticos
	Sacos
	Papeles

Fuente: Marcelo Checa Viteri

- Al mismo tiempo que se determinó las cantidades y porcentajes de los residuos se analizaron también sus componentes, teniendo como residuos predominantes los restos de frutas y de leguminosas ya que los restos de origen animal y de comida son incluso menores a las cantidades de los tipos de residuos inorgánicos hallados.

3.2 Producción de biol

Tabla 4-3 Registro de la temperatura interna de los biodigestores

	Temperatura Biodigestores (°C)								
	Fruta			Leguminosa			Mezcla 50/50		
Semana	F 1	F 2	F 3	L 1	L 2	L 3	M 1	M 2	M 3
1	36	37	36	36	35	36	36	35	34
2	35	36	35	35	36	36	36	37	36
3	36	36	35	37	36	35	35	36	36
4	35	35	36	36	35	35	35	35	35
5	35	34	35	36	35	36	36	35	35
6	34	36	35	35	35	36	36	35	36

Fuente: Marcelo Checa Viteri

- Se instaló un sistema de calefacción, el cual se manipuló con cuidado para tener acceso a los biodigestores y poder realizar las mediciones semanales de temperatura, controlando que el interior de cada uno se mantenga superior a los 30° C, caso contrario el tiempo de retención aumentaría de manera inversamente proporcional, dependiendo cuan bajase encuentre la temperatura a la cual estén sometidos los biodigestores. (España, 2011 pág. 70)

Tabla 5-3 Monitoreo del pH

Tipo de sustrato	pH		
	Frutal	Leguminoso	Mezcla 50/50
Semana 1	4	4	4
Semana 2	5	5	5
Semana 3	5,5	5,5	5,5
Semana 4	6	6	6
Semana 5	6.5	6.5	6.5
Semana 6	6.5	6.5	6.5
Semana 7	7	7	7

Fuente: Marcelo Checa Viteri

- Para determinar el pH del contenido de los biodigestores se realizaron mediciones semanales, este procedimiento no se realizó en todos los biodigestores al mismo tiempo sino que en las primeras semanas se midió este parámetro usando la primera repetición de cada tipo de biol y las últimas semanas se usó la segunda repetición, se obtuvo que el pH al inicio de la reacción es de 4 y va en aumento conforme se añaden las sales y se va desarrollando la digestión anaerobia, llegando a normalizarse en un pH neutro al final del proceso de producción. Al realizarlo de este modo los biodigestores que permanecen cerrados mantendrán sus propiedades intactas para obtener mejores resultados. (España, 2011 pág. 75)

3.3 Análisis de las características del producto final

Tabla 6-3 Cantidad de material obtenido en la experimentación

	Unidad	Biol de frutas		Biol de leguminosas		Biol de mezcla 50/50	
		Total		Total		Total	
Material Seco (Biosol)	g	Total	586.8	Total	548.61	Total	589.6
		Promedio	195.6	Promedio	182.87	Promedio	196.53
Material Líquido (Biol)	L	Total	11.14	Total	11.63	Total	11.27
		Promedio	3.71	Promedio	3.87	Promedio	3.75
pH		7		7		7	
Nitrógeno total	g/L	Total	0.270	Total	0.284	Total	0.208
		Promedio	0.09	Promedio	0.094	Promedio	0.07
Nitrógeno Amoniacal	g/L	Total	0.255	Total	0.256	Total	0.158
		Promedio	0.085	Promedio	0.085	Promedio	0.052
Calcio	g/L	Total	11.13	Total	13.24	Total	11.68
		Promedio	3.71	Promedio	4.41	Promedio	3.89

Fuente: SAQMIC

- Al finalizar la digestión anaerobia se realizó la filtración de los productos por separado teniendo en cuenta el tipo de sustrato usado, en los biodigestores tipo control se obtuvo 3.70 L de biol frutal, 3.90 L de biol de leguminosas y 3.80 L de biol de la mezcla 50/50, que contienen 194.80, 180.89 y 195.26 g de biosol respectivamente. Calculando estos datos junto con los obtenidos de las repeticiones realizadas, se determinó que se produjo en promedio 3.71 L de biol frutal, 3.87 L de biol de leguminosas y 3.75 L de biol en la mezcla 50/50, los cuales a su vez generaron en promedio 195.6, 182.87 y 196.53 g de biosol de cada clase, por lo que se comprobó que en los biodigestores tipo control y sus repeticiones la cantidad de producto líquido y sólido se mantuvo constante acorde al tipo de residuo orgánico usado. En el estudio realizado por (España, 2011) se obtuvo el 97,9% de biol y 2,1% de biosol, lo cual difiere al presente trabajo de investigación ya que se produjo en promedio 92,75% de biol de frutas, 96,75% de biol de leguminosas y 93,75% de biol de la mezcla de ambos residuales. Si bien las diferencias no son muy significativas se evidenció que el biol de leguminosas produjo menos materia seca o biosol que los otros además de generar más cantidad de biol, lo que quiere decir que para los microorganismos del estiércol vacuno degradar los residuos de leguminosas les resulta menos dificultoso que los residuos frutales. (Apamaca, 2008 pág. 83)

- Se tomó una muestra de 100 mL de cada biolen recipientes herméticos y se midió su pH, resultando valores muy cercanos a 7 en los tres casos junto con sus repeticiones, luego se cierran los recipientes para que puedan ser transportados al laboratorio de SAQMIC, donde se realizó los análisis químicos. El producto de los biodigestores tipo control arrojaron los siguientes resultados: El biol de residuos frutales contiene 0.129 g/L de nitrógeno total, 0.125 g/L de nitrógeno amoniacal y 2.27 g/L de calcio. El biol producto de residuos de leguminosas está formado de 0.146 g/L de nitrógeno total, 0.140 g/L de nitrógeno amoniacal y 2.04 g/L de calcio. Por último el biol obtenido de la mezcla 50/50 de frutas y leguminosas se compone de 0.088 g/L de nitrógeno total, 0.085 g/L de nitrógeno amoniacal y 2.88 g/L de calcio. En cambio, en sus repeticiones se obtuvo valores muy diferentes reflejados directamente en la muy baja producción de nitrógeno amoniacal, causado por el ingreso de oxígeno a los biodigestores debido a la manipulación que sufrieron al momento de controlar los parámetros durante el proceso de experimentación, de este modo se vio afectada su fermentación anaerobia dando como resultado datos totalmente diferentes a la tendencia reflejada en los productos generados en los biodigestores tipo control. El nitrógeno amoniacal es esencial para el desarrollo de cultivos pues mejora la absorción de nitrógeno al suelo y a la planta, a diferencia del nitrógeno contenido en estiércol o compost. (Aparnaca, 2008 pág. 85)

Las cantidades de nitrógeno del biol obtenido por (España, 2011 pág. 91) fue del 0.4%, usando sus recomendaciones a una menor escala y a partir de los residuos sólidos de la EP-EMMPA, se obtuvo un 0.12, 0.14 y 0.08 % de compuestos nitrogenados en los biodigestores principales de frutas, leguminosas y mezcla 50/50 respectivamente. Esta deficiencia se debe a la diferencia de la materia utilizada, ya que se usaron los mismos ingredientes en las mismas proporciones pero sus componentes no presentaban las mismas cantidades de nutrientes, además de verse modificada la reacción gracias a las condiciones climáticas y geográficas de la ciudad. El biol hecho con el sustrato de leguminosas fue el que presentó el porcentaje mayor de compuestos nitrogenados, concordando con lo expuesto anteriormente sobre el ligero mejor accionar de los microorganismos para descomponer dichos residuos orgánicos generando más nitrógeno asimilable para el suelo y plantaciones. (España, 2011 pág. 91)

- Los valores de calcio, fósforo y demás minerales no se transforman así que generalmente las variaciones en estos valores son bajas, al igual que aumenta la disponibilidad de nitrógeno también aumenta la disponibilidad del fósforo y disminuye la cantidad de azufre por la

emanación de biogás manteniendo un mejor equilibrio entre los macronutrientes. (Aparnaca, 2008 pág. 59)

- Los datos de la presente investigación indican que los residuos orgánicos de la EP-EMMPA pueden ser biotransformados en biol directamente, es decir, sin la necesidad de separarlos dependiendo si son de origen frutal o leguminoso, esto debido a las cortas diferencias existentes entre sus características individuales al final del proceso de experimentación, diferencias que de algún modo hubiesen podido justificar el esfuerzo de separar los residuos en estos dos tipos al momento de realizarlo a una mayor escala, siendo necesario solamente retirar los pocos residuos inorgánicos que pueden estar mezclados con los residuos orgánicos de la empresa para aplicar el tratamiento de manera conjunta. Cada biol presenta sus propias características como consecuencia de los diferentes componentes que se usaron en su fermentación anaerobia, razón por la cual los bioles hechos con recursos endémicos son muy importantes ya que a partir de desperdicios orgánicos locales se puede fertilizar el suelo, controlar las plagas, mejorar el crecimiento foliar y de las raíces, además de ser una alternativa económica y sustentable a comparación de otras tecnologías más costosas y con menos retorno. (Bayas, 2003 pág. 54)

3.4 Análisis Estadístico

Tabla 7-3 Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Biosol

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1 (a)	2 (b)
Leguminosas	3	182,8700	
Frutas	3		195,4267
Mezcla	3		196,5333
Sig.		1,000	,586

Fuente: Marcelo Checa Viteri

La tabla número 7-3 muestra la existencia de diferencias significativas en la cantidad de biol obtenido según el tratamiento; sea éste, con leguminosas o con frutas. Por otro lado, la tabla evidencia que no hay diferencia significativa en la cantidad de biol obtenido a partir del tratamiento con frutas y con la mezcla.

Tabla 8-3 Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Biol

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1 (a)	2 (b)
Frutas	3	3,7133	
Mezcla	3	3,7567	
Leguminosas	3		3,8767
Sig.		,316	1,000

Fuente: Marcelo Checa Viteri

Respecto a la cantidad de Biol. La prueba estadística muestra que no hay diferencias significativas en la cantidad de biol obtenido a partir del tratamiento con frutas, y a partir del tratamiento con mezcla. Sin embargo, si existen diferencias significativas en la cantidad de biol obtenido con el tratamiento de frutas y leguminosas, así como también, con el tratamiento de mezcla y leguminosas.

Tabla 9-3 Diferencias de medias, según tratamiento para La obtención de Nitrógeno Total

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1(a)	2 (b)
Mezcla	3	,06100	
Leguminosas	3	,07000	,07000
Frutas	3		,07167
Sig.		,072	,868

Fuente: Marcelo Checa Viteri

Los datos de la tabla 9-3, evidencian que existen diferencias significativas en la cantidad de nitrógeno total obtenido, a partir del tratamiento con mezcla, y del tratamiento con frutas.

Tabla 10-3 Diferencias de medias, según tratamiento para la obtención de Nitrógeno Amoniacal

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Mezcla	3	,05200	
Leguminosas	3	,05900	,05900
Frutas	3		,06600
Sig.		,101	,101

Fuente: Marcelo Checa Viteri

Según los resultados de la tabla 10-3, se observa que no hay diferencias significativas en Nitrógeno amoniacal obtenido a partir del tratamiento con mezcla y del tratamiento con leguminosas; así como también entre el tratamiento de leguminosas y el tratamiento de frutas. Sin embargo, sí existen diferencias significativas en el promedio de nitrógeno amoniacal obtenido con el tratamiento de mezcla y con el tratamiento de frutas.

Tabla 11-3 Diferencias de medias según tipo de tratamiento en la determinación de Calcio

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Mezcla	3	4,4733	
Frutas	3	4,5033	
Leguminosas	3		5,6933
Sig.		,976	1,000

Fuente: Marcelo Checa Viteri

Respecto a la cantidad de Calcio contenido por tipo de tratamiento; se observa, diferencias significativas entre el tratamiento de mezcla y el tratamiento de leguminosas; así como, entre el tratamiento de frutas y el tratamiento de leguminosas.

CONCLUSIONES

- En el Mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba se produce semanalmente 17569.26 Kg de residuos sólidos, de los cuales el 95% son productos orgánicos que no se reaprovechan y representan una cantidad importante de materia prima para la obtención de biol.
- Se determinó que los residuos orgánicos más comúnmente desechados en la empresa son de origen frutal y de leguminosas, por lo que se desarrolló tres diferentes tipos de sustrato, uno que contenga sólo residuos frutales, otro con residuos de leguminosas y el último que lo conforme una mezcla 50/50 de ambos residuos. Además de dicho cambio, el resto de los reactivos para generar biol se mantuvieron constantes usando 4 L de agua no potable, 20.61 mL de leche, 206.15 g melaza, 409.23 g de estiércol, 28.61g de sales minerales y 13.84g de fosfato di cálcico.
- Se desarrolló biol a escala de laboratorio mediante la instalación de biodigestores en un lugar vacío y con sombra. Para que la fermentación anaerobia de los diferentes sustratos se dé con normalidad, se tuvo que mantenerla humedad al 90%, dejar fija una botella con agua para contener el biogás producido, monitorear semanalmente que el pH esté cercano a 7 y la temperatura por encima de los 30° C. De este modo la biomasa se transformó y junto con las sales minerales dieron como resultado tres tipos de biol con características similares pero diferentes a la vez.
- En los tres tipos de biol generado, se obtuvieron características físico químicas similares, lo que hace que no sea necesario separar los residuos de la EP-EMMPA en frutales y leguminosas al momento de prepararlos para la producción de biol, ya que sería un esfuerzo innecesario que no traería consigo cambios beneficiosos relevantes al final del proceso, sin embargo se debe tener en cuenta que el bioproducto del sustrato de leguminosas se desarrolló relativamente de mejor manera, pues la reacción formó una cantidad levemente superior de componentes nitrogenados, mantuvo constantes los valores de las sales minerales y los microorganismos redujeron estos materiales sólidos orgánicos con mayor eficacia.

RECOMENDACIONES

- Determinar el modelo de biodigestores que se deberían usar y el tipo de sistema idóneo para suplir las necesidades de una escala mayor.
- Investigar sobre técnicas de enriquecimiento microbiológico, para que en aplicaciones futuras se pueda obtener biol de mejor calidad dependiendo las características a las que se desee llegar.
- Usar el biosol como abono para reforzar la preparación del suelo de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALCAIDE TUR, A.(2012).***Residuos Sólidos Urbanos, una consecuencia de la vida.* Castellón : Universidad Jaume, 2012.
2. **ALVAREZ, F. (2010).***Preparación y uso de Biol.* Primera. Lima : Imprenta y librería Vega, 2010.
3. **APARNACA, S.(2008).***Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "Fermentación Anaeróbica" para producción de biogas.* Lima : German ProfEC-Perú SAC, 2008.
4. **APHA, AWWA, WPCF; (1992).***Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.* 17. Madrid : Díaz de Santos, 1992.
5. **ARANA, S.(2011).***Manual de elaboración de biol.* Lima : Gabriel Reaño, 2011.
6. **BAYAS, A.(2003).***El Bokashi, Té de estiércol, Biol y Biosol como Biofertilizantes en la Producción de alfalfa (Mendicago sativa).* Riobamba : ESPOCH, 2003.
7. **BERNAL, M Y ROJAS, P. (2014).***Optimización del proceso de elaboración de abonos biofermentados.* Cuenca : Universidad de Cuenca, 2014.
8. **CAJAMARCA, D. (2012).***Procedimientos para la elaboración de Abonos Orgánicos.* Cuenca : Universidad de Cuenca, 2012.
9. **CAMPOS, E, ELÍAS, X Y FLOTATS, X.(2012).** Procesos biológicos. La digestión anaerobia y el compostaje. *Tratamiento y valorización energética de residuos.* Madrid : Ediciones Díaz de Santos, 2012, págs. 618-621.
10. **CHECA VITERI, M.(2014).***Caracterización y Cuantificación de los Residuos Sólidos de la EP-EMMPA de la ciudad de Riobamba.* Riobamba : EP-EMMPA, 2014.
11. **DE LA ROSA, J.(2012).***Análisis Físico y Químico de fertilizante orgánico (biol) producido por Biodigestores a partir de estiércol de ganado.* San Diego Xocoyucan : Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, 2012.
12. **DUARTE, A. (2014).***Uso de Biofertilizantes provenientes de los Biodigestores en fincas Integrales.* Piribebuy : s.n., 2014.
13. **ELÍAS CASTELLS, X. (2009).***Reciclaje de residuos industriales.* Segunda. Barelona : Ediciones Díaz de Santos, 2009.
14. **EP-EMMPA. (2014).***Informe de Rendición de Cuentas 2014.* Riobamba : Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas "San Pedro de Riobamba", 2014.

15. **ESPAÑA, H. (2011).** *Evaluación de la respuesta de una mezcla forrajera a la fertilización con biol, gallinaza y químicos en la zona de Nono.* Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2011.
16. **FERREIRA, A, MERCADO, M Y RANGEL, A. (2010).** *Implementación de Estrategias Pedagógicas para el manejo, recolección y disposición de los Residuos Sólidos para el mejoramiento de la Calidad Ambiental en la escuela rural mixta Cesar Meléndez López, sede de la Institución Educativa Luis Carlos Galán.* Medellín : Universidad de Remington, 2010.
17. **FLORES ESPINOZA, B. (2013).** *Evaluación Técnica y Ambiental del relleno sanitario de Yuracasha, perteneciente al cantón Cañar, provincia del Cañar.* Cuenca : Universidad Católica de Cuenca, 2013.
18. **GARCÍA, L Y ABURTO, A. (2001).** *Recolección y Tratamiento de los Residuos Sólidos.* Managua : Nina Lucía Monje, 2001.
19. **GUEVARA, P, MALDONADO, C Y V, ANTONIO. (2011).** *EL Manejo de los Desechos Sólidos en el Municipio de Quezaltepeque, Departamento de la Libertad.* San Salvador : Universidad de El Salvador, 2011.
20. **HACH. (2003).** *Sistema de Análisis POCKET COLORIMETER II. Manual de instrucciones Nitrógeno Amoníaco.* Ames : HACH, 2003.
21. **HERNÁNDEZ, H. (2013).** *Manejo Sustentable de los Desechos Sólidos Orgánicos e Inorgánicos Reciclables en la parroquia Crucita del cantón Portoviejo.* Portoviejo : Universidad de Guayaquil, 2013.
22. **JARAMILLO, G Y ZAPATA, L. (2008).** *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia.* Medellín : Universidad de Antioquia, 2008.
23. **MINAM. (2010).** Contaminación Ambiental causada por los Residuos Sólidos. [En línea] 2010. [Citado el: 13 de Mayo de 2015.] http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/cursovirtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2_primaria_sesion_aprendizaje/Sesion_5_Primaria_Grado_6_RESIDUOS_SOLIDOS_ANEXO4.pdf.
24. **NASA. (2012).** The Blue Marble. Columbia : National Aeronautics and Space Administration, 2012.
25. **OLAYA ARBOLEDA, Y. (2009).** *Fundamentos para el Diseño de Biodigestores.* Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 2009.
26. **PANIAGUA, N. (2011).** *Guía para el adecuado manejo de los Residuos Sólidos Peligrosos.* Envigado : Secretaria del Medio Ambiente y Desarrollo Rural, 2011.
27. **PORRAS, D. (2013).** *Obtención de Bioabono mediante biodegradación de desechos orgánicos generados en la ciudad de Latacunga.* Latacunga : Universidad Central del Ecuador, 2013.
28. **POTSCHKAL, J Y ACOSTA, G. (2012).** *Energía Limpia y Fertilizante.* Buenos Aires : Sitio Argentino de Producción Animal, 2012.

29. **RUBÍ, O.(2005).***Biodigestores. Una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes.* Quimbaya : Fundación Hábitat, 2005.
30. **SALAZAR, J.(2012).***Producción de Biogás y Biol a partir de excretas de ganado: Experiencias en la ciudad de Tacna.* Puno : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, 2012.
31. **SEPÚLVEDA, F. (2010).***Manejo de los Residuos Orgánicos e Inorgánicos derivados de la actividad agropecuaria en el valle de Azapa, en la región de Arica y Parinacota.* Arica : Centro de Investigación Agropecuaria del Desierto y Altiplano, 2010.
32. **SIERRA, C Y ROJAS, C. (2012).***La Materia Orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos.* Santiago : Instituto de Investigaciones Agropecuarias , 2012.
33. **VACA, L.(2009).***Diseño de un Sistema de Gestión para el Departamento de Desechos Sólidos del Ilustre Municipio de Riobamba.* Riobamba : ESPOCH, 2009.
34. **VERDEZOTO, E. (2014).***Diseño de un Biodigestor Anaerobio para la producción de Biogás a partir de las excretas de ganado vacuno, en la finca Los Laureles en la comunidad Flor del Manduro.* Riobamba : ESPOCH, 2014.

ANEXOS

AnexoA: Obtención de biol a escala de laboratorio

- Adecuación de los biodigestores



- Sistema de calefacción y aislamiento



- Separación de Biol y Biosol

