



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

**“DISEÑO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL Y
BIOSOL A PARTIR DEL RUMEN GENERADO EN LA EMPRESA
MUNICIPAL DE COMERCIALIZACIÓN Y RASTRO SAN MATEO
DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS.”**

Trabajo de titulación

Tipo: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: PETTER PAÚL MONTAÑO MÉNDEZ

TUTOR: ING. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA. PhD

RIOBAMBA-ECUADOR

2018

©2018, Petter Paúl Montaña Méndez

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico “DISEÑO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL Y BIOSOL A PARTIR DEL RUMEN GENERADO EN LA EMPRESA MUNICIPAL DE COMERCIALIZACIÓN Y RASTRO SAN MATEO DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS”, de responsabilidad del señor PETTER PAÚL MONTAÑO MÉNDEZ, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hannibal Brito.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE

TITULACIÓN

Dra. Susana Abdo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo Petter Paúl Montaña Méndez soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente documento y el patrimonio intelectual del Anteproyecto de trabajo de titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PETTER PAÚL MONTAÑO MÉNDEZ

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Petter Paúl Montaña Méndez, 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 este trabajo de titulación.

Riobamba, 06 de junio del 2018

Petter Paúl Montaña Méndez

080192680-9

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, por haber sido mi soporte y motivación desde el inicio de esta aventura, por estar ahí para impulsar cuando eh caído, a mis amigos que han estado ahí para apoyar en los momentos difíciles y ser parte de los momentos de felicidad.

AGRADECIMIENTO

El sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la formación necesaria, una profesión y la oportunidad de servir a la sociedad y al país.

A la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la ciudad de Esmeraldas, primordialmente a su Gerente Ing. Joffre Méndez Vivar, por su colaboración con el desarrollo del proyecto.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Hannibal Brito y a la Dra. Susana Abdo por ayudarme con su apoyo, guía y aporte de conocimientos en el desarrollo del trabajo de tesis.

TABLA DE CONTENIDO

| | Páginas |
|--|--------------------------------------|
| RESUMEN..... | XIII |
| ABSTRACT..... | XV |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| 1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 2 |
| 1.1 Planteamiento de problema..... | 2 |
| 1.2 Justificación..... | 4 |
| 1.3 Objetivos | 7 |
| 1.4 Marco teórico referencial | 8 |
| <i>1.4.1 Antecedentes.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.4.2 Política ambiental</i> | <i>8</i> |
| <i>1.4.3 Normas vigentes.....</i> | <i>9</i> |
| 1.5 Marco conceptual..... | 10 |
| <i>1.5.1 Camal.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.5.1.1 Proceso del camal.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.5.1.2 Residuos del camal</i> | <i>12</i> |
| <i>1.5.1.3 Contenido ruminal</i> | <i>12</i> |
| <i>1.5.1.4 Problemas causados al ambiental por el contenido ruminal.....</i> | <i>13</i> |
| <i>1.5.2 Abonos orgánicos.....</i> | <i>13</i> |
| <i>1.5.2.1 Biol.....</i> | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| <i>1.5.2.2 Elaboración de biol.....</i> | <i>14</i> |
| <i>1.5.2.3 Importancia del biol en la agricultura.....</i> | <i>15</i> |
| <i>1.5.2.4 Biosol</i> | <i>16</i> |
| <i>1.5.2.5 Aplicación del biosol.....</i> | <i>17</i> |
| <i>1.5.2.6 Biogás</i> | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| <i>1.5.2.7 Aplicación del biogás.....</i> | <i>18</i> |
| <i>1.5.3 Biodigestores</i> | <i>19</i> |
| <i>1.5.3.1 Tipos de biodigestor.....</i> | <i>19</i> |
| <i>1.5.3.2 Fases del biodigestor.....</i> | <i>21</i> |
| <i>1.5.4 Diseño</i> | <i>22</i> |

| | <i>Páginas</i> |
|--------------------|--|
| 1.5.4.1 | <i>Balance de masas</i>22 |
| 1.5.4.2 | <i>Matriz de eficiencia</i>23 |
| 1.5.4.3 | <i>Carga diaria</i>24 |
| 1.5.4.4 | <i>Volumen del tanque del biorreactor</i>25 |
| 1.5.4.5 | <i>Diámetro del biorreactor (\emptyset)</i>25 |
| 1.5.4.6 | <i>Altura del biorreactor</i>26 |
| 1.5.4.7 | <i>Curvatura de la cúpula (f)</i>26 |
| 1.5.4.8 | <i>Radio del biorreactor (r)</i>27 |
| 1.5.4.9 | <i>Radio de la curvatura de la esfera superior (R1)</i>27 |
| 1.5.4.10 | <i>Volumen de la cúpula (V1)</i>28 |
| 1.5.4.11 | <i>Volumen del cilindro</i>28 |
| 1.5.4.12 | <i>Volumen final del biorreactor</i>29 |
| 1.5.4.13 | <i>Calculo de la superficie estructural (S)</i>29 |
| 1.5.4.14 | <i>Cámara de entrada</i>30 |
| 1.5.4.15 | <i>Cámara de salida</i>31 |
| 1.5.4.17 | <i>Gasómetro</i>32 |
| CAPÍTULO II | |
| 2. | MARCO METODOLÓGICO 33 |
| 2.1 | Localización, características de la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la ciudad de Esmeraldas y la cuantificación más caracterización del contenido ruminal 33 |
| 2.1.1 | <i>Localización del proyecto</i>33 |
| 2.1.2 | <i>Características del camal</i>35 |
| 2.1.3 | <i>Medición de la generación de contenido ruminal</i>35 |
| 2.1.4 | <i>Recolección del contenido ruminal</i>35 |
| 2.1.4.1 | <i>Recolección de muestra</i>35 |
| 2.1.5 | <i>Caracterización del residuo</i>35 |
| 2.1.5.1 | <i>Análisis del contenido ruminal</i>35 |
| 2.1.5.2 | <i>Metodología de la recolección y análisis de muestra</i>36 |
| 2.2 | Proceso de fermentación anaerobia y análisis de resultados 42 |
| 2.2.1 | <i>Elaboración de reactor tipo batch</i>42 |
| 2.2.2 | <i>Procedimiento obtención de biol y biosol</i>42 |

| | <i>Páginas</i> |
|---------------------|---|
| 2.2.3 | <i>Evaluación de calidad de los productos.</i>44 |
| 2.2.3.1 | <i>Análisis de productos</i>44 |
| 2.2.3.2 | <i>Metodología de análisis de productos.</i>45 |
| 2.3 | <i>Diseño del biorreactor.</i>49 |
| 2.3.1 | <i>Balance de masas</i>49 |
| 2.3.2 | <i>Preselección por matrices de eficiencia.</i>49 |
| 2.3.3 | <i>Dimensionamiento del biorreactor.</i>49 |
| 2.3.4 | <i>Estudio de factibilidad económica.</i>50 |
| CAPITULO III | |
| 3. | <i>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y DISEÑO</i>51 |
| 3.1 | <i>Diseño del biorreactor</i>51 |
| 3.1.1 | <i>Calculo de balance de masas</i>51 |
| 3.1.1.1 | <i>Balance de masas biorreactor A</i>51 |
| 3.1.1.2 | <i>Balance de masas biorreactor B</i>53 |
| 3.1.1.3 | <i>Balance de masas biorreactor C</i>55 |
| 3.1.2 | <i>Preselección de biorreactor por matriz de eficiencia</i>.....57 |
| 3.1.2.1 | <i>Matrices de eficiencia para biorreactor tipo hindú</i>57 |
| 3.1.2.2 | <i>Matrices de eficiencia para biorreactor tipo chino</i>58 |
| 3.1.2.3 | <i>Matrices de eficiencia para biorreactor taiwanés o de bolsa</i>59 |
| 3.1.2.4 | <i>Matrices de eficiencia para biorreactor de flujo inducido.</i>60 |
| 3.1.3 | <i>Cálculos del diseño del</i> |
| | <i> biorreactor</i>.....<i>¡Error! Marcador no definido.0</i> |
| 3.1.3.1 | <i>Carga diaria</i> <i>6¡Error! Marcador no definido.</i> |
| 3.1.3.2 | <i>Volumen del tanque del biorreactor.</i> <i>¡Error! Marcador no definido.0</i> |
| 3.1.3.3 | <i>Diámetro del biorreactor (\emptyset)</i>60 |
| 3.1.3.4 | <i>Altura del biorreactor</i> <i>6¡Error! Marcador no definido.</i> |
| 3.1.3.5 | <i>Curvatura de la cúpula.</i> <i>¡Error! Marcador no definido.1</i> |
| 3.1.3.6 | <i>Radio del biorreactor (r)</i> <i>¡Error! Marcador no definido.1</i> |
| 3.1.3.7 | <i>Radio de la curvatura de la esfera superior (R1)</i> <i>¡Error! Marcador no definido.2</i> |
| 3.1.3.8 | <i>Volumen de la cúpula (V1)</i> <i>¡Error! Marcador no definido.2</i> |
| 3.1.3.9 | <i>Volumen del cilindro (V2)</i> <i>¡Error! Marcador no definido.2</i> |
| 3.1.3.10 | <i>Volumen final del biorreactor (Vfb)</i> <i>¡Error! Marcador no definido.3</i> |

| | <i>Páginas</i> |
|--|----------------|
| 3.1.3.11 <i>Calculo de la superficie estructural (S)</i> | 63 |
| 3.1.3.12 <i>Cámara de entrada</i> | 63 |
| 3.1.3.13 <i>Cámara de salida</i> | 64 |
| 3.1.3.14 <i>Gasómetro</i> | 64 |
| 3.1.3.14 <i>Resultados de las dimensiones del biorreactor</i> | 65 |
| 3.2 Cuantificación y caracterización contenido ruminal | 65 |
| 3.2.1 <i>Cuantificación contenido ruminal</i> | 65 |
| 3.2.2 <i>Resultado de la caracterización del contenido ruminal</i> | 66 |
| 3.2.2.1 <i>Discusión de resultados de la caracterización contenido ruminal</i> | 66 |
| 3.3 Cuantificación y caracterización de los productos del proceso de fermentación | 67 |
| 3.3.1 <i>Cuantificación de los productos</i> | 67 |
| 3.3.2 <i>Resultado de la caracterización de los bioles</i> | 68 |
| 3.3.2.1 <i>Discusión de resultados de la caracterización de los bioles</i> | 69 |
| 3.3.3 <i>Resultado de la caracterización de los biosoles</i> | 71 |
| 3.3.3.1 <i>Discusión de resultados de la caracterización de los biosoles</i> | 72 |
| 3.4 Análisis de factibilidad económica | 74 |
| 3.4.1 <i>Costos variables</i> | 74 |
| 3.4.2 <i>Costos fijos</i> | 74 |
| 3.4.3 <i>Costo total</i> | 74 |
| 3.4.4 <i>Precio de venta</i> | 75 |
| 3.4.5 <i>Punto de equilibrio</i> | 75 |
| 3.4.6 <i>Maquinaria y equipo</i> | 77 |
| 3.4.7 <i>Muebles y enseres</i> | 78 |
| 3.4.8 <i>Infraestructura física</i> | 78 |
| 3.4.9 <i>Depreciaciones</i> | 79 |
| 3.4.10 <i>Presupuesto y costos</i> | 80 |
| 3.4.11 <i>Flujo de caja</i> | 81 |
| 3.4.11 <i>VAN y TIR</i> | 81 |
| 3.5 Conclusiones y recomendaciones | 82 |
| 3.4.1 <i>Conclusiones</i> | 82 |
| 3.6.2 <i>Recomendaciones</i> | 83 |

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | Páginas |
|--|---------|
| Tabla 1.-1 Marco legal..... | 8 |
| Tabla 2.-1 Composición química del Biol..... | 14 |
| Tabla 3.-1 Parámetros elaboración de biol..... | 15 |
| Tabla 4.-1 Características generales del Biosol..... | 16 |
| Tabla 5.-1 Características generales del Biogás..... | 17 |
| Tabla 6.-1 Matriz de preselección tipo de biorreactor..... | 22 |
| Tabla 1.-2 Coordenadas WGS84 de la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas..... | 30 |
| Tabla 2.-2 Análisis al contenido ruminal..... | 32 |
| Tabla 3.-2 Recolección de muestras, instructivo int/b/09 (Agrocalidad)..... | 32 |
| Tabla 4.-2 Determinación de humedad y materia seca, método gravimétrico pee/b/01(Agrocalidad)..... | 33 |
| Tabla 5.-2 Determinación de proteína método Kjeldahl (Agrocalidad)..... | 34 |
| Tabla 6.-2 Determinación de cenizas, método gravimétrico pee/b/03..... | 35 |
| Tabla 7.-2 Determinación fósforo total, método colorimétrico pee/b/11..... | 35 |
| Tabla 8.-2 Determinación de potasio, método absorción atómica (llama) pee/b/10..... | 36 |
| Tabla 9.-2 Determinación de hierro, método absorción atómica (llama) pee/b/10..... | 36 |
| Tabla 10.-2 Determinación de pH, método de potenciometría..... | 37 |
| Tabla 11.-2 Análisis de temperatura, método de termómetro..... | 37 |
| Tabla 12.-2 Análisis al contenido ruminal..... | 40 |
| Tabla 13.-2 Volumen de biogás, método volumen por desplazamiento..... | 41 |
| Tabla 14.-2 Determinación de pH, método de potenciometría..... | 42 |
| Tabla 15.-2 Análisis de temperatura, método de termómetro..... | 43 |
| Tabla 16.-2 Determinación de potasio, método absorción atómica (llama) pee/b/10..... | 43 |
| Tabla 17.-2 Análisis de materia orgánica, método de Walkley & Black..... | 44 |
| Tabla 18.-2 Análisis nitrógeno total, método de combustión (Dummas)..... | 44 |
| Tabla 19.-2 Análisis de fósforo total, método espectrofotometría uv-vis | 45 |

| | |
|--|----|
| Tabla 20-2 Análisis de coliformes totales, método de número más probable..... | 45 |
| Tabla 1-3: Datos concentraciones y concentraciones parciales. (A)..... | 52 |
| Tabla 2-3: Datos concentraciones y concentraciones parciales. (B)..... | 54 |
| Tabla 3-3: Datos concentraciones y concentraciones parciales. (C)..... | 56 |
| Tabla 4-3: Matriz de preselección biorreactor de tipo hindú..... | 57 |
| Tabla 5-3: Matriz de preselección biorreactor de tipo chino..... | 58 |
| Tabla 6-3: Matriz de preselección biorreactor de bolsa..... | 59 |
| Tabla 7-3: Matriz de preselección biorreactor de flujo inducido..... | 60 |
| Tabla 8-3: Dimensiones del biorreactor..... | 65 |
| Tabla 9-3: Resultado de generación promedio de contenido ruminal..... | 65 |
| Tabla 10-3: Resultado de la caracterización del contenido ruminal..... | 66 |
| Tabla 11-3: Resultado de la cuantificación de los productos..... | 67 |
| Tabla 12-3: Resultados de las caracterizaciones de los bioles..... | 68 |
| Tabla 13-3: Resultado de la caracterización de biosoles..... | 72 |
| Tabla 14-3: Materia Prima..... | 73 |
| Tabla 15-3: Producción..... | 73 |
| Tabla 16-3: Materia prima mensualizada..... | 73 |
| Tabla 17-3: Costos fijos..... | 74 |
| Tabla 18-3: Costo total..... | 74 |
| Tabla 19-3: Precio de Venta..... | 75 |
| Tabla 20-3: Punto de equilibrio..... | 77 |
| Tabla 21-3: Maquinaria y equipo..... | 77 |
| Tabla 22-3: Muebles y enseres..... | 78 |
| Tabla 23-3: Infraestructura física..... | 78 |
| Tabla 24-3: Depreciaciones..... | 79 |
| Tabla 25-3: Presupuesto de costos y gastos..... | 80 |
| Tabla 26-3: Flujo de caja..... | 81 |
| Tabla 27-3: Calculo del VAN y el TIR..... | 81 |

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue realizar el diseño un proceso para la obtención de biol y biosol a partir del rumen generado por la Empresa de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas, para lo cual, se realizó la identificación, cuantificación y caracterización del rumen, posteriormente se elaboraron 3 biorreactores pilotos con una capacidad de 40 L, luego se separó los desechos ajenos al rumen y se mezcló 20 L de agua con 10 Kg de rumen dando así una relación 1:2. Esto se repitió en cada biorreactor, posterior a eso se dejó fermentar por 20 días. Al culminar el proceso de fermentación se realizaron los análisis químicos, físicos y microbiológicos. La cantidad de biol y biosol que se obtuvo fue de 16,87 L y 12,63 Kg en el biorreactor A, 17,71 L y 11,63 Kg en el biorreactor B y 16,95 L y 12,34 Kg en el biorreactor C. Para la fase de diseño del biorreactor se realizaron matrices de preselección y se generaron los cálculos para el tipo designado. Se propone 5 biorreactores que abastecerán para tratar la carga de residuos mensual generado cada uno de estos será de domo fino con $1,3 m^3$ de volumen, cada uno con una alimentación 373,05 Kg de ruminaza y 746,1 L de agua. Cada biorreactor se llenará semanalmente. Al pasar los 20 días se retirará el biol y biosol de los mismos. El proyecto es viable como se demostró en el estudio de factibilidad económica con un TIR del 25,88% alcanzando una eficiencia del 77% y un rendimiento del 95%.

Palabras clave <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <BIOTECNOLOGÍA>, <FERMENTACIÓN ANAEROBIA>, <RUMEN DE BOVINO>, <BIOL>, <BIOSOL>, <BIORREACTOR>, <ESMERALDAS (CIUDAD)>

ABSTRACT

The objective of the present research was to design a process to obtain biol and biosol from the rumen generated by the Empresa de Comercialización y Rastro San Mateo de la ciudad de Esmeraldas, for which identification, quantification, and characterization was carried out of the rumen, then 3 pilot bioreactors with a capacity of 40 L were developed, then the wastes outside the rumen were separated and 2L of water was mixed with 10 Kg of rumen giving a 1: 2 ratio. This was repeated in each bioreactor, after that it was left to ferment for 20 days. At the end of the fermentation process, chemical, physical and microbiological analyses were carried out. The amount of biol and biosol obtained in the bioreactor A was 16.87 L, 12.63 Kg, in bioreactor B was 17.71 L and 11.63 Kg, and in the bioreactor, C was 16.95 L and 12.34 Kg. For the design phase of the bioreactor, pre-selection matrices were made and calculations for the designated type were generated. Five bioreactors are proposed that will supply to treat the monthly waste load generated each of these will be of fine dome with 1.3 m³ of volume, each one with a feeding 373,05 Kg of ruminaza and 746,1 L of water. Each bioreactor will be filled weekly. After 20 days, the biol and biosol will be removed from them. The project is viable as demonstrated in the economic feasibility study with a TIR of 25,88%, reaching an efficiency of 77% and a performance of 95%.

Keywords <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY>, <FERMENTATION ANAEROBIA>, <RUMEN DE BOVINE >, <BIOL>, <BIOSOL>, <BIOREACTOR>, <ESMERALDAS (CITY)>

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la ciudad de Esmeraldas no cuenta con un tratamiento adecuado para tratar el contenido ruminal generado en el proceso de faenado, por lo cual la presente investigación tiene como finalidad la de proponer el diseño de un proceso para la obtención de biol y biosol partir de la ruminaza, siendo estos abonos orgánicos, subproductos de la fermentación anaerobio junto al biogás.

Para realizar esta investigación se utilizó la metodología de tipo lógica deductiva y cuasi experimental que permitió plantear los objetivos primordiales para el diseño de este proyecto, que permitirán la reutilización de ruminaza, mediante la utilización de un biorreactor que a través de la fermentación anaerobia transforma la materia orgánica, con la disposición de obtener productos que mejoren a la rentabilidad de la empresa y segundo de disminuir la contaminación ambiental.

Por tal motivo fue necesario la identificación del contenido ruminal generado en la EMCORSAM, por lo cual en primera instancia se cuantificó y se caracterizó obteniendo un aproximado de 75,95 Kg de rumen diario lo que permitió realizar el dimensionamiento de los biorreactores y se analizó la composición química y física necesaria para alcanzar la relación correcta de elementos a emplear.

Para la experimentación se utilizaron, tres biorreactores pilotos de 40 L con 20 días de retención, con una relación 1:2 usando 10 Kg de rumen y 20 L de agua. Luego de este periodo de fermentación, se hicieron los análisis de los productos generados, como son: el biol y el biosol, obteniendo principalmente los porcentajes de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total, potasio total y pH entre otros.

En base a los datos que se obtuvo se realizó el balance de masas, las matrices de preselección de eficiencia que permitirán determinar el tipo de biorreactor a utilizar, las dimensiones, la eficiencia y rendimiento.

Finalmente se concluyó que el diseño consta de 5 biorreactores de domo fino, con volumen de 1,3 m³, tiempo de retención de 20 días, eficiencia de 77% y rendimiento de 95%, cada uno que, se llenarán semanalmente, una vez concluido el tiempo de retención, se procederá a la extracción del biol y biosol.

1. DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento de problema.

En el año 2016 se consumió a nivel mundial 68,9 millones de toneladas de carne bovina, con un incremento del 1,3% en base al año 2015; siendo los países americanos los principales en atender esta demanda, con un consumo per cápita de 42,9 (Kg/año) (FAO, 2016,p.7) En el Ecuador el consumo anual per cápita de carne bovina es de 17 Kg aproximadamente, información que generó “El estudio de cadenas pecuarias del Ecuador” (MAGAP, 2013, p. 5).

La Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la ciudad de Esmeraldas, faena un aproximado de 20 cerdos y 35 vacas al día, lo que produce de un 15 a 10 % de su peso en rumen (Araujo et al., 2007, p 1), generando así un alto porcentaje de desechos sólidos orgánicos.

Los desechos generados en el faenamiento de las reses y cerdos son: sangre, contenido ruminal, dientes, cuernos, cascos, pelo, huesos, piel y pulmones como desechos orgánicos y como inorgánicos, plástico y papel entre otros.

En la actualidad, la mayoría de los camales sólo dan tratamientos a sus aguas residuales y en algunos casos a la sangre, mediante la elaboración de harina de sangre; mientras los otros desechos del faenado, como son: el contenido ruminal y el estiércol, no reciben tratamiento la mayoría de las veces y son depositados en terrenos vacíos o en contenedores de basura, generando de esta forma malestar a los habitantes, así como un daño a la calidad ambiente.

El tratamiento de desechos orgánicos se vuelve imprescindible, debido al aumento de volúmenes que se producen en la actualidad, así como también, por constituirse en origen de enfermedades que afectan la salud humana y animal; debido a la falta de un tratamiento y manejo correcto de los residuos.

Los principales impactos causados por la falta de tratamiento de estos residuos son: la acidificación y alteración de las propiedades del suelo, la generación de gases de efecto invernadero, la alteración del recurso hídrico aumentando la DBO y DQO, la destrucción del paisaje y generación de malos

olores, vectores y enfermedades; que causan malestar a la comunidad y el incumplimiento de la Ley de gestión ambiental art. 23.- Evaluación del Impacto ambiental.

El impacto al recurso hídrico, como la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua y que aumenta de la turbidez; causado por la materia orgánica, debido a la descarga de esta sin sujetarse a la norma técnica y regulaciones y que originan el incumplimiento del Art. 16, de la Ley para la prevención y control de la contaminación ambiental.

La descarga directa de estos residuos sobre el suelo genera el deterioro de la capa del suelo y también aumenta la susceptibilidad a inundaciones del terreno, debido al taponamiento de sus poros, violando el Art. 20 de la Ley para la prevención y control de la contaminación ambiental.

La generación de desechos orgánicos (contenido ruminal, estiércol, sangre), generados por las industrias cárnicas, es considerada una problemática ambiental; la misma que empeora, con el incremento de la producción de estos desechos, debido al aumento de la demanda de carne a nivel local y mundial. Con la finalidad de controlar o disminuir esta problemática, se han creado normas aseguradoras de calidad sanitaria y ambiental, así como técnicas para aprovechar estos residuos, causando la menor contaminación ambiental posible.

Son pocos los camales municipales en el Ecuador, en los que se realiza un tratamiento adecuado al contenido ruminal que estos producen. La falta de un buen tratamiento trae como consecuencia que este contenido ruminal, se transforme en fuente de malos olores, producción de plagas y enfermedades, destrucción del atractivo paisajista del bosque y como resultado final el desagrado de la población por la presencia de estos mataderos y muchas veces el cierre de algunos de estos establecimientos.

En la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas, se producen 584,23 Kg diario de contenido ruminal, que se depositan en un terreno aledaño, para ser utilizado ocasionalmente en la elaboración de abono, sin un tratamiento adecuado. Por la elaboración de este abono, la empresa no recibe ningún beneficio, económico o ambiental; al contrario, tiene problemas permanentes con la comunidad, por la generación de olores nauseabundos, la contaminación del suelo y el agua, y la proliferación de plagas y enfermedades.

De esta forma, se vuelve necesario encontrar un tratamiento para este contenido residual, lo que genera la necesidad de proponer el **“Diseño de un proceso para la obtención de biol y biosol a partir del rumen generado en la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas.”** y así resolver una necesidad del camal y obtener un beneficio a partir de ello.

1.2 Justificación

Debido a la contaminación generada por las industrias existentes se han generado diferentes medidas para contrarrestar el incremento en el deterioro ambiental, resultando necesario aprovechar fuentes alternativas mediante tecnologías adecuadas que permitan preservar el ambiente (Brito H, 2016).

La utilización de medidas preventivas y de bajo costo para el manejo ambiental de los desechos orgánicos, nos permite tratar los residuos orgánicos de forma viable y así obtener resultados que generen un valor agregado por el aprovechamiento adecuado de estos (Guerrero, 2004, pp. 199-200).

Los residuos generados por el faenamiento no deben ser eliminados velozmente, sino que deben ser reaprovechados para darles un uso. Por lo que es indispensable, recuperar y separarlos de forma integral para así darles un manejo de la forma más adecuada y fácil. Evitando la disposición de estos a los cuerpos de agua lo que aumenta el riesgo hacia la salud humana (Bonilla, 2017, p. 1).

Los principales impactos causados por los residuos sólidos en el agua son la afectación de la calidad de fuentes naturales como es el río Esmeraldas, al cual se dirigen los efluentes provenientes de la EMCORSAM, causando alteración de la composición natural del mismo.

Los impactos al aire se producen por la generación de gases provenientes de la descomposición de la materia orgánica, que a su vez producen emanación de olores desagradables, mientras que el empleo incorrecto de los residuos, como enmienda al suelo, son los causantes del desgaste de este y la alteración de sus propiedades.

El aprovechamiento de los residuos generados en el faenado de animales tiene efectos positivos, ya que está orientado al desarrollo sostenible de las empresas y la reducción de contaminantes; estos pueden ser utilizados en la elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos.

Aprovechar residuos orgánicos, para obtener productos que tienen facilidad de manejo, de almacenaje y libres de sustancias tóxicas gracias a la utilización de tecnología de bajo costo incrementa su factibilidad de realización (Brito H, 2016).

El biol, es un mejorador de la disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta su disponibilidad hídrica, y crea un microclima adecuado para las plantas. Debido a su contenido de fitoreguladores, promueve actividades fisiológicas: estimula el desarrollo de las plantas, favorece su enraizamiento, alarga la fase de crecimiento de hojas (quienes serán las encargadas de la fotosíntesis), mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas (Sistema de biobolsa, 2017, p. 4).

El Biosol, en cambio, regula la alimentación de la planta, fortalece los cultivos y mejora el rendimiento de las plantas y la estructura del suelo; así como, su capacidad de retención de humedad, aumentando la actividad biológica del mismo (Aparcana, 2008, p. 8).

La EMCORSAM de la ciudad de Esmeraldas, al estar actualmente pasando por una etapa de repotenciación técnica, vuelve evidente la necesidad de un tratamiento para sus residuos; con la finalidad de aumentar su rentabilidad, reducir la contaminación ambiental y mejorar sus relaciones comunitarias.

Este proyecto de caracterización del rumen, mediante la definición de las variables para obtención de biol y biosol y la validación de resultados en la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo, de la Ciudad de Esmeraldas; representa un compromiso con el ambiente, así como también para la autogestión de la empresa en el aspecto económico.

Este trabajo de investigación tiene la finalidad de diseñar un proceso para la obtención de biol y biosol, mediante el tratamiento de desechos orgánicos generado del rumen producto de las actividades de EMCORSAM de la Ciudad de Esmeraldas; con el propósito, de mejorar su rentabilidad económica, disminuir la contaminación ambiental y mejorar las relaciones con la población de San Mateo.

Los productos obtenidos del biorreactor: biosol y biol, contribuirán económicamente para mejorar el activo de la empresa; mientras que el biogás, será empleado en el desarrollo de sus diferentes actividades.

Los beneficiarios directos, con la realización de este trabajo son el GAD de Esmeraldas, así como el estamento de la EMCORSAM.

Los beneficiarios indirectos, son la población de Cantón San Mateo de la ciudad de Esmeraldas, al mejorar su calidad de vida.

1.3 Objetivos

General

Realizar el diseño de un proceso para la obtención de biol y biosol a partir del rumen generado en la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas.

Específicos

- Caracterizar el contenido ruminal generado en la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas.
- Caracterizar el biol y biosol obtenido del proceso.
- Validar el proceso de obtención de biol y biosol.

1.4 Marco teórico referencial

1.4.1 Antecedentes

La Empresa Municipal de Comercialización y Rastro de San Mateo, de la Ciudad de Esmeraldas (**EMCORSAM**), inicio sus actividades comerciales el 22 de noviembre del 2015, actualmente consta de 23 operarios más el personal administrativo.

1.4.2 Política ambiental

La política de la EMCORSAM es hacer que sus actividades productivas sean compatibles con la protección del medio ambiente, teniendo especial interés en que dentro de las labores de recepción, almacenamiento y comercialización haya un adecuado tratamiento a los desechos inorgánicos, orgánicos y aguas residuales, para evitar daños al entorno; como al aire, ruido, cuencas hidrográficas y al suelo provocados por la maquinaria asociada a dicha empresa.

1.4.3 Normas vigentes

Tabla 1-1: Marco legal

| No. | NORMATIVA | CONTENIDO |
|-----|--|--|
| 1 | Constitución de la República del Ecuador. 2008 | TÍTULO II DERECHOS. Capítulo segundo: Derechos del buen vivir. Sección segunda: ambiente sano Art. 14. Capítulo sexto: Derechos de liberta Art. 66. TÍTULO VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales. Sección primera: naturaleza y ambiente. Art. 395. 396. -. 397 |
| 2 | Ley orgánica reformativa del código orgánica integral penal. 2015 | Art. 437 B. -437 |
| 3 | Ley de gestión ambiental. 2008 | Art. 23 |
| 4 | Ley de recursos hídricos y aprovechamiento del agua 2014 | Art. 151-152 |
| 5 | Ley orgánica de salud. 2006 | Art. 101-103 |
| 6 | Ley para la prevención y control de la contaminación ambiental. 2004 | Art. 11-16-20-21 |
| 7 | Acuerdo ministerial 026. 2008 | Art. 92 |
| 8 | Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. 1986 | Art.1-11 |

Fuente: (Brito, 2017, pp. 14-57)

1.5 Marco conceptual

1.5.1 Camal

El camal es un lugar donde se faena el ganado para el abastecimiento público. (Oceano, 1997, p. 598). Un matadero municipal es un generador de residuos sólidos con un nivel elevado de contenido orgánico. Por las actividades que se realizan, se permite que muchos desechos sean eliminados de forma directa como residuo a través del sistema de alcantarillado y como basura.

Los residuos utilizables y que son descartados por un matadero son: sangre, contenido ruminal, estiércol, uñas, cascos, restos de pelos entre otros. Con el contenido ruminal se pueden realizar concentrados para alimentación de animales, con la sangre se pueden conseguir harina de sangre para alimento de aves, las uñas, cascos, estiércol y otros desechos pueden ser utilizados para la lombricultura y compostaje (Hómez, 1998, pp. 1-2).

1.5.1.1 Proceso del camal

Las operaciones ordinarias de un matadero municipal son:

- Llegada de animales.

El ganado es enviado hacia los corrales de aislamiento donde son pesados y permanecerán de 12 a 24 horas antes de ser faenados. Desde este instante el ganado solo recibe agua mas no alimento para reducir la procreación de rumen y estiércol.

- Inspección ante-mortem.

Según la normativa vigente es necesario realizar la revisión del ganado, para descartar enfermedades y saber si está en condiciones aptas para la ingesta.

- Lavado

Los animales son lavados antes de unirse a la etapa de matanza para impedir el ingreso de tierra o estiércol, así se certifica la higiene en las siguientes etapas del proceso.

- Muerte del animal.

El animal es insensibilizado con una pistola neumática, así le incita la pérdida del conocimiento del animal para impedir estrés innecesario. Posteriormente los rumiantes son suspendidos en rieles, para evitar la contaminación, facilitar el desplazamiento de estos a los operarios y ayuda al desangrado.

- Pelado y corte

Se seccionan las patas junto con las orejas y se cortan los cuernos con una sierra eléctrica o neumática, luego de retirar la piel, se realiza un corte longitudinal para extraer vísceras y los demás órganos, después se procede con otro tajo, este para separar en cuartos, de esta manera facilitar la manipulación, transporte y comercialización.

- Lavado, inspección y envío.

Los animales son lavados e inspeccionados para establecer su estado y su disposición. Luego los animales son puestos en camiones los cuales los llevan a su destino final.

- Tratamiento de vísceras.

Se recomienda la división de las vísceras rojas (corazón, riñones, pulmones, medula, tráqueas) de las vísceras blancas (intestinos y estómagos). Cada grupo de vísceras se higienizan en áreas separadas y se retiran las no comestibles. El rumen extraído de las vísceras blancas es amontonado o depositado en contenedores.

- Material rechazado.

Los órganos y partes no aptas para su utilización son destinados a basureros como desechos luego de su disposición en contenedores adecuados (Taipicaña, 2015, pp. 10-12).

1.5.1.2 Residuos del camal

Las fuentes principales de residuo del camal son los corrales, el proceso de remoción de piel y evisceración. En los corrales se da la generación de grandes cantidades de orina y estiércol mientras en el proceso de desangrado y descuerado se generan los residuos como son la sangre, pezuñas, huesos y cuernos (Castro & Vinueza, 2011, p. 20).

En el proceso de evisceración se genera más residuos, siendo uno de los principales residuos el contenido ruminal del estómago del ganado conjunto a la sangre son los de mayor impacto contaminante. Esporádicamente se da la generación de desechos sólidos en el área de decomiso debido a los productos no aptos para consumo humano (Castro & Vinueza, 2011, p. 21).

1.5.1.3 Contenido ruminal

El contenido ruminal (CR) es un producto derivado del faenamiento en los rastros y constituye el alimento ingerido por los animales poligástricos que es rechazado al hacer el sacrificio (Uicab & Sandoval, 2003, p 45).

Es una combinación de material no asimilado que tiene la textura de una papilla, de color amarillo verdoso y un vivo olor propio cuando está fresco, además posee gran conjunto de flora y fauna microbiana fruto de la fermentación ruminal (Quemba et al, 2009, p. 41).

1.5.1.4 Problemas causados al ambiental por el contenido ruminal.

En el transcurso de eviscerado en los rastros se generan una gran suma de desechos sólidos. El primordial es el rumen o contenido del estómago del ganado. El posee lignocelulosa, mucosa y fermentos gástricos y un contenido alto de microorganismos patógenos (Peña, 2000, p. 7).

El CR es uno de los contaminantes de gran impacto ambiental, cada año se generan 85 mil toneladas de este remanente, el cual ocasiona una alta carga orgánica en los rastros que por su manera de depósito llegan a fosas sépticas, basureros municipales y aguas residuales fomentando la contaminación y poniendo en riesgo la salud humana. (Uicab & Sandoval, 2003, p 45)

La falta de una administración a estos genera impactos nocivos al ambiente ya que se dan emisiones de amoníaco antes y durante el acopio en los almacenes. Generando emisiones de óxido nítrico constituidos como un producto secundario del proceso de desnitrificación y además metano formado durante la descomposición del CR bajo condiciones anaeróbicas. La escorrentía del agua superficial ayuda a la contaminación del agua. (Uicab & Sandoval, 2003, p 46)

1.5.2 Abonos orgánicos

El abono es una sustancia que puede ser inorgánica u orgánica que se utiliza para incrementar la calidad del suelo y brindar nutrientes a los cultivos y plantaciones.

Los abonos orgánicos son lo que parten de residuo animal y vegetal los cuales aportan a las plantas importantes cantidades de nutrientes, además de que benefician al suelo al enriquecerlo con carbono y mejoran sus características físicas, químicas y biológicas (SAGARPA, 2015, p. 1).

Los tipos de abonos orgánicos son: 1) El abono orgánico fermentado bocashi que es una técnica de origen japonés en la cual se fermenta parcialmente el residuo y es un proceso más rápido que el compostaje. 2) Es el humus de lombriz que se obtiene por lombricultura donde la lombriz de tierra consume los residuos y posteriormente lo expulsa como humus con excelentes propiedades mejoradoras del suelo.

3) El biol es un abono orgánico obtenido por fermentación anaerobia en el cual el residuo es degradado por microorganismos propios del mismo este permite que las plantas estén verdes y den buenos frutos.

4) La composta se da a través de fermentación aeróbica y anaerobia se utiliza los microorganismos para la degradación del residuo y el té de estiércol que se liberan los nutrientes del excremento en el agua un abono rico en potasio principalmente (FONAG, 2010, pp. 7-20).

1.5.2.1 Biol

El biol es un fertilizante foliar orgánico que se consigue como producto del proceso de fermentación anaeróbica de materiales orgánicas procedentes de animales y vegetales, como excremento o despojos vegetales. Es rico en fitohormonas, un componente que incrementa la germinación de las semillas fortifica las raíces y la floración de las plantas. Su gestión se traduce en aumentos significativos de la cosecha a bajo precio. (Instituto Nacional de Investigación Agraria, 2008, pp. 4-10)

Tabla 2.-1: Composición química del Biol.

| Componente | Fuente 1 | Fuente 2 |
|-----------------|-------------|-------------|
| pH | 7,96 | 8,1 |
| Materia seca | 4,18% | 1,4% |
| Nitrógeno Total | 2,63g/Kg | 0,9g/Kg |
| NH4 | 1,27g/kg | No menciona |
| Fósforo | 0,43g/Kg | 0,048mg/Kg |
| Potasio | 2,66g/Kg | 0.29mg/Kg |
| Calcio | 1,05g/Kg | 2,1g/Kg |
| Magnesio | 0,38g/Kg | 0,135% |
| Sodio | 0.404g/Kg | No menciona |
| Azufre | No menciona | 0,33mg/l |
| Carbono | No menciona | 0,23-0,30 |
| Zinc | No menciona | 0,05mg/l |

Fuente 1: (Pötsch et al, 2004)

Fuente 2: Biol de estiércol vacuno (Calderon, 1980)

Realizado por: Petter Montaña 2018

1.5.2.2 Elaboración de biol

El proceso de obtención de biol se comprende como una fermentación en la participa una fase sólida, biosol y una fase líquida biol, ambas partes con grandes cualidades para los cultivos. De las

propiedades de los residuos utilizados, se logran, en promedio del resultado que sale del biodigestor, entre 85-90% de biol y el 10% restante de biosol. Los porcentajes están sujetos a cambios dependiendo de los residuos utilizados y la forma de separación (Aparcana, 2008, pp. 3-4).

Para lograr un buen funcionamiento del biorreactor se tiene que cuidar la calidad de la materia prima (biomasa), la temperatura de la digestión (25-35°C), el pH alrededor de 7,0 y las condiciones anaeróbicas del digester tratando que este herméticamente sellado. Es obligatorio considerar la relación agua y materia seca que involucra el grado de partículas en la solución. La cantidad de agua debe situarse alrededor del 90% en peso del contenido total. Tanto el exceso como la falta de agua son nocivos. La cantidad de agua varía de acuerdo con el conjunto de materia prima que se empleará en la fermentación (Suquilanda, 1996, pp. 16-18).

Tabla 3.-1: Parámetros elaboración de biol

| Parámetros | Valores |
|---------------------|-------------|
| pH | 6,8-7,4 |
| Tiempo de retención | 20-60 días. |
| Solidos Totales | 8-12% |
| Relación C/N | 25/1 |
| Relación C/P | 150/1 |
| Humedad | 40-60 % |
| Temperatura | 25-45 °C |

Fuente: (FAO, 2011)

1.5.2.3 Importancia del biol en la agricultura

La acción de las plantas se refleja en la continuidad de crecimiento de brotes y sus hojas, lo cual resulta en mayor área foliar para extender la eficiencia fotosintética de los cultivos mediante hormonas que estimular la división celular y con ello establecer una estructura continua para el crecimiento. (Ballesteros et al, 2011, p. 20)

En la agricultura orgánica una de las opciones de fertilización foliar son los bioles. Los abonos líquidos son una estrategia que permiten emplear los estiércoles de los animales, sometidos a un

proceso de fermentación anaeróbica, dando como consecuencia un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales (auxinas y giberelinas.).

Según Basaure (2006), Investigaciones lograron comprobar que aplicados foliares a los cultivos en una concentración entre 20-50% se estimula el crecimiento, se incrementa la calidad de los productos e incluso llegar a tener un leve efecto repelente contra las plagas. Estos abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias ayudan a controlar el metabolismo vegetal y son complemento de la fertilización integral aplicada al suelo.

La fabricación de abono foliar (biol) es una técnica utilizada con el objetivo de aumentar la cantidad y calidad de las cosechas. Es fácil y barato de preparar, ya que se usa insumos de la zona y se obtiene en tiempos cortos (1-4 meses). En la producción del biol se puede añadir plantas repelentes, para combatir insectos de las plantas. (Colque et al, 2005, p. 2)

1.5.2.4 Biosol

El biosol es el resultado de separar la parte sólida del fango resultante de la fermentación anaeróbica dentro del fermentador. Dependiendo de la tecnología a emplear, este biosol tratado puede alcanzar entre el 25% a solo 10% de humedad (humedad causada por el biol residual). Su composición está determinada por los residuos empleados en su fabricación. Se puede utilizar de forma directa o conjunto a compost o con otros fertilizantes químicos (Aparcana, 2008, p. 6).

Tabla 4-1: Características generales del Biosol.

| COMPONENTES | [%] |
|---------------------------------------|------|
| Agua | 15,7 |
| Sustancia orgánica seca | 60,3 |
| pH | 7,6 |
| Nitrógeno total | 2,7 |
| Fósforo P ₂ O ₅ | 1,6 |
| Potasio K ₂ O | 2,8 |
| Calcio (CaO) | 3,5 |
| Magnesio (MgO) | 2,3 |
| Sodio (Na) | 0,3 |
| Azufre(S) | 0,3 |
| Boro(B)(ppm) | 64,0 |

Fuente: (Aparcana, 2008)

1.5.2.5 Aplicación del biosol.

El biosol se emplea de la misma forma que el compost, pero la dosificación es diferente. Las cantidades empleadas varían entre 2 a 4 Toneladas/ha (depende del tipo de cultivo y suelo en el que se emplee). Con esta dosificación se obtienen los mismos resultados y beneficios que con las de compost (10-20 Ton/ha) y guano (15-30 Ton/ha), las cuales también varían por las condiciones en el suelo y las necesidades de las plantas (Aparcana, 2008, p. 7.).

1.5.2.6 Biogás

Es una combinación de gases que se generan a lo largo del proceso de descomposición de materia orgánica y en el que intervienen diferentes microorganismos. Principalmente este se encuentra formado por metano y dióxido de carbono en combinación de otros gases en menor concentración. (Altercexa, 2010, p. 3)

Tabla 5-1: Características generales del Biogás

| Características | |
|----------------------------|---|
| Composición | 55-70 % Metano (CH ₄) |
| | 30-45 % Dióxido de carbono (CO ₂) |
| | Trazas de otros gases. |
| Contenido energético | 6,0-6,5 k ^o h/ m ³ |
| Equivalente de combustible | 0,60-0,65 L petróleo/ m ³ biogás |
| Límite de explosión | 6-12 % de biogás en el aire. |
| Temperatura de ignición | 650-750° C |
| Presión crítica | 74-88 atm |
| Temperatura crítica | -82,5 °C |
| Densidad normal. | 1,2 Kg/m ³ |
| Olor | Huevo podrido. |
| Masa molar | 16, 43. Kg/mol ³ |

Fuente: (Varnero, 2011, p. 16)

1.5.2.7 Aplicación del biogás

Las aplicaciones del biogás dependen de la transformación de esta de energía química a energía calorífica, de esta energía obtenida se pueden obtener distintas aplicaciones como son:

- Para calefacción y agua caliente.
- Para calentamiento de reactores.
- Para incinerar y esterilizar desechos médicos.
- Secado de forrajes.
- En lámparas.
- Cocina de gases.
- En refrigerados domésticos.
- Quemadores infrarrojos (Calefacción de ambientes en ganadería) (Altercexa, 2010, p. 136).

1.5.3 Biodigestores

Los Biodigestores son recipientes cerrados o tanques, los cuales puede ser construidos de diversos materiales como: ladrillo y cemento, metal o plástico, toman su término de digestivo o digestión, son máquinas simples que convierten la materia prima en subproductos aprovechados como son abonos tanto líquidos como sólidos y gas (Claure, 1992, pp. 46-47).

1.5.3.1 Tipos de biodigestor.

- Tipo hindú

El tipo hindú conocido como biorreactor de tambor flotante, consiste en un digestor subterráneo con una parte destinada al almacenamiento de gases que flota sobre la mezcla (Corona, 2007, p. 25).

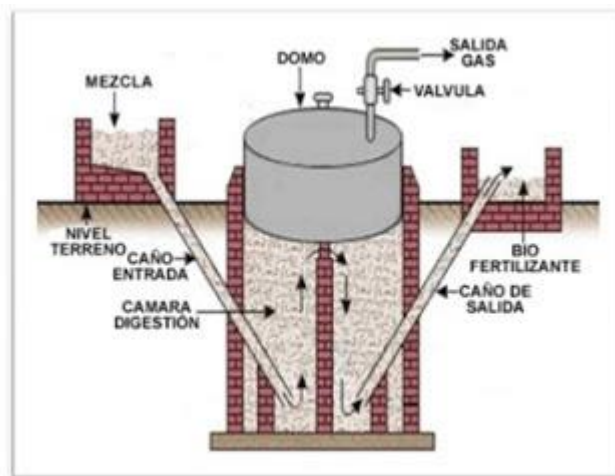


Fig. 1-1: Biorreactor de tipo hindú.

Fuente: <http://biodigestoresyeapu.blogspot.com/>

- Tipo chino

Biorreactor tipo chino también llamado de domo fino, es una estructura con una cámara de carga y descarga, el cual necesita de gasómetro para almacenar el gas que se obtiene del proceso de fermentación.

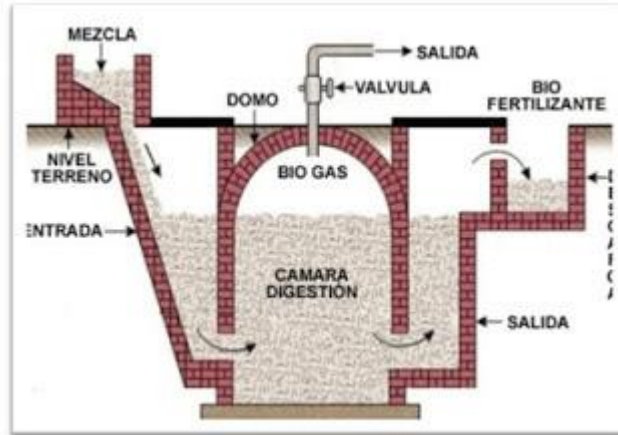


Fig. 2 -1: Biorreactor de tipo chino.

Fuente: <http://caricanoster.blogspot.com/2012/10/>

- Biorreactor de bolsa o taiwanés

Es un biorreactor elaborado con materiales flexibles, este digester se llena parcialmente con materia orgánica mientras el gas se acumula en la parte superior de la bolsa (Benzing, 2001, pp. 256-265).

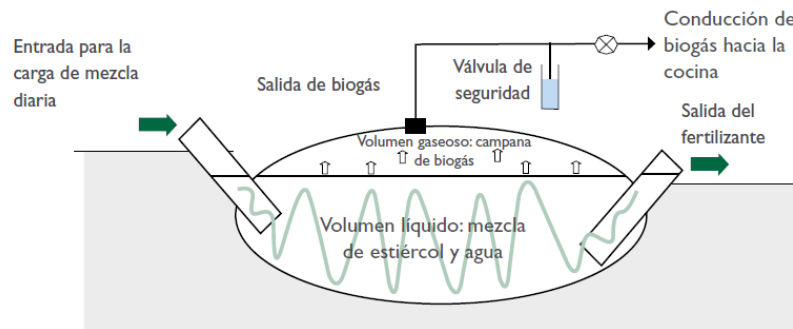


Fig. 3-1: Biorreactor de bolsa.

Fuente: <https://ecocosas.com/energias-renovables/biodigestor/>

- Biorreactor de flujo inducido

Son la versión modificada del biorreactor de tipo hindú, generalmente empleado a nivel industrial, su modificación consiste en la adaptación de un proceso de agitado mecánico que disminuye el tiempo de retención (Fundación Habad, 2005, p. 25).

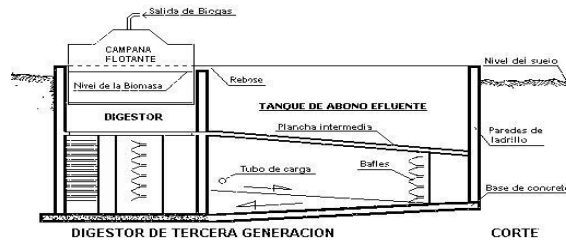


Fig. 4-1: Biorreactor de flujo inducido.

Fuente: <https://ecocosas.com/energias-renovables/biodigestor/>

1.5.3.2 Fases del biodigestor.

El proceso que se da en el biodigestor es complejo por el número de reacciones bioquímicas y la cantidad de microorganismos que participan en ellas, generalmente de forma simultánea.

- Hidrolisis

La materia orgánica polimérica es solubilizada por las enzimas que excretan las bacterias, este paso es el limitante de velocidad global del proceso con la temperatura, en este paso las exoenzimas son las encargadas de transformar las cadenas más largas en monómeros (FAO, 2011, p. 19).

- Acidogénica.

En esta parte del proceso se transforman las moléculas orgánicas solubles en compuestos que se pueden ser asimilados directamente por las bacterias metanogénicas (H₂, ácido acético, fórmico) y compuestos orgánicos de menor complejidad (propiónico, butírico, láctico y etanol principalmente), además se eliminan restos de oxígenos disueltos en el sistema (FAO, 2011, p. 21).

- Acetogénica.

En esta etapa los productos que no puede ser metabolizados directamente por los organismos metanogénicos (etanol, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos) deben ser convertidos en formas más sencillos como acetato e hidrogeno por las bacterias acetogénicas. (FAO, 2011, pp. 21-22)

- Metanogénica.

Los microorganismos metanogénicos completan la digestión anaeróbica formando metano, metanol y algunas metilaminas a partir del sustrato, estos pueden ser considerados los más importantes dentro de los anaeróbicos del proceso ya que son los encargados de la eliminación del medio de los productos anteriores (FAO, 2011, p. 22).

1.5.4 Diseño

1.5.4.1 Balance de masas

Balance de masa es la contabilidad de los flujos de entrada y de salida de un proceso o de una parte de estos, se rige bajo el principio de la conservación de materia.

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$\text{Entrada al sistema} + \text{Generación} = \text{Salida} + \text{Consumo} + \text{Acumulación} \text{ (Ec. 1)}$$

Para las concentraciones parciales de cada elemento

$$L_{xl} + R_{xr} = G_{xg} + B_{xb} + S_{xs} \text{ (Ec.2)}$$

$$x_n = \frac{i}{V_t} \text{ (Ec.3)}$$

Dónde:

x_n = concentración parcial

i = elemento.

V_t = litros de mezcla.

Se calcula la salida de los flujos del sistema a partir de la alimentación del sistema y se obtiene las concentraciones parciales de cada elemento.

Eficiencia.

$$\eta = \frac{B}{vt} * 100 \text{ (Ec. 4)}$$

Dónde:

η = Eficiencia del biorreactor

B = Biol obtenido

Vt = litros de mezcla.

Se calcula la eficiencia del biorreactor para obtener el biol a través del proceso.

La aplicación del balance de masas permite la proyección generada en los procesos, mediante la determinación de los productos y la comprobación de la funcionalidad de estos, así como control de fugas o determinación de pérdidas.

1.5.4.2 Matriz de eficiencia

La matriz de eficiencia analiza los recursos necesarios para la aplicación de algún método o actividad haciendo uso óptimo de los recursos con un menor costo posible.

Tabla 6-1: Matriz de preselección tipo de biorreactor.

| TIPO DE BIORREACTOR | | | | | |
|----------------------------|------------|----------------------------------|----------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | E |
| # | % | ASPECTO EVALUADO | PUNTAJE | C/5 | D*A |
| 1 | 5 | TIPO DE MATERIA PRIMA | | | |
| 2 | 15 | VIDA ÚTIL | | | |
| 3 | 5 | REQUERIMIENTO DE ÁREA | | | |
| 4 | 20 | COSTOS | | | |
| 5 | 15 | CONSTRUCCIÓN | | | |
| 6 | 15 | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | | | |
| 7 | 25 | RENDIMIENTO | | | |
| TOTAL | 100 | | | | |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Dónde:

A = % entre 1-100.

B= Aspectos a evaluar.

C= Puntaje entre 1-5.

D= Puntaje asignado(C) / 5

E= Valor de D * A

Total = El % de eficiencia para ese tipo de reactor.

Las matrices de eficiencia permiten la selección de método o procedimiento más adecuado que se adapta a las necesidades existentes, a través de la evaluación de cada uno mediante parámetros de comparación.

1.5.4.3 Carga diaria

Se define como la carga diaria de materia y agua (mezcla) con la que se alimenta el biorreactor.

$$CD = R + L \text{ (Ec. 5)}$$

Dónde:

CD= carga diaria.

S= cantidad de residuo o materia.

L= volumen de agua.

Esta ecuación permite establecer la cantidad de mezcla diaria que se genera y es la principal variable de diseño.

1.5.4.4 Volumen del tanque del biorreactor

El volumen del biorreactor es el cuerpo o tanque donde se almacena la materia empleada para el proceso de fermentación y funciona como frontera del medio físico entre el ambiente externo e interno.

$$V_t = CD \times TR \text{ (Ec. 6)}$$

Dónde:

V_t= volumen total del biorreactor.

CD= carga diaria.

TR= tiempo de retención.

Esta ecuación de volumen permite conocer el volumen necesario en base a la alimentación y el tiempo de retención para el proceso.

1.5.4.5 Diámetro del biorreactor (Ø)

La parte interna del biorreactor se genera en forma cilíndrica lo que genera la anchura del biorreactor.

$$\emptyset = \sqrt[3]{\frac{V_b \times 4}{\pi}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde:

\emptyset =Diámetro del biorreactor

V_b = Volumen del biorreactor

Π = cte Π .

El valor del diámetro es necesario para el cálculo de la altura del biorreactor.

1.5.4.6 Altura del biorreactor.

La altura del biorreactor será el porte desde la base del biorreactor hasta el extremo superior.

$$H = \frac{V_b \times 4}{\pi \times \emptyset^2} \quad (\text{Ec. 8})$$

Dónde:

H = altura del biorreactor

V_b = Volumen del biorreactor.

\emptyset =Diámetro del biorreactor

Π = Π .

La altura del biorreactor participara en la obtención del volumen final del biorreactor y el área estructural del mismo.

1.5.4.7 Curvatura de la cúpula (f)

La curvatura de la cupula es la que se forma en la parte superior del biorreactor dándole la forma ligera mente curva, donde se almacena la fase gaseosa antes de ser enviada al gasómetro.

$$f = \frac{1}{5} \times \emptyset \text{ (Ec.9)}$$

Dónde:

f= curvatura de la cúpula.

\emptyset =Diámetro del biorreactor

La curvatura

1.5.4.8 Radio del biorreactor (r)

Es el ancho del tronco del biorreactor donde se deposita los compuestos a emplear.

$$r = \sqrt{\frac{V_b}{\pi * H_b}} \text{ (Ec. 10)}$$

Dónde:

R=radio del biorreactor

H_b= altura del biorreactor + altura de seguridad

V_b= Volumen del biorreactor.

Π = cte Π .

El radio del biorreactor se utiliza para el cálculo del volumen del cilindro del biorreactor.

1.5.4.9 Radio de la curvatura de la esfera superior (R1)

Es el ancho de la cupula del biorreactor.

$$R1 = \frac{r^2 + f^2}{2f} \text{ (Ec. 11)}$$

Dónde:

R1= Radio de la curvatura de la esfera superior

r=radio del biorreactor

f= curvatura de la cúpula.

El radio de la curvatura de la esfera superior es empleado en la obtención del volumen de la cupula del biorreactor.

1.5.4.10 Volumen de la cúpula (V1)

El volumen de la cupula es donde se almacena el biogás resultante del proceso.

$$V1 = \pi(f1)^2(R1 - \frac{f1}{a}) \text{ (Ec. 12)}$$

Dónde:

V1= volumen de la cúpula.

f= curvatura de la cúpula.

R1= Radio de la curvatura de la esfera superior

a= cte 3

$\Pi = \text{cte } \Pi$.

El volumen de la cupula es necesario para el calculo del volumen total del biorreactor.

1.5.4.11 Volumen del cilindro.

El volumen del cilindro o del cuerpo es la capacidad de retención de los componentes a emplear por el biorreactor.

$$V2 = \pi r^2 H b \text{ (Ec. 13)}$$

Dónde:

V_2 = volumen del cilindro

Π = cte P_i .

r =radio del biorreactor

H_b = altura total del biorreactor

El volumen del cilindro es necesario para la obtención del volumen final del biorreactor.

1.5.4.12 Volumen final del biorreactor

Es la capacidad total del biorreactor para almacenar tanto los componentes iniciales de la fase de alimentación, como los productos finales que se generan al finalizar el proceso.

$$V_{fb} = V_1 + V_2 \text{ (Ec. 14)}$$

Dónde:

V_{fb} = volumen final del biorreactor.

V_1 = volumen de la cúpula.

V_2 = volumen del cilindro

El volumen final del biorreactor permitirá conocer la capacidad de carga y producción del biorreactor.

1.5.4.13 Calculo de la superficie estructural (S)

La superficie estructural es la necesidad de espacio para la realización de cada biorreactor o el tamaño total del mismo.

$$S_1 = 2\pi R_1 F_1 \text{ (Ec. 15)}$$

Dónde:

S1= superficie estructural cúpula.

$\Pi = cte \text{ } \Pi$.

f= curvatura de la cúpula.

R1= Radio de la curvatura de la esfera superior

$$S2 = 2\pi r Hb \text{ (Ec. 16)}$$

Dónde:

S2= Superficie estructural cilindro.

r= radio del biorreactor.

Hb= altura total del biorreactor.

$$S = S1 + S2 \text{ (Ec. 17)}$$

Dónde:

S=Superficie estructural total.

S1= superficie estructural cúpula.

S2= Superficie estructural cilindro.

El cálculo del área estructural sirve para conocer la necesidad de terreno para la elaboración de cada biorreactor.

1.5.4.14 Cámara de entrada.

Cámara por la cual se realiza la alimentación del biorreactor, se considera la carga diaria que ingresa al sistema.

$$L1=L2=L3=L^3$$

$$L^3 = CD$$

$$CD = V_{ce}$$

$$V_{ce}=L^3$$

$$L_{ce}=\sqrt[3]{V_{ce}} \text{ (Ec.18)}$$

Dónde:

V_{ce} = volumen de caja de entrada.

L = lados.

L_{ce} = longitud de caja de entrada.

La dimensión de la cámara de entrada permite la alimentación requerida por el biorreactor en base a la carga diaria de esta forma evitar atascamiento.

1.5.4.15 Cámara de salida.

La cámara de salida es por donde se realiza la descarga una vez pasado el tiempo de retención por lo que se debe considerar la carga diaria y los días de alimentación.

$$V_{cs}= CD* D_{carg\ evac} \text{ (Ec. 19)}$$

Dónde:

V_{cs} = Volumen de carga de salida

CD = carga diaria.

$D_{carg\ evac}$ = días de carga a evacuar.

$$L_{cs}=\sqrt[3]{V_{cs}} \text{ (Ec. 20)}$$

Dónde:

L_{cs} = Longitud caja de salida.

V_{cs} = Volumen de carga de salida.

La cámara de salida permitirá la extracción del biol y el biosol una vez concluido el tiempo de retención.

1.5.4.17 Gasómetro

Tanque en el que se almacena el gas a una presión determina para luego poder ser utilizado, para el cálculo de este se toma en cuenta el volumen del biorreactor por un porcentaje de seguridad.

$$Vg = Vb \times 5 \times 25\% \quad (21)$$

Dónde:

Vg = Volumen del gasómetro.

Vb = Volumen del biorreactor.

Esta ecuación permite calcular el volumen del gasómetro tomando en cuenta todos los biorreactores propuestos donde se almacena el biogás producido en la fermentación.

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización, características del Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San mateo de la ciudad de Esmeraldas y la cuantificación más caracterización del contenido ruminal.

2.1.1 Localización del proyecto

La Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas (EMCORSAM), se encuentra ubicada, en la parroquia San Mateo, del cantón Esmeraldas y provincia de Esmeraldas, en las coordenadas UTM.

Tabla 1-2: Coordenadas WGS84 de la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas.

| Punto | Coordenadas | |
|----------|-------------|-------------------|
| | X | Y |
| 1 | 651357,08 | 98578,11 |
| 2 | 651433,20 | 98568,95 |
| 3 | 651396,27 | 98332,33 |
| 4 | 651301,34 | 98354,23 |
| HUSO: 17 | | HEMISFERIO: NORTE |

Realizado por: Petter Montaña 2018

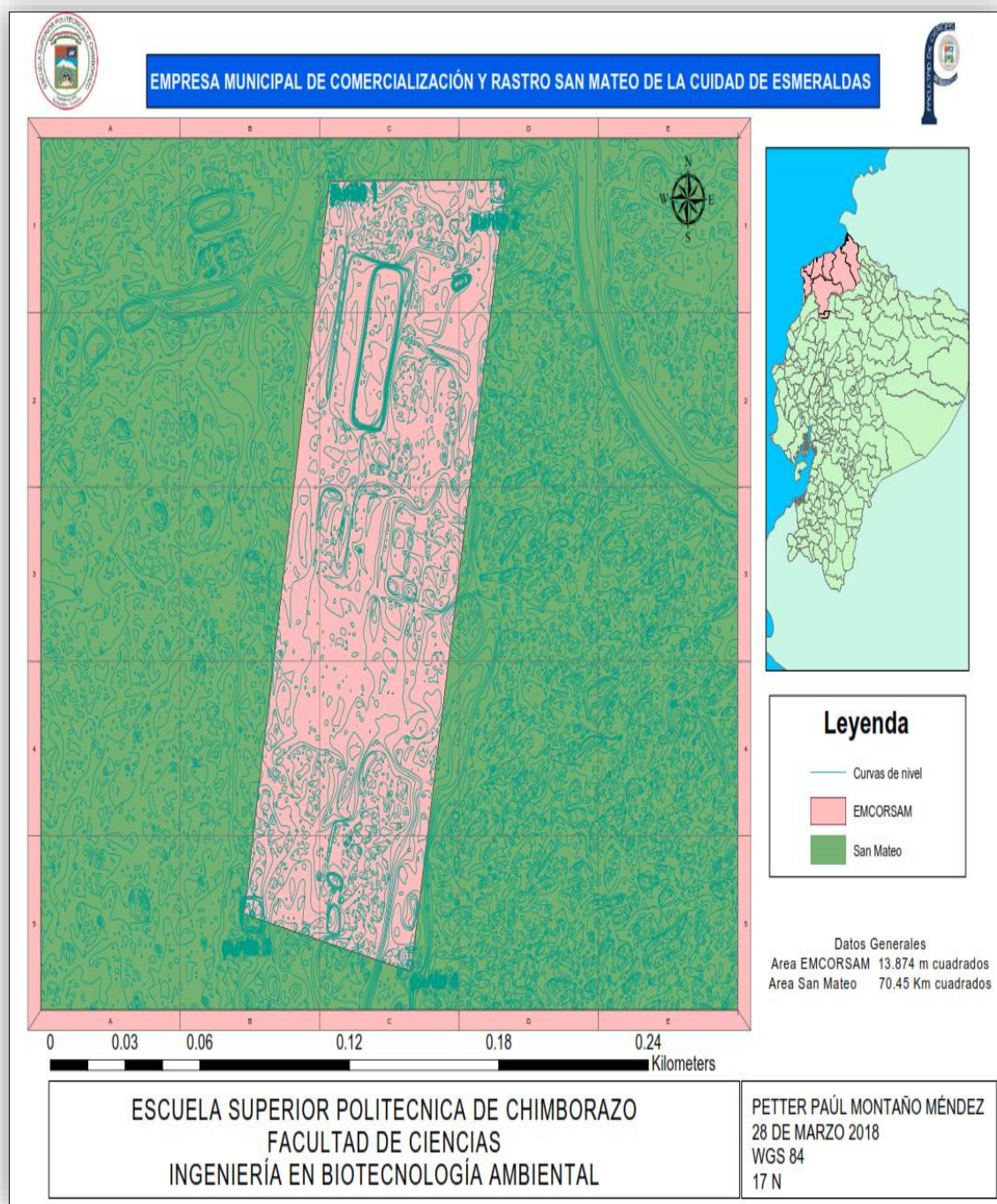


Fig.1-2. Mapa de EMCORSAM.

Realizado por: Petter Montaña 2018

2.1.2 Características del camal

En la EMCORSAN, se faena un aproximado de 35 vacas diarias, generando así un aproximado 584,23 Kg de contenido ruminal (incluye agua) y un aproximado de 20 cerdos.

2.1.3 Medición de la generación de contenido ruminal

La medición de la generación del contenido ruminal se realizará mediante el pesado de lo que se genera diario en EMCORSAN durante una semana.

2.1.4 Recolección del contenido ruminal.

2.1.4.1 Recolección de muestra.

La toma de muestra se realiza en la Empresa Municipal de Comercialización y Rastro San Mateo de la Ciudad de Esmeraldas, a temperatura ambiente 22° C, mediante el instructivo de toma de muestra de Agrocalidad.

2.1.5 Caracterización del residuo.

2.1.5.1 Análisis del contenido ruminal.

El análisis del contenido ruminal se realizó en el laboratorio de bromatología de Agrocalidad y el pH y temperatura se tomaron *in situ*.

Tabla 2-2: Análisis al contenido ruminal.

| No | ANÁLISIS | MÉTODO |
|----|----------------------|-------------------|
| 1 | Humedad | Gravimétrico |
| 2 | Materia seca | Gravimétrico |
| 3 | Proteína (Nitrógeno) | Kjeldahl |
| 4 | Cenizas | Gravimétrico |
| 5 | Fósforo | Colorimétrico |
| 6 | Potasio | Absorción atómica |
| 7 | Hierro | Absorción atómica |
| 8 | pH | Potenciómetro |
| 9 | Temperatura. | Termómetro |

Realizado por: Petter Montaña 2018

2.1.5.2 Metodología de la recolección y análisis de muestra.

- Recolección de muestra.

Tabla 3-2: Recolección de muestras al azar, instructivo int/b/09 (Agrocalidad)

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICAS | REQUERIMIENTOS |
|---|---|---|--|
| Selección de una muestra de una población para estudiar los aspectos que la componen. | Recipiente de plástico, hermético y esterilizado. Elementos de seguridad. (guantes, mascarillas, casco). Herramienta para selección de muestra. | Las muestras se deben tomar de forma que cubra la mayor área posible. Se muestrea en cinco lugares diferentes, cada una de las esquinas opuestas y una del medio. Se debe recolectar por lo menos 200 g de muestra. | La muestra debe estar sellada herméticamente y etiquetarse con la siguiente información: -Identificación de la muestra. -Fecha de toma de muestra. -Condiciones de almacenamiento y transporte. -Otra información que se considere el cliente. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de humedad y materia seca.

Tabla 4-2: Determinación de humedad y materia seca, método gravimétrico pee/b/01(Agrocalidad)

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|--|--|--|---|
| El método de secado es el más común para el cálculo de contenido de agua por la pérdida de peso. | Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg Cápsula de porcelana, con tapa. Desecador Estufa regulada a 103±2 °C | Colocar la cápsula destapada y la tapa durante 1 hora en la estufa. Pasar la cápsula y tapa a la estufa y dejar enfriar 30 min y pesar. Pesar 5 g de muestra homogenizada. Colocar la muestra en la capsula a 105 °C por 5 Horas. Enfriar en el desecador por 30 min y pesar. Repetir el procedimiento de secado hasta que no varíe la temperatura. | $\% \text{Humedad} = \frac{m2 - m3}{m2 - m1} * 100$ Dónde: M1: Masa de la capsula vacía y su tapa. M2: Masa de la capsula tapada con la muestra antes del secado. M3: Masa de la cápsula con trapa más la muestra desecada. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de proteína

Tabla 5-2: Determinación de proteína método Kjeldahl (Agrocalidad)

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|--|--|---|---|
| El método consiste en disolver las proteínas y otros componentes orgánicos, convirtiéndolo en sulfato de amonio. | Baño de agua, capaz de mantenerse a 38 ± 2 °C. | Encender el sistema de extracción de vapor del aparato de digestión. Calentar el matraz Kjeldahl y su contenido por 20 min. Aumentar el calor progresivamente hasta 1,5 horas máximo. | <p>Proteína</p> $W_p = W_n * 6.25$ <p>Dónde: W_p: es la proteína cruda de la muestra, expresada como un porcentaje de la masa. W_n: es el contenido de nitrógeno de la muestra, expresado como un porcentaje de la masa con cuatro decimales. 6,25 : es el factor de multiplicación aceptado como el contenido de proteína cruda.(Factor de conversión)</p> |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de cenizas

Tabla 6-2: Determinación de cenizas, método gravimétrico pee/b/03

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|--|---|--|--|
| El método consiste en la determinación de las cenizas totales, a partir de la destrucción de la materia orgánica que posee la muestra obteniendo así el valor por gravimetría. | Crisoles. Balanza analítica 0,1 mg. Desecador. Mufla regulada a 550±25 °C. | Pesar 0,1 mg en una capsula previamente calcinada y tarada más 2 g de muestra homogenizada. Precalcinar previamente la muestra en placa calefactora y luego colocar en la mufla a 550 °C por 8 horas. Dejar enfriar en el desecador y pesar. | $= \frac{(m2 - m0)}{(m1 - m0)} * 100$ Dónde: M2: masa en gramos de la capsula con la ceniza. M1: masa en gramos de la capsula con la muestra. M0: masa en gramos capsula vacía. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis fósforo total

Tabla 7-2: Determinación fósforo total, método colorimétrico pee/b/11

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|---|---|---|------------------|
| El método se basa en la reacción del ion fosfato con molibdato, dando lugar al fosfobolibdato de coloración azul. | Matraces aforados de 50, 100, 500 y 1000 ml. 2 pipetas de 5 ml Espectrofotómetro. | En matraces de 50 ml se pipetea la cantidad adecuada de disolución patrón de fosfato. Se añaden 5 ml de solución de molibdato y 3 ml de disolución reductora. Se enrasa con agua y se agita la mezcla para homogenizar. Se mide la absorbancias a 660 nm. | Leer del equipo. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de potasio

Tabla 8-2: Determinación de potasio, método absorción atómica (llama) pee/b/10.

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|---|--|--|--|
| El método se basa en un equipo con una fuente de radiación, un medio para la obtención de átomos libres y un sistema para medir el grado de absorción de radiación. | Espectrofotómetro de absorción atómica con llama. Plancha calefactora. Balanza analítica. Pipeta aforado de 5 – 100 ml. Erlenmeyer de 100 a 125 ml. Papel filtro. Matraces aforados de 25 - 1000 ml. | Selección de las condiciones Calibrado Preparación y medida de la muestra. Calculo. | $K = (CM - FDM - CB \cdot FDB) \cdot FC$ Dónde: CM; concentración de K en la muestra. FDM: factor de dilución de la muestra. CB: concentración de k del blanco. FDB: factor de dilución del blanco. FC: factor de concentración de la muestra. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de hierro

Tabla 9-2: Determinación de hierro, método absorción atómica (llama) pee/b/10.

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|---|--|--|--|
| El método se basa en un equipo con una fuente de radiación, un medio para la obtención de átomos libres y un sistema para medir el grado de absorción de radiación. | Espectrofotómetro de absorción atómica con llama. Plancha calefactora. Balanza analítica. Pipeta aforado de 5 – 100 ml. Erlenmeyer de 100 a 125 ml. Papel filtro. Matraces aforados de 25 - 1000 ml. | Selección de las condiciones Calibrado Preparación y medida de la muestra. Calculo. | $\frac{mg}{Kg} Fe(1 - Bco) \times d$ Dónde: l: Lectura de la muestra en mg/kg Bco: lectura del blanco. d: Factor de concentración. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de pH

Tabla 10-2: Determinación de pH, método de potenciometría

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|--|---------------------------|---|--|
| El método se basa en medir la tendencia de la muestra hacia la acidez o alcalinidad midiendo el potencial generado por la misma. | Potenciómetro. Matraz. | Colocar la muestra en el matraz. Insertar los electrodos. Medir el resultado. | Se lee el valor directamente del equipo. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de temperatura

Tabla 11-2: Análisis de temperatura, método de termómetro.

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|---|-----------------------|--|--|
| Se fundamenta en medir el aumento o disminución de la energía cinética. | Termómetro Matraz. | Colocar la muestra en el matraz. Insertar el termómetro | Se lee el valor directamente del termómetro. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

2.2 Proceso de fermentación anaerobia y análisis de resultados.

2.2.1 Elaboración de reactor tipo batch

Para la obtención de los datos experimentales se realizó un prototipo empleando recipientes 40 L, los cuales se adecuaron hasta obtener la funcionalidad de un biorreactor tipo batch

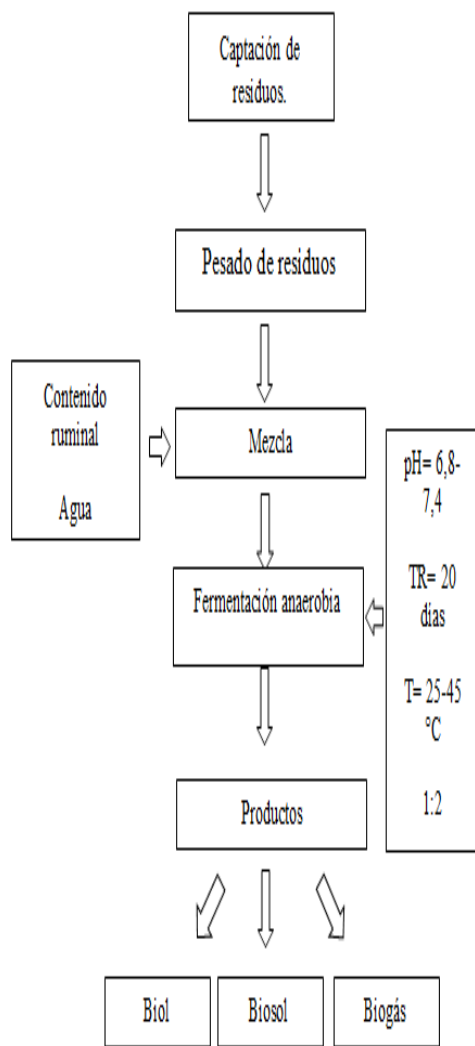
Para esto se colocó una llave en la mitad del tanque para facilitar la salida del biol, así como una salida en la parte superior para el desfogue de gases.



Fig. 2-2: Prototipo de biorreactor.

2.2.2 Procedimiento obtención de biol y biosol.

El proceso de obtención de biol y biosol se realiza en los biorreactores utilizando una mezcla 1:2, bajo una temperatura ambiente de 28 °C una vez culminado el tiempo de retención se caracterizan los productos.



- Captación de residuos. -Los residuos son depositados en un área de almacenamiento.
- Pesado de residuo. - Se realiza el pesado del rumen.
- Mezcla. - Se realiza la mezcla del rumen con el agua a una relación 1:2.
- Agitación. - Se realiza la agitación de la mezcla, hasta un estado homogenizado.
- Fermentación anaerobia. - Una vez hecho la mezcla se sella herméticamente y se deja fermentar por un periodo de 20 días.
- Productos. - Al culminar el proceso de fermentación se analizarán y cuantificarán los productos.
- Biogás. - Se recolecta en una funda industrial, con revisiones diaria como precaución en caso de fuga.
- Biol.- Se recolectará al finalizar el proceso como fase liquida resultante, se cuantificará y caracterizará.
- Biosol. - Se recolectará al final como la fase sólida, se cuantificará y caracterizará.

Fig. 2-3: Flujograma del proceso

2.2.3 Evaluación de calidad de los productos.

2.2.3.1 Análisis de productos

Los análisis de los productos se realizarán una vez finalizado el proceso la fase gaseosa o biogás, la fase líquida o biol y la fase sólida biosol.

Tabla 12-2: Análisis de los productos.

| No | ANÁLISIS | MÉTODO |
|-----------|--------------------|----------------------------|
| 1 | Volumen de biogás. | Desplazamiento |
| 2 | Coliformes totales | Número más probable. |
| 3 | Materia orgánica | Walkley & Black |
| 4 | Nitrógeno total | Combustión (Dummas) |
| 5 | Fósforo total | Espectrofotometría uv-vis. |
| 6 | Potasio | Absorción atómica |
| 7 | pH | Potenciómetro |
| 8 | Temperatura. | Termómetro |

Realizado por: Petter Montaña 2018

2.2.3.2 Metodología de análisis de productos.

- Producción de biogás

Tabla 13-2: Volumen de biogás, método volumen por desplazamiento

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|--|--|--|---|
| El método consiste en la determinación del volumen a partir del desplazamiento de agua del recipiente. | Recipiente graduado. Funda con gas. | Se llena la funda con el gas. Esta ingresa al recipiente con agua. Se mide el cambio en el volumen | $Vg = V2 - V1$ Dónde: V1 : Volumen inicial. V2: Volumen final. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de pH

Tabla 14-2: Determinación de pH, método de potenciometría

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|--|---------------------------|---|--|
| El método se basa en medir la tendencia de la muestra hacia la acidez o alcalinidad midiendo el potencial generado por la misma. | Potenciómetro. Matraz. | Colocar la muestra en el matraz. Insertar los electrodos. Medir el resultado. | Se lee el valor directamente del equipo. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de temperatura

Tabla 15-2: Análisis de temperatura, método de termómetro.

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|---|-----------------------|--|--|
| Se fundamenta en medir el aumento o disminución de la energía cinética. | Termómetro Matraz. | Colocar la muestra en el matraz. Insertar el termómetro | Se lee el valor directamente del termómetro. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de potasio total

Tabla 16-2: Determinación de potasio, método absorción atómica (llama) pee/b/10.

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CÁLCULO |
|---|--|--|---|
| El método se basa en un equipo con una fuente de radiación, un medio para la obtención de átomos libres y un sistema para medir el grado de absorción de radiación. | Espectrofotómetro de absorción atómica con llama. Plancha calefactora. Balanza analítica. Pipeta aforado de 5 – 100 ml. Erlenmeyer de 100 a 125 ml. Papel filtro. Matraces aforados de 25 - 1000 ml. | Selección de las condiciones Calibrado Preparación y medida de la muestra. Calculo. | $K = (CM - FDM - CB + FDB) \cdot FC$ <p>Dónde: CM; concentración de K en la muestra. FDM: factor de dilución de la muestra. CB: concentración de k del blanco. FDB: factor de dilución del blanco. FC: factor de concentración de la muestra.</p> |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de materia orgánica

Tabla 17-2: Análisis de materia orgánica, método de Walkley & Black

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CALCULO |
|--|---|---|---|
| El método se fundamenta en pasar las muestras por una solución alcalina y dando como resultado el extracto húmico total. | Muestra Tubos de centrifuga pH-metro Agitador de vaivén. Centrifuga Estufa de aire forzado o normal. | Desecar la muestra a 50-60 °C por 48 H. Pesar a precisión de 0.1 mg, colocar en un tubo de centrifuga y colocar 100ml de solución extractante, sacudir por 1 H. Centrifugar 4500 rpm por 25 min. Colocar 50ml de la solución y añadir a un matraz de 500ml. Secar hasta eliminar el agua. Añadir 10ml de solución normal de K ₂ Cr ₂ O ₇ . Insertar 20 ml H ₂ SO ₄ y sacudir por 1 min. Dejar descansar por 30 min. Añadir 200 ml de agua destilada y 10 ml H ₃ PO ₄ . Adicionar 1 ml de difenilamina y valorar con sal de Mohr. (AGENCIA ESTATAL BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, 1991, p. 23726) | MO = $(V - V1) * N * f * 0.39$ P Donde V: Volumen en ml sal de Mohr gastado en blanco. V1: Volumen empleado sal de Mohr muestra. N: Normalidad de la sal de Mohr. P: peso de muestra. 0.39: Factor de oxidación carbono en la muestra. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de nitrógeno total

Tabla 18-2: Análisis nitrógeno total, método de combustión (Dummas)

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CALCULO |
|--|---|--|-------------------------------------|
| El método se fundamenta en la liberación del nitrógeno grandes temperatura con oxígeno de alta pureza y medido por detección de conductividad térmica. | Instrumento de combustión con medidor de conductividad térmica. Muestra. | Se coloca la muestra del fertilizante en el instrumento. Calibrar el equipo con material de referencia. | Leer el resultado que da el equipo. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de fósforo total

Tabla 19-2: Análisis de fósforo total, método espectrofotometría uv-vis

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CALCULO |
|--|--|---|---|
| El método se fundamenta en la interacción del MoO_4^{2-} con el ion fosfato que resulta en la generación de fosfomolibdato. | 2 pipetas de 5 ml. Espectrofotómetro Matraz de 50, 100, 500 y 1000 ml. | Se pipeta 50 ml de disolución patrón de fosfato en el matraz. Mientras se agita se adicionan 5ml de disolución de molibdato. Se añaden 3ml de disolución reductora. Se iguala con agua y se agita. Una vez homogénea la mezcla se deja reposar por 6 min. Se repite en todos los matraces. Se toma el resultado a 660 nm. | $Y_{cp} = Y_p * f_{dn}$ Dónde: Y _{cp} : Concentración de la masa del mesurando (Fosforo) Y _p : Concentración del mesurando que determina el equipo. F _{dn} : Factor de disolución con n; 1,2,3 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Análisis de coliformes totales

Tabla 20-2: Análisis de coliformes totales, método de número más probable

| FUNDAMENTO | MATERIALES | TÉCNICA | CALCULO |
|--|---|---|---|
| El método se fundamenta en la capacidad de los coliformes de fermentar la lactosa. | Muestra Medio de cultivo. Tubos de dilución Pipeta Placa Petri. Mechero bunsen. Estufa. | Se realiza una dilución 10^3 . Se siembra en tubos de dilución con Lauril triptosa. Se incuba a 35°C durante 1 día. Posteriormente se siembra en placa Petri con cultivo de Agar Endo. A 44°C por 1 día. | $\frac{NMP}{100ML} = NMP * \frac{10}{V1}$ Donde NMP: número más probable V1: volumen de la dilución inicial. |

Realizado por: Petter Montaña 2018

2.3 Diseño del biorreactor.

2.3.1 Balance de masas

Se realizará el balance de masas mediante la comparación de los flujos de entradas y salidas, comparando así los volúmenes de formación de productos y determinar la eficiencia de formación del biol y biosol.

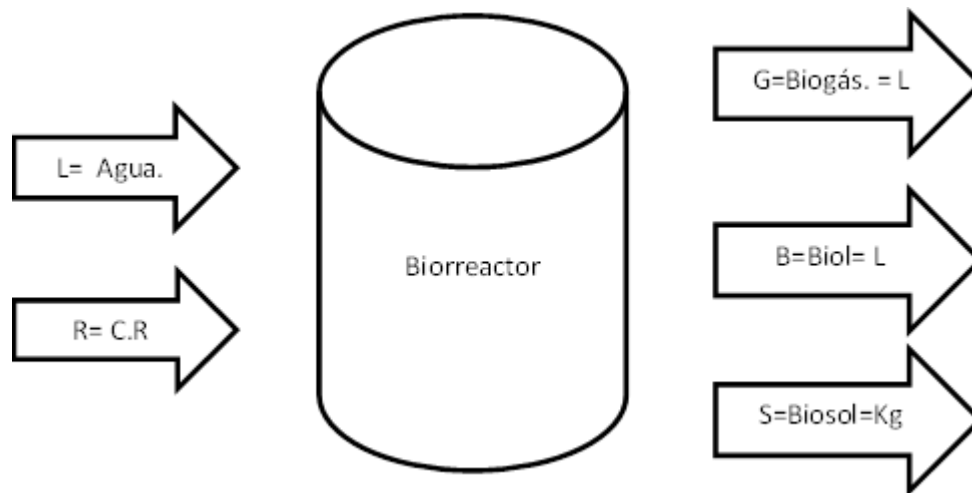


Fig. 4- 2: Balance de masas biorreactores.

2.3.2 Preselección por matrices de eficiencia.

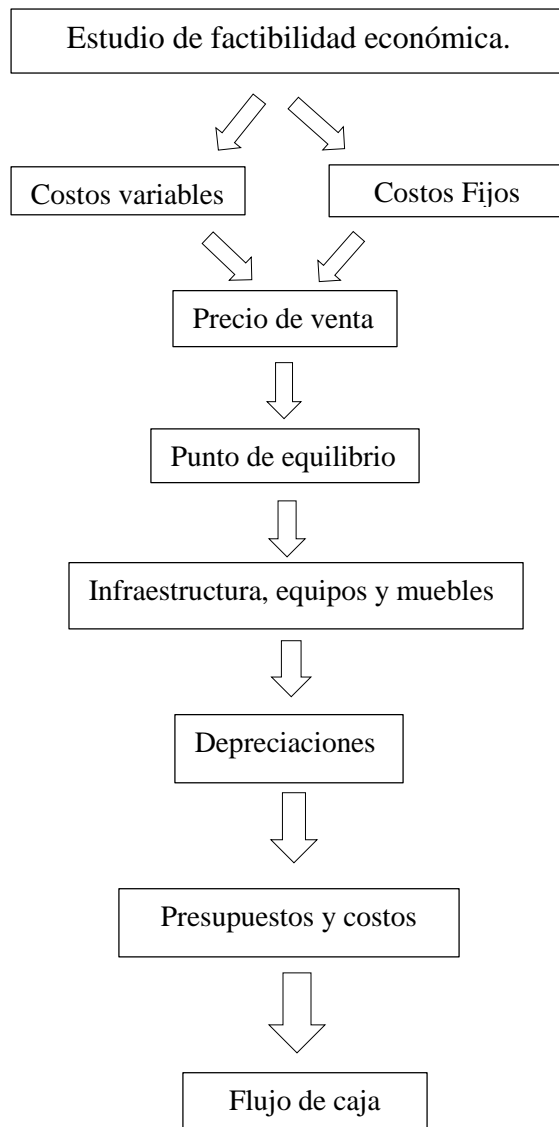
La preselección del tipo de biorreactor a utilizar se llevará mediante la utilización de matrices de eficiencia **Tabla 6-1** y se realizaran para los biorreactores de tipo hindú, chino, taiwanés y de flujo inducido.

2.3.3 Dimensionamiento del biorreactor.

Se realizarán los cálculos para el dimensionamiento del biorreactor seleccionado por su eficiencia, así como los requerimientos de área para su elaboración.

2.3.4 Estudio de factibilidad económica.

Se elaborará el estudio de factibilidad económica, teniendo en consideración el costo de la materia prima directa e indirecta, así como los costos de mano de obra, construcción y funcionamiento del proyecto. Con esto se obtendrá la tasa interna de retorno (TIR) de la propuesta.



Estudio de factibilidad económica. - Demuestra que el proyecto es factible económicamente ya que la inversión es justificada por la ganancia.

Costos variables. -Estos varían según el volumen de producción (agua y ruminaza)

Costos fijos. – No depende del volumen de producción (administrativos)

Precio de venta. - Parte de los costos para estimar el valor del producto.

Punto de equilibrio. - La cantidad de producto que se debe vender para recuperar el costo.

Infraestructura, equipos y muebles. - Se considera todos los elementos necesarios para la elaboración del proyecto.

Depreciaciones. - Se refiere a la disminución periódica del valor de los bienes materiales.

Presupuestos y costos. - Se determina el gasto del proyecto en relación con el tiempo.

Flujo de caja. - Hace referencia a las entradas y salidas netas de dinero del proyecto lo que sirve como medida de solvencia.

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y DISEÑO

3.1 Diseño del biorreactor.

3.1.1 Cálculo de balance de masas.

Para el cálculo de balance de masas se considera la fórmula de densidad para trabajar todo bajo la misma unidad.

3.3.1.1 Balance de masas biorreactor A.

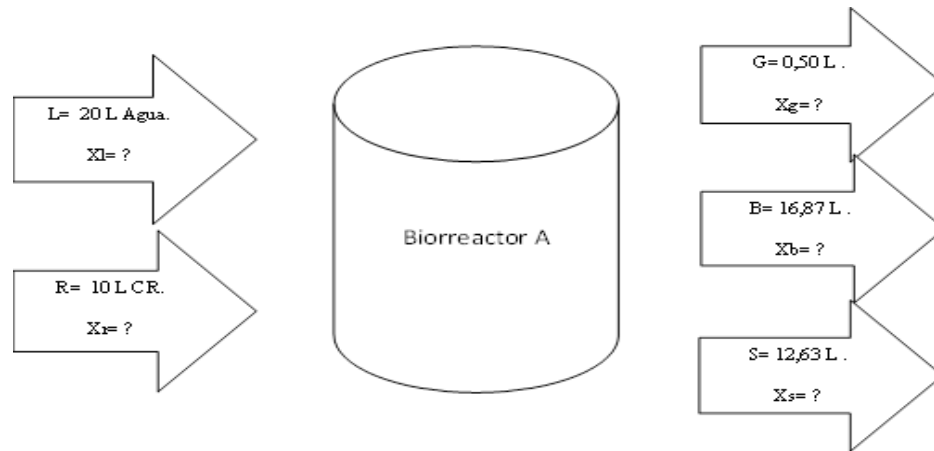


Fig. 1-3: Entradas y salidas biorreactor A.

$$(Ec 1) 20 L + 10 L = 0,50 L + 16,87 L + 12,63 L$$

La (Ec. 3) se utiliza para cada parámetro como:

$$L_{xl} = \frac{20}{30}$$

$$L_{xl} = 0,66 L$$

Tabla 1-3: Datos concentraciones y concentraciones parciales. (A)

| No | Parámetro | Resultado (L) |
|----|-----------|---------------|
| 1 | L | 20 |
| 2 | R | 10 |
| 3 | G | 0,5 |
| 4 | B | 16,87 |
| 5 | S | 12,63 |
| 6 | xl | 0,66 |
| 7 | xr | 0,33 |
| 8 | xg | 0,017 |
| 9 | xb | 0,562 |
| 10 | xs | 0,421 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Aplicando la (Ec. 2)

$$(20 \times 0,66) + (10 \times 0,33) = (0,5 \times 0,017) + (16,87 \times 0,562) + (12,63 \times 0,421)$$

$$16,5 \text{ L} = 14,93$$

$$16,5 \text{ L} \text{ -----} > 100$$

$$14,93 \text{ L} \text{ -----} > x$$

$$X = 90,5$$

Esta pérdida del 9,5 % se debe a la toma de muestra para la realización de los análisis.

Eficiencia biol y biosol biorreactor A.

$$(Ec. 4) \eta = \frac{16,87}{30} \times 100$$

$$\eta = 56,23 \%$$

$$(Ec. 4) \eta = \frac{12,63}{30} \times 100$$

$$\eta = 42,17 \%$$

El biorreactor A tiene una eficiencia de producción del 56,23 % de biol y 42,17 % para el biosol con 1.6 % de producción de gas.

3.1.1.2 Balance de masas biorreactor B.

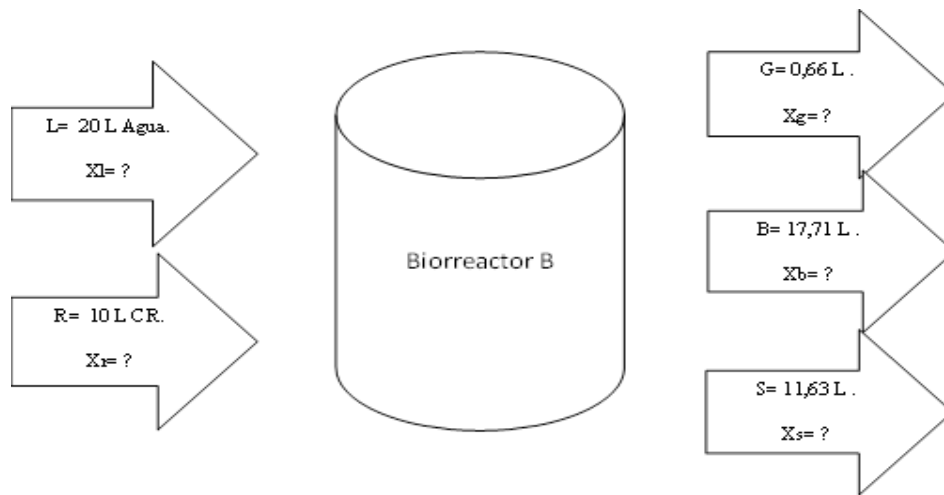


Fig. 2-3: Entradas y salidas biorreactor B.

$$(Ec\ 1)\ 20\ L + 10\ L = 0,66\ L + 17,71\ L + 11,63\ L$$

La Ec. 3 se utiliza para cada parámetro como:

$$R_{xr} = \frac{10}{30}$$

$$R_{xr} = 0,33\ L$$

Tabla 2-3: Datos concentraciones y concentraciones parciales. (B)

| No | Parámetro | Resultado (L) |
|----|-----------|---------------|
| 1 | L | 20 |
| 2 | R | 10 |
| 3 | G | 0,66 |
| 4 | B | 17,71 |
| 5 | S | 11,63 |
| 6 | xl | 0,66 |
| 7 | xr | 0,33 |
| 8 | xg | 0,022 |
| 9 | xb | 0,59 |
| 10 | xs | 0,388 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Aplicando la (Ec. 2)

$$(20 \times 0,66) + (10 \times 0,33) = (0,66 \times 0,022) + (17,71 \times 0,59) + (11,63 \times 0,388)$$

$$16,5 \text{ L} = 14,97$$

$$16,5 \text{ L} \text{ -----} > 100$$

$$14,93 \text{ L} \text{ -----} > x$$

$$X = 90,76$$

Esta pérdida del 9,24 % se debe a la toma de muestra para la realización de los análisis.

Eficiencia biol y biosol biorreactor B.

$$(Ec. 4) \eta = \frac{17,71}{30} \times 100$$

$$\eta = 59,03 \%$$

$$(Ec. 4) \eta = \frac{11,63}{30} \times 100$$

$$\eta = 38,77 \%$$

El biorreactor B tiene una eficiencia de producción del 59,03 % de biol y 38,77 % para el biosol con 2.2 % de producción de gas.

3.1.1.3 Balance de masas biorreactor C.

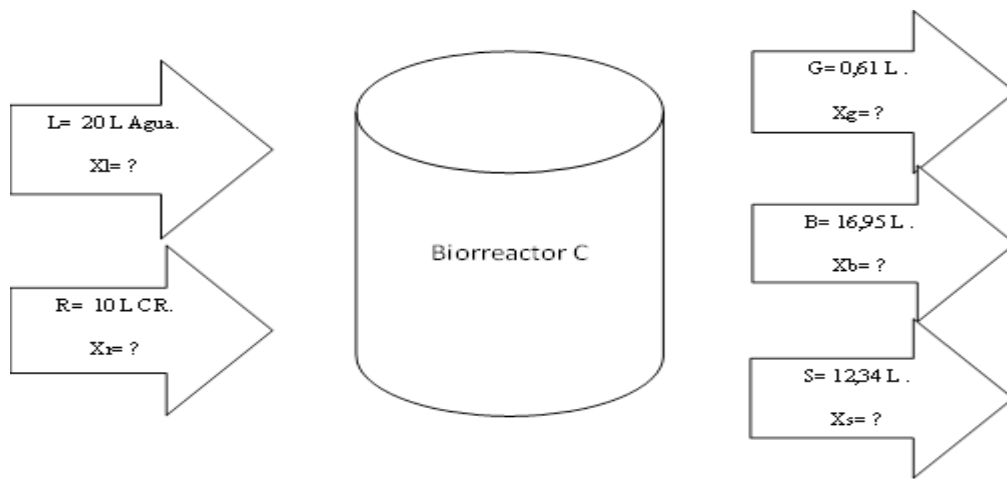


Fig. 3-3: Entradas y salidas biorreactor C.

$$(Ec 1) 20 L + 10 L = 0,61L + 16,95L + 12,34L$$

La (Ec. 3) se utiliza para cada parámetro como:

$$Bxb = \frac{16,95}{30}$$

$$Bxb = 0,565 L$$

Tabla 3-3: Datos concentraciones y concentraciones parciales. (C)

| No | Parámetro | Resultado (L) |
|----|-----------|---------------|
| 1 | L | 20 |
| 2 | R | 10 |
| 3 | G | 0,61 |
| 4 | B | 16,95 |
| 5 | S | 12,34 |
| 6 | Xl | 0,66 |
| 7 | Xr | 0,33 |
| 8 | Xg | 0,02 |
| 9 | Xb | 0,565 |
| 10 | Xs | 0,411 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Aplicando la (Ec. 2)

$$(20 \times 0,66) + (10 \times 0,33) = (0,61 \times 0,020) + (16,95 \times 0,565) + (12,34 \times 0,411)$$

$$16,5 \text{ L} = 14,67$$

$$16,5 \text{ L} \text{ -----} > 100$$

$$14,93 \text{ L} \text{ -----} > x$$

$$X = 88,91$$

Esta pérdida del 11,01 % se debe a la toma de muestra para la realización de los análisis.

Eficiencia biol y biosol biorreactor C.

$$(Ec. 4) \eta = \frac{16,95}{30} \times 100$$

$$\eta = 56,5 \%$$

$$(Ec. 4) \eta = \frac{12,34}{30} \times 100$$

$$\eta = 41,13 \%$$

El biorreactor B tiene una eficiencia de producción del 56,50 % de biol y 41,13 % para el biosol con 2.37 % de producción de gas.

3.1.2 Preselección de biorreactor por matriz de eficiencia

3.1.2.1 Matrices de eficiencia para biorreactor tipo hindú

Tabla 4-3: Matriz de preselección biorreactor de tipo hindú

| BIORREACTOR DE CAMPANA FLOTANTE | | | | | |
|--|------------|----------------------------------|----------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | E |
| N° | % | ASPECTO EVALUADO | PUNTAJE | C/5 | D*A |
| 1 | 5 | TIPO DE MATERIA PRIMA | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 15 | VIDA ÚTIL | 4 | 0,8 | 12 |
| 3 | 5 | REQUERIMIENTO DE ÁREA | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | COSTOS | 3 | 0,6 | 12 |
| 5 | 15 | CONSTRUCCIÓN | 3 | 0,6 | 9 |
| 6 | 15 | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 2 | 0,4 | 6 |
| 7 | 25 | RENDIMIENTO | 4 | 0,8 | 20 |
| TOTAL | 100 | | | | 69 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

El biorreactor de tipo hindú posee una aceptación del 69 % siendo aceptable, sin embargo, su dificultad de construcción y el poseer un gasómetro el cual está sujeto a oxidación son problemas para tomar en cuenta.

3.1.2.2 Matrices de eficiencia para biorreactor tipo chino

Tabla 5-3: Matriz de preselección biorreactor de tipo chino

| BIORREACTOR DE CAMPANA FLOTANTE | | | | | |
|--|------------|----------------------------------|----------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | E |
| N° | % | ASPECTO EVALUADO | PUNTAJE | C/5 | D*A |
| 1 | 5 | TIPO DE MATERIA PRIMA | 5 | 1 | 1 |
| 2 | 15 | VIDA ÚTIL | 5 | 1 | 15 |
| 3 | 5 | REQUERIMIENTO DE ÁREA | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | COSTOS | 3 | 0,6 | 12 |
| 5 | 15 | CONSTRUCCIÓN | 3 | 0,6 | 9 |
| 6 | 15 | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 5 | 1 | 15 |
| 7 | 25 | RENDIMIENTO | 4 | 0,8 | 20 |
| TOTAL | 100 | | | | 77 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

El biorreactor tipo chino tiene una aceptación de 77, posee una elaboración sencilla relativamente del tipo hindú, una operación y mantenimiento fácil, teniendo como desventaja la adaptación de un gasómetro para captación del gas obtenido.

3.1.2.3 Matrices de eficiencia para biorreactor taiwanés o de bolsa.

Tabla 6-3: Matriz de preselección biorreactor de bolsa

| BIORREACTOR DE CAMPANA FLOTANTE | | | | | |
|--|------------|----------------------------------|----------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | E |
| N° | % | ASPECTO EVALUADO | PUNTAJE | C/5 | D*A |
| 1 | 5 | TIPO DE MATERIA PRIMA | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 15 | VIDA ÚTIL | 1 | 0,2 | 3 |
| 3 | 5 | REQUERIMIENTO DE ÁREA | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | COSTOS | 5 | 1 | 20 |
| 5 | 15 | CONSTRUCCIÓN | 5 | 1 | 15 |
| 6 | 15 | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 2 | 0,4 | 6 |
| 7 | 25 | RENDIMIENTO | 2 | 0,4 | 10 |
| TOTAL | 100 | | | | 64 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Biorreactor de bolsa o flexible, tuvo como aceptación un 64 % debido al tiempo de vida útil bajo causado por el empleo de bolsas plásticas que pueden verse afectada por diferentes condiciones y bajo rendimiento en cuanto a obtención de productos.

3.1.2.4 Matrices de eficiencia para biorreactor de flujo inducido.

Tabla 7-3: Matriz de preselección biorreactor de flujo inducido

| BIORREACTOR DE CAMPANA FLOTANTE | | | | | |
|--|------------|----------------------------------|----------------|------------|------------|
| | A | B | C | D | E |
| N° | % | ASPECTO EVALUADO | PUNTAJE | C/5 | D*A |
| 1 | 5 | TIPO DE MATERIA PRIMA | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 15 | VIDA ÚTIL | 5 | 1 | 15 |
| 3 | 5 | REQUERIMIENTO DE ÁREA | 5 | 1 | 5 |
| 4 | 20 | COSTOS | 1 | 0,2 | 4 |
| 5 | 15 | CONSTRUCCIÓN | 2 | 0,4 | 6 |
| 6 | 15 | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 1 | 0,2 | 3 |
| 7 | 25 | RENDIMIENTO | 5 | 1 | 25 |
| TOTAL | 100 | | | | 63 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

El biorreactor de flujo inducido tuvo una aceptación del 63 % al ser un diseño para mejorar el rendimiento en cuanto a la producción de biogás no es el más apropiado a utilizar además de tener un alto costo de construcción y poseer una difícil operación y mantenimiento.

3.1.3 Cálculos del diseño del biorreactor

El diseño a utilizar fue el de biorreactor tipo chino al tener una mayor aceptación que los demás y posee la facilidad de adaptarse a un proceso de obtención de biogás como requiere la empresa para el futuro.

3.1.3.1 Carga diaria

$$(Ec.5) CD = 74,61 \frac{kg}{dia} * \frac{1L}{1 kg} + 149,22 \frac{L}{dia}$$

$$CD = 222,3 \frac{Lt}{dia}$$

$$CD = 0,223 \frac{m^3}{dia}$$

3.1.3.2 Volumen del tanque del biorreactor.

$$(Ec. 6) Vt = 0,223 \frac{m^3}{dia} * 20días$$

$$Vt = 4,47 m^3$$

Para la obtención del volumen de los biorreactores a construir se divide para 4 el Vt obtenido.

$$Vd = 4,47 m^3 / 4$$

$$Vd = 1,12 m^3$$

3.1.3.3 Diámetro del biorreactor (\emptyset)

$$(Ec. 7) \emptyset = \sqrt[3]{\frac{1,12 m^3 \times 4}{3,1416}}$$

$$\emptyset = 1,19 m$$

3.1.3.4 Altura del biorreactor

$$(Ec 8.) H = \frac{1,12 m^3 \times 4}{3,1416 \times (1,19m)^2}$$

$$H = 1,00 m$$

Más la altura de seguridad de 0.20 m

$$Hb = 1,00 m + 0,20 m$$

$$Hb = 1,20 m.$$

3.1.3.5 Curvatura de la cúpula.

$$(Ec. 9) f1 = \frac{1}{5} * 1,19$$

$$f1 = 0,24m$$

3.1.3.6 Radio del biorreactor (r)

$$(Ec. 10) r = \sqrt{\frac{1,12 m^3}{3,1416 * 1,20m}}$$

$$r = 0,55 m$$

3.1.3.7 Radio de la curvatura de la esfera superior (R1)

$$(Ec. 11) R1 = \frac{(0,55)^2 + (0,24)^2}{2(0,24)}$$

$$R1 = 0,75m$$

3.1.3.8 Volumen de la cúpula (V1)

$$(Ec. 12) V1 = 3,1416(0,24)^2(0,75 - \frac{0,24}{3})$$

$$V1 = 0,12m^3$$

3.1.3.9 Volumen del cilindro (V2)

$$(Ec. 13) V2 = 3,1416(0,55m^2)1,20 m$$

$$V2 = 1,14 m^3$$

3.1.3.10 Volumen final del biorreactor (Vfb)

$$(Ec. 14) Vfb = 0,08m^3 + 1,14m^3$$

$$Vfb = 1,26m^3 = 1,3 m^3$$

3.1.3.11 Calculo de la superficie estructural (S)

$$(Ec. 15) S1 = 2(3,1416)(0,54m)(0,24m)$$

$$S1 = 0,81 m^2$$

$$(Ec. 16) S2 = 2(3,1416)(0,55m)(1,20m)$$

$$S2 = 4,15m^2$$

$$(Ec. 17) S = 0,81m^2 + 4,15 m^2$$

$$S = 4,96 m^2 = 5 m^2$$

3.1.3.12 Cámara de entrada

$$(Ec. 18) Lce = \sqrt[3]{0,223m^3}$$

$$Lce = 0,60m$$

Sobredimensionamiento.

$$Ltce = Lce + \left(Lce \frac{50}{100} \right)$$

$$L_{tce} = 0,60\text{m} + \left(0,60 \frac{50}{100}\right)$$

$$L_{tce} = 0,9\text{m} = 1\text{m}$$

3.1.3.13 Cámara de salida.

$$\text{(Ec. 19) } V_{cs} = 0,223 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 20 \text{ días}$$

$$V_{cs} = 4,46 \text{ m}^3$$

$$\text{(Ec. 20) } L_{cs} = \sqrt[3]{4,46 \text{ m}^3}$$

$$L_{cs} = 1,65\text{m}$$

Sobredimensionamiento.

$$L_{tcs} = L_{cs} + \left(L_{cs} \frac{25}{100}\right)$$

$$L_{tcs} = 1,65 \text{ m} + \left(1,65 \text{ m} \frac{25}{100}\right)$$

$$L_{tcs} = 2,06\text{m} = 2,10 \text{ m}$$

3.1.3.14 Gasómetro

$$\text{(Ec. 21) } V_g = 1,20 \text{ m}^3 \times 0,25$$

$$V_g = 0,3 \text{ m}^3$$

$$V_{gt} = V_g \times 5$$

$$V_{gt} = 1,5 \text{ m}^3$$

3.1.3.15 Resultados de las dimensiones del biorreactor.

Tabla 8-3: Dimensiones del biorreactor.

| Dimensiones del biorreactor | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Descripción | Valor |
| Carga diaria | 0,223m ³ /día |
| Altura del biorreactor | 1,20 m |
| Volumen del biorreactor | 1,30m ³ |
| Superficie estructural | 5m ² |
| Cámara de entrada | 1m |
| Cámara de salida | 2,10m |
| Gasómetro | 1,5m ³ |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.2 Cuantificación y caracterización contenido ruminal

3.2.1 Cuantificación contenido ruminal

La cuantificación del contenido ruminal se obtuvo por el método de pesado. Durante una semana se pesó diariamente el residuo con la finalidad de llegar a conocer la carga diaria promedio que se produce en la empresa.

Tabla 9-3: Resultado de generación promedio de contenido ruminal.

| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
|-----------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|----------------|
| Peso (Kg) | 585,26 | 542,12 | 637,36 | 562,36 | 594,15 |
| Peso (Kg) sin agua. | 74,74 | 69,23 | 81,39 | 71,81 | 75,87 |
| Carga diaria promedio | 75,95 | | | | |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.2.2 Resultados de la caracterización contenido ruminal

La caracterización se llevó a cabo en muestras obtenidas el miércoles 15 de noviembre del 2017, debido a que es el día de mayor producción de contenido ruminal.

Tabla 10-3: Resultado de la caracterización del contenido ruminal

| N° | Parametro | Investigación | Método | Fuente 1 | Fuente 2 |
|----|---------------------|---------------|-------------------------|-------------|----------|
| 1 | Humedad (%) | 87,23 | Gravimétrico | 51,24 | 8,78 |
| 2 | Materia seca (%) | 12,77 | Gravimétrico | 48,76 | 91,22 |
| 3 | Cenizas (%) | 2,10 | Gravimétrico | No menciona | 16,89 |
| 4 | pH | 6,8 | Potenciometría | No menciona | 7,32 |
| 5 | Temperatura °C | 26,4 | Termómetro | No menciona | 20 |
| 6 | Nitrógeno total (%) | 0,3296 | Kjeldahl | 1,32 | 0.0683 |
| 7 | Fósforo total (%) | 0,08 | Colorimétrico | 0,012 | 0.023 |
| 8 | Potasio total (%) | 0,05 | Absorción Atómica Llama | 1,52 | 0,0002 |
| 9 | Hierro(%) | 0,003 | Absorción Atómica Llama | 0,13 | 0,001 |

Fuente 1 = (Toala, 2013)

Fuente 2 = (Oñate, 2018)

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.2.2.1 Discusión de resultados de la caracterización del contenido ruminal

La humedad que se obtuvo de la muestra por el método gravimétrico fue de un 87,23 % a diferencia de las de 51,24 % de Toala (2013, p. 61) y 8,78 % de Oñate (2018, p. 38) el bajo valor de humedad se da por el tratamiento previo de prensado mientras que en EMCORSAN se realiza el lavado del estómago con abundante agua lo que genera este alto porcentaje de humedad esto a su vez se refleja directamente en la materia seca y porcentaje de cenizas siendo menos eficiente.

El pH resultante de la muestra que indico el potenciómetro es de 6,8 está por debajo del 7,32 (Oñate, 2018, p. 38) pero en el rango bibliográfico que indica un valor entre 6-8, la temperatura que midió el termómetro fue de 26,4 °C mayor al 20 °C (Oñate, 2018, p. 38) pero esto es debido a las condiciones atmosféricas donde se encontraba la muestra siendo el clima cálido el mejor para el proceso.

Los parámetros químicos analizados de las muestras son, en el nitrógeno que se obtuvo por el método Kjeldahl fue de 0,37 % se encuentra entre los rangos obtenidos por Toala (2013, p. 61) de 1,32% y 0,068% (Oñate, 2018, p. 38), el fósforo total de 0,08 fue mayor al reportado Oñate (2018, p. 38) con 0,023 % y el 0,012 % de Toala (2013, p. 61). El potasio obtenido por absorción atómica dio 0,05 se encuentra dentro de los resultados de 1,52 (Toala, 2013, p. 61) y 0,0002. (Oñate, 2018, p. 38)

Los análisis del hierro realizados al rumen por Absorción atómica dieron de resultado 0,003 están entre los establecidos por Toala (2013, p. 61) con 0,13 y 0,001 por Oñate (2018, p. 38). Sin embargo, los resultados se encuentran entre el rango conocido entendiéndose a la vez que la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio y hierro se ven afectadas directamente por la alimentación que se le dé al animal.

3.3 Cuantificación y caracterización de los productos del proceso de fermentación.

3.3.1 Cuantificación de los productos.

La cuantificación se realizó para los productos de los 3 biorreactores prototipos, el volumen obtenido del biol puede ser mayor si se pasa por un proceso de presado técnico el biosol.

Tabla 11-3: Resultado de la cuantificación de los productos.

| Productos | Biorreactor A | Biorreactor B | Biorreactor C |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Biogás (L) | 0,50 | 0,66 | 0,61 |
| Biol (L) | 16,87 | 17,71 | 16,95 |
| Biosol (Kg) | 12,63 | 11,63 | 12,34 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.3.2 Resultado de la caracterización de los bioles

La caracterización de la fase líquida o biol se realizó para los productos de los 3 biorreactores utilizados.

Tabla 12-3: Resultados de las caracterizaciones de los bioles.

| No | Parámetros | A | B | C | FUENTE 1 | FUENTE 2 | FUENTE 3 | FUENTE 4 |
|----|--------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------------------|------------------------|-------------|
| | | | | | (Rumen/Agua) | (Rumen/ agua) | (Rumen/Agua /Aditivos) | (RSO/Agua) |
| 1 | pH | 5,8 | 6,3 | 6,1 | 7,96 | 5,58 | 6.41 | 6.8 |
| 2 | Temperatura °C | 27,4 | 28,2 | 28,6 | No menciona | 20 | 18 | No menciona |
| 3 | Materia orgánica % | 0,42 | 1,22 | 1,1 | 4,18 | No menciona | No menciona | 1,83 |
| 4 | Nitrógeno total % | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,52 | 0,0117 | 0,015 | 0,1 |
| 5 | Fósforo total % | 0,116 | 0,118 | 0,116 | <0.000 | 0,009 | 0,023 | 0,314 |
| 6 | Potasio total % | 0,036 | 0,058 | 0,043 | < 0.000 | <0,000 | 0,62 | 0,013 |
| 7 | Coliformes totales | 684 nmp/100ml | 754 nmp/100ml | 712 nmp/100ml | No menciona | 2.1 10 ⁴ Col/g | No menciona | <1 UFC/ 10g |

A, B, C = Bioles obtenidos de los biorreactores prototipos.

Fuente 1= (Torres, 2016)

Fuente 2= (Oñate, 2018)

Fuente 3 = (Taipicaña, 2015)

Fuente 4 = (Pontón, 2010)

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.3.2.1 Discusión de resultados de la caracterización de los bioles.

El análisis de pH que se realizó a las muestras mediante la utilización de un pH-metro digital dio como resultado en los biorreactores A de 5,8, B en 6,3 y C con 6,1, estos se orientan a la acidez en el rango óptimo de 5,5 y 7 que permite una mejor asimilabilidad de los nutrientes (Ginés y Mariscal, 2002, p. 1), similar al obtenido por Taipicaña (2015, p. 77) de 6,41, y mayor obtenido por Oñate (2018, p. 96) de 5,58, menor al de Torres (2016, p. 43) 7,96 y Pontón (2010, p. 92) 6,8 teniendo como principales causa de variación las mezclas y elementos empleados.

Las temperaturas se tomó una vez alcanzada la fase final del proceso dando resultando en 27,4 °C en el biol A, 28,2 °C en el B y en 28,6 °C en el C, mientras Oñate (2018, p. 91) indicó una temperatura de 20 °C similar a la de Taipicaña (2015, p. 55) en 18 °C, resultados los cuales están sujetos a las condiciones climáticas donde se desarrollaron estas investigaciones, La etapa termófila es de vital importancia efecto de control para eliminación de patógenos (Robles, 2015, pp. 5-6).

Para el análisis de materia orgánica en las muestras de los bioles se llevaron a 1 laboratorios donde se empleó el método de Walkley & Black dando como resultado 0,42%, 1,22% y 1,10% para los bioles A, B y C respectivamente. Este resultado puede estar sujeto a la relación 1:2 sin embargo Torres (2016, p. 30) obtuvo 4,18 % de materia orgánica en el biol con una mezcla 1:1 siendo esta la óptima en base al resultado alcanzado. El bajo porcentaje de materia orgánica en los bioles facilita la absorción de los nutrientes (Chiriboga et al, 2015, pp. 11-12).

El análisis de las muestras de los bioles para la cantidad de nitrógeno total alcanzado se realizó en el laboratorio mediante el método de combustión de Dumas resultando en el biol A con 0,29%, 0,26% en el B y de 0,27% en el C, estando por debajo del valor reportado de 0,52% por Torres (2016, p. 30) y superior a los valores obtenidos de 0,0117 Oñate (2018, p. 107) de 0,015% Taipicaña (2015, p. 57) y el doble 0,10 % Pontón (2010, p. 90) la variaciones se deben a las distintas moléculas de origen vegetal con la que se alimentó los animales (Buenrostro et al, 1999, p. 24).

La concentración de fósforo y potasio para las muestras obtenidas de los bioles se realizaron mediante espectrometría de absorción atómica alcanzado en el fósforo del biol A, B y C, 0,116%, 0,118% y 0,116% respectivamente, siendo menor al 0,314% reportado por Pontón (2010, p. 90) y superior a los obtenidos por Oñate (2018, p. 123) de 0,009% y al 0,023 % Taipicaña (2015, p. 57) mientras en

potasio fue 0,036%, 0,058% y 0,043 % en los bioles A, B y C estando por encima del de Oñate (2018, p. 123) y Torres (2016, p. 45) ambos casos no superaron el 0,000 % de potasio y la obtenida por Pontón (2010, p. 90) en 0,013 %. Sin embargo, los valores obtenidos son significativamente menor al reportado por Taipicaña (2015, p. 64) con un 0,62 % de potasio en la muestra gracias la utilización de aditivos que aporten macro y micronutrientes (Fajardo & Sarmiento, 2007, p. 24). La variación de estos nutrientes está sujeta al tipo de ganado sea de producción o de consumo (Figuroa et al, 2009, p. 145).

Las muestras se analizaron en el laboratorio para conocer la cantidad de coliformes totales, por el método de números más probables, determinando en el biol A 684 nmp/ 100ml, del B 754 nmp/ 100ml y el C con 712 nmp/ 100ml, valores que se encuentran por debajo de los límites permisibles en agua de riego de 1000 nmp/ 100ml, como indica NOM-004-SEMARNAT-2002, que indica las especificaciones y límites de contaminantes para el uso de biosólidos (Corlay et al, 2011, p. 2). La tendencia de un pH ácido y una temperatura elevada hacen de control de patógenos (Hernández et al, 2008, p. 79) condiciones que se identificaron en el proceso.

De los 3 bioles obtenidos el mejor en cuanto a aporte de nutrientes fue el biol B, aun así, todos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el Anexo III de Márgenes de tolerancia del Real Decreto 506 (2013, p. 51186) donde indica que un abono de compuesto líquido no debe superar el 0,5 % de Nitrógeno total, fósforo y potasio.

3.3.3 Resultado de la caracterización de los biosoles

La caracterización de la fase solida producto de la fermentación se realizó para los productos de los 3 biorreactores.

Tabla 13-3: Resultado de la caracterización de biosoles.

| No | Parámetros | A | B | C | Fuente | |
|----|--------------------|--------|--------|--------|-------------|----------------|
| | | | | | Rumen/agua | Rumen/efluente |
| 1 | pH | 6,4 | 6,8 | 6,6 | 6,5 | 7,57 |
| 2 | Temperatura °C | 26,6 | 27,8 | 26,8 | No menciona | No menciona |
| 3 | Materia orgánica % | 86,81% | 87,35% | 87,33% | 94,23% | 93,80% |
| 4 | Nitrógeno total % | 1,11% | 1,09% | 1,10% | 2,24% | 21,80% |
| 5 | Fósforo total % | 0,78% | 0,67% | 0,67% | 0,48% | 1,56% |
| 6 | Potasio total % | 0,17% | 0,17% | 0,17% | 15,56% | 17,10% |

A, B C: Biosoles obtenidos de los biorreactores prototipos

Fuente: (Apaza, 2013)

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.3.3.1 Discusión de resultados de la caracterización de los biosoles.

EL pH analizado en las muestras con la utilización del pH-metro en los biosoles A, B y C fue de 6,4, 6,8 y 6,6 similar al obtenido por Apaza (2013, p. 152) en 6,5 de la mezcla rumen/ agua a diferencia del obtenido por la mezcla rumen/efluente de este que dio como resultado 7,57, el efluente utilizado para la segunda digestión pudo ayudar a la formación de bases en el producto final. Los pH obtenidos se encuentran cerca al rango óptimo 5,5-6,5 donde facilita la solubilidad y disponibilidad de nutrientes (Rojas, 2015, p. 22).

Las temperaturas que se tomó con el termómetro en la muestra de los biosoles estuvieron en 26,6, 27,8 y 26,8 °C, siendo estas un demostrativo de un buen proceso, además de tener concordancia a las condiciones climáticas donde se desarrolló el proyecto y la fase de maduración de la etapa final del proceso de fermentación anaeróbica. La disminución de pH y el aumento de la temperatura están

relacionados con la actividad microbiana y las condiciones ambientales (Ramos & Zúñiga, 2008, p. 129).

La determinación del porcentaje de materia orgánica de los bioles obtenidos se realizaron en el laboratorio a través del método de Walkley & Black, alcanzando en el biosol A 86,81 %, B 87,35 % y C 87,33%, valores menores a los obtenidos por Apaza (2013, p. 152) de 94,23 % y 93,80 % demostrando que existió mayor degradación de materia orgánica en los procesos de fermentación. Teniendo como principal gestor la relación rumen/ agua mayor, facilitando la accesibilidad de los nutrientes a los microorganismos.

La cantidad de nitrógeno total de las muestras se realizó en el laboratorio por el método de combustión de Dummas, dando así en el biosol A (1,11%), B (1,09%) y C (1,10%) fueron casi 2 veces menor a los alcanzados por Apaza (2013, p. 152) en 2,24% y 2,18 % esto se lograría al haber una menor degradación de materia orgánica, no se liberaría la misma cantidad de nitrógeno que formaría gas de nitrógeno y amoníaco dando como más apropiado el generado con efluente.

La cantidad de fósforo y potasio de las muestras de los biosoles se obtuvo por el método de absorción atómica en el laboratorio, resultando en el fósforo en el biosol A con 0,78 %, B en 0,67% y C con 0,67 %, menor al 6,5 % por Apaza (2013, p. 152) en su mezcla rumen/agua y 7,57 en la mezcla rumen/efluente. Para el potasio C fue (0,17 %) estando muy por debajo de los obtenidos por Apaza (2013, p. 152) en 15,56 % y 17,10 %, así como del 1 % según (Ramón, 2006, p. 18) El efluente mejoro macro y micronutrientes para la mezcla.

Las variaciones del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio puede ser resultado de la raza, alimentación y características del animal, el porcentaje de nitrógeno total está dentro del rango según el Anexo III de Márgenes de tolerancia del Real Decreto 506 (2013, p. 51186) al tener un 1,10 %. El porcentaje de fósforo es indispensable debido a si dificulta de absorción por las plantas no obstante los niveles obtenidos se encuentran entre los niveles óptimos para abonos orgánicos 0,15-1,5 (Soto & Meléndez, 2003. p. 93).

3.4 Análisis de factibilidad económica

3.4.1 Costos variables

Tabla 14-3: Materia Prima

| MATERIA PRIMA DIRECTA | | | | |
|------------------------------|-----------------|---------------|---------------------------|--------------|
| RUBROS | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | TOTAL |
| Ruminaza | 0,3 | Kg | \$ 0,00 | 0 |
| Agua | 0,69 | L | \$ 0,08 | 0,0552 |
| Subtotal... | | | | 0,055 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Tabla 15-3: Producción

| Producción | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Detalle | Litros y Kg producidos por Día | Días Trabajados | Producción Mensual Esperada |
| Unidades a producir de biol | 128 | 20 | 2560 |
| Unidades a producir de biosol | 90 | 20 | 1800 |
| Total | | | 4360 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

Tabla 16-3: Materia prima mensualizada.

| MATERIA PRIMA DIRECTA MENSUALIZADA | | |
|---|--------------|-----------------|
| | Cant. | Total \$ |
| Producción de biol | 2560 | 141,312 |
| Producción de biosol | 1800 | 99,36 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.2 Costos fijos

Tabla 17-3: Costos fijos

| COSTOS FIJOS | |
|---|----------------------|
| MATERIA PRIMA INDIRECTA | |
| Rubro | Valor por mes |
| Envases y fundas | 1384 |
| Subtotal... | 1384 |
| MANO DE OBRA INDIRECTA | |
| Rubro | Valor por mes |
| Administrador | 400 |
| Subtotal... | 400 |
| OTROS GASTOS FIJOS | |
| Publicidad | 50 |
| Arriendo | 0 |
| Servicios Básicos (Agua, luz, teléfono, internet) | 120 |
| Suministro de Oficina (papel, esferos, toner impresora,etc) | 40 |
| Subtotal... | 210 |
| Total.... | 1.994 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.3 Costo total

Tabla 18-3: Costo total

| COSTO TOTAL x unidad mínima | |
|--|---------------|
| CT= CV+(CF/PRODUCCIÓN ESPERADA) | |
| CT= | 19,188 |
| CV= Costos Variables | |
| CF=Costos Fijos | |
| CT= Costo Total | |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.4 Precio de venta

Tabla 19-3: Precio de Venta

| PRECIO DE VENTA | | | | |
|------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------|
| PV=CT+%UTILIDAD | | | | |
| Producto | Costo total \$ | Utilidad % | Margen de contribución \$ | Precio de Venta \$ |
| Biol | 1,87 | 10 | 0,19 | 2,05 |
| Biosol | 1,87 | 10 | 0,14 | 2,01 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.5 Punto de equilibrio.

Tabla 20-3: Punto de equilibrio

| PUNTO DE EQUILIBRIO | |
|-------------------------------|----------------|
| PE=CF/(PV-CV) | |
| CF (Costos Fijos) | 1981,0 |
| PV (Precio de Venta) | 2,1 |
| CV (Costo variables unitario) | 1,4 |
| PE (Punto de equilibrio) | ? |
| PE MENSUAL | 3090,4 |
| PE ANUAL | 37084,8 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.6 Maquinaria y equipo.

Tabla 21-3: Maquinaria y equipo.

| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| AREA DE PRODUCCIÓN | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Computadora | 1 | 800 | 0 |
| Etiquetadora | 1 | 2600 | 1 |
| Extractor de H2S | 1 | 10000 | 10000 |
| Subtotal... | | | 10001 |
| AREA ADMINISTRATIVA | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Computadora | 1 | 800 | 800 |
| Impresora | 1 | 265 | 265 |
| Subtotal... | | | 1065 |
| AREA DE VENTAS | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Computadora | 1 | 800 | 800 |
| Vehiculo(Alquiler) | 1 | 0 | 100 |
| Subtotal | | | 900 |
| TOTAL | | | 11966 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.7 Muebles y enseres

Tabla 22-3: Muebles y enseres

| MUEBLES Y ENSERES | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|
| MUEBLES Y ENSERES | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | TOTAL |
| AREA DE PRODUCCIÓN | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Mesa de madera | 1 | 50 | 50 |
| Estantería de acero | 1 | 80 | 80 |
| Subtotal | | | 130 |
| AREA ADMINISTRATIVA | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Escritorio | 1 | 120 | 120 |
| Silla | 1 | 40 | 40 |
| Subtotal | | | 160 |
| AREA DE VENTAS | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Escritorio | 1 | 120 | 120 |
| Silla | 1 | 40 | 40 |
| Subtotal | | | 160 |
| TOTAL | | | 450 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.8 Infraestructura física

Tabla 23-3: Infraestructura física.

| INFRAESTRUCTURA FÍSICA | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|
| AREA DE PRODUCCIÓN | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Construcción de una bodega | 1 | 1500 | 1500 |
| Construcción biorreactores | 5 | 3.5 | 17.5 |
| Subtotal | | | 19 |
| AREA DE VENTAS | Cantidad | Valor Unitario | Valor total |
| Construcción de Local | 1 | 2.7 | 2.7 |
| Subtotal | | | 2.7 |
| TOTAL | | | 21.7 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.9 Depreciaciones

Tabla 24-3: Depreciaciones.

| DEPRECIACIONES | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Rubro | Valor Unitario | Vida útil (Años) | Depreciación % Anual | Valor \$ |
| Activos Fijos (producción) | | | | |
| Computadora | 800 | 5 | 20,00% | 160,00 |
| Etiquetadora | 2600 | 5 | 20,00% | 520,00 |
| Extractor de H2S | 10000 | 5 | 20,00% | 2.000,00 |
| Construcción digestor | 19000 | 20 | 5,00% | - |
| Subtotal | | | | 2.680,00 |
| Activos Fijos (Administración) | | | | |
| Computadora | 800 | 3 | 33,33% | 266,67 |
| Impresora | 265 | 3 | 33,33% | 88,33 |
| Subtotal | | | | 355,00 |
| Activos Fijos (Ventas) | | | | |
| Computadora | 800 | 3 | 33,33% | 266,67 |
| Vehículo (Alquiler) | 0 | 3 | 33,33% | - |
| Construcción de Local | 2.7 | 20 | 5,00% | 135,00 |
| Subtotal | | | | 266,67 |
| TOTAL | | | | 3.301,67 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.10 Presupuesto y costos

Tabla 25-3: Presupuesto de costos y gastos.

| PRESUPUESTO DE COSTOS Y GASTOS | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| TASA DE INFLACIÓN | 0,16% | 15/03/2018 | | | |
| | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
| COSTO DE PRODUCCIÓN | | | | | |
| Materia prima directa | 1695,74 | 1698,46 | 1703,90 | 1712,09 | 1723,07 |
| Mano de obra directa | 15054,00 | 15078,09 | 15126,37 | 15199,10 | 15296,61 |
| Mantenimiento y seguros | 229,20 | 229,57 | 230,30 | 231,41 | 232,89 |
| Depreciación | 2680,00 | 275,14 | 275,14 | 275,14 | 275,14 |
| Imprevistos 3% | 589,77 | 518,44 | 520,07 | 522,53 | 525,83 |
| Subtotal... | 20248,71 | 17799,69 | 17855,78 | 17940,27 | 18053,54 |
| GASTOS ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| Sueldos | 4644,00 | 4651,43 | 4666,33 | 4688,76 | 4718,84 |
| Arriendo | 2400,00 | 2403,84 | 2411,54 | 2423,13 | 2438,68 |
| Papelería para oficina | 10,00 | 10,02 | 10,05 | 10,10 | 10,16 |
| Servicios Básicos | 40,00 | 40,06 | 40,19 | 40,32 | 40,58 |
| Depreciaciones | 355,00 | 355,57 | 356,71 | 357,85 | 360,14 |
| Permisos de funcionamiento | 250,00 | 250,40 | 251,20 | 252,01 | 253,62 |
| Impuestos Patentes | 30,00 | 30,05 | 30,14 | 30,24 | 30,43 |
| Imprevistos 3% | 212,82 | 213,16 | 213,84 | 214,87 | 216,25 |
| Subtotal... | 7941,82 | 7954,53 | 7980,00 | 8017,28 | 8068,71 |
| GASTOS DE VENTA | | | | | |
| Salarios | 1125,00 | 1126,80 | 1130,41 | 1135,84 | 1143,13 |
| Comisión por ventas | 240,00 | 240,38 | 241,15 | 242,31 | 243,87 |
| Publicidad | 16608,00 | 16634,57 | 16687,85 | 16768,08 | 16875,65 |
| Transporte de la fuerza de ventas | 120,00 | 120,19 | 120,58 | 121,16 | 121,93 |
| Depreciaciones | 266,67 | 267,09 | 267,95 | 269,24 | 270,96 |
| Imprevistos 3% | 542,79 | 543,66 | 545,40 | 548,02 | 551,54 |
| Subtotal... | 18902,46 | 18932,70 | 18993,33 | 19084,65 | 19207,08 |
| COSTOS FINANCIEROS | | | | | |
| Intereses bancarios | | | | | |
| Subtotal... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL... | 47.093,0 | 44.686,9 | 44.829,1 | 45.042,2 | 45.329,3 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.11 Flujo de caja

Tabla 26-3: Flujo de caja

| FLUJO DE CAJA | | | | | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| RUBROS | AÑOS | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| VENTAS NETAS | | 64.059,76 | 66.074,01 | 69.214,77 | 73.635,89 | 79.561,51 |
| COST. PRODUCC. | | 20.248,71 | 17.799,69 | 17.855,78 | 17.940,27 | 18.053,54 |
| COSTOS. ADMINIS. | | 7.941,82 | 7.954,53 | 7.980,00 | 8.017,28 | 8.068,71 |
| COSTOS VENTAS | | 18.902,46 | 18.932,70 | 18.993,33 | 19.084,65 | 19.207,08 |
| COSTOS FINANCIEROS | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UTILID. ANTES DE REP. UTIL E IMP. | | 16.966,77 | 21.387,10 | 24.385,65 | 28.593,70 | 34.232,17 |
| REPARTO UTILIDADES (15%) | | 2.545,02 | 3.208,06 | 3.657,85 | 4.289,05 | 5.134,83 |
| UTILIDADES ANTES DE IMPUESTOS | | 14.421,75 | 18.179,03 | 20.727,80 | 24.304,64 | 29.097,35 |
| IMPUESTO A LA RENTA (25%) | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UTILIDAD NETA | | 14.421,75 | 18.179,03 | 20.727,80 | 24.304,64 | 29.097,35 |
| INVERSION EN MAQ. Y EQ. | -11.966,00 | | | | | |
| MUEBLES Y ENSERES | -450 | | | | | |
| INV. TERRENO Y OBRA FISICA | -21.700,00 | | | | | |
| INV. ACTIVO DEFERIDO | 0 | | | | | |
| INV. CAPITAL DE TRABAJO | | -21.082,97 | | | | |
| IMPREVISTOS | -1.345,38 | | | | | |
| FLUJO DE CAJA | -35.461,38 | -6.661,22 | 18.179,03 | 20.727,80 | 24.304,64 | 29.097,35 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

3.4.12 VAN y TIR

Tabla 27-3: Calculo del VAN y el TIR

| CALCULO DEL TIR | | | | | |
|----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | AÑO | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| VAN (Dolares) | -22050,24 | -6328,13 | 10342,97 | 28521,96 | 48761,75 |
| TIR (%) | | | | | 25,88 |

Realizado por: Petter Montaña 2018

- Discusión estudio de factibilidad económica.

La tabla de flujo permitió obtener la ganancia neta en un tiempo determinado de 5 años, para el proyecto, dando como resultado un VAN final de 48761,75 dólares y un TIR 25,88% siendo 3,5 veces más rentable que la tasa de rendimiento del mercado actual. Demostrando así la rentabilidad del proyecto.

CONCLUSIONES

La propuesta del diseño es de 5 biorreactores de domo fino con un volumen de $1,20 m^3$.

Los biorreactores tendrán un tiempo de retención de 20 días.

El contenido ruminal tiene 87,23% de humedad, 12,77% de materia seca, 2,10% de cenizas, 6,8 de pH, 26,4 °C en temperatura, mientras la composición química fue de 0,33% de nitrógeno total, 0,08% de fósforo total, 56,86 mg/kg de potasio total y 30,34 mg/kg de hierro.

Las propiedades físicas de los bioles fueron 6,3, 5,8 y 6,1 de pH, 28,2, 27,4 y 28,6 °C en temperatura, 1,22%, 0,42%, 1,10% las principales propiedades químicas alcanzo; en materia orgánica 0,26 %, 0,29 % y 0,27 % para nitrógeno total 0,058 %, 0,036% y 0,043%, para potasio total y la propiedad biológica a analizar coliformes totales resulto en 754 nmp/100 ml, 684 nmp/100ml y 712 nmp/100ml para A, B y C respectivamente.

Las características físicas de los biosoles A, B y C fueron (6,4, 6,8 y 6,6), pH (26,6, 27,8 y 26,6 °C), temperatura (86,81%, 87,35% y 87,33%), la composición química alcanzada fue en materia orgánica (1,11%, 1,09% y 1,10%), en nitrógeno total (0,78%, 0,67% y 0,67%), en fósforo total y (0,17% en los tres biosoles) de potasio total.

El proceso se validó a través de la fase experimental en la EMCORSAM con una eficiencia de 77%.

El rendimiento fue de 98,4% en el biorreactor A, 97,8% en el biorreactor B y 97,18% en el biorreactor C.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el control de la temperatura durante el proceso, debido a las condiciones climáticas y la actividad microbiana la temperatura podría llegar a niveles críticos eliminando así la microbiota necesaria para el proceso de fermentación.
- El empleo de aditivos puede mejorar las condiciones de los macro y micronutrientes del producto en caso de que se requiera.
- Los productos del proceso deben ser almacenados lejos del sol, para evitar la acción de la radiación ultravioleta sobre los microorganismos benéficos de estos.
- Al momento de la extracción del contenido ruminal, es recomendable usar menor cantidad de agua posible para poder utilizar de mejor manera el residuo.

BIBLIOGRAFIA

Agencia estatal boletín oficial del estado. [En línea] 17 de JULIO de 1991, p. 23726. [Consulta: 15 de ENERO de 2018.] Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1991/07/17/pdfs/A23725-23730.pdf>

Altercexa. *Estudio de soluciones viables para el aprovechamiento del biogas.* s.l. : Union Europea, 2010, pp 3-136.

Aparcana, Sandra. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso fermentacion anaerobica para produccion de biogas. [En línea] 01 de Diciembre de 2008, pp 3-8. [Consulta: 08 de Julio de 2017.] Disponible en: http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas_ntz.pdf

APAZA, Daniel. *Compostaje. y biodigestion con subproductos de camal en Puno-Peru* [En línea](Tesis)(Doctoral) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru 2013 p. 152. [Consulta: 25 de Enero de 2018.] Disponible en: http://biblioteca.unap.edu.pe/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=220..

Araujo, Omar & Vergara, Juan. *Propiedades físicas y químicas del rumen.* [En línea] 2007. [Consulta: 08 de Julio de 2017.] Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?la07044>.

Ballesteros, Gustavo; et al. *Manual de Práctica de Fisiología Vegetal.* Mexico : Garabato Editorial, 2011, p. 20.

Basaure,P. *Manual de Lombricultura.* [En línea] 2009. [Consulta: 7 de Julio de 2017.] Disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/18545.html>.

Benzing, Albrecht. *Agricultura orgánica fundamentos para la región andina.* Berlin : Neckar, 2001, pp. 256-265

Bonilla Padilla, Mauricio. *Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales.* México D.F.: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2007. p. 21.

Brito, Hannibal; et al. *Generación de biogás a partir de estiércol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano,* Researchgate [En línea] 2016. Ecuador [Consulta: 21 de marzo de 2018] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313844990_GENERACION_DE_BIOGAS_A_PARTIR_DE_ESTIERCOL_DE_GANADO_A_NIVEL_DE_FINCA_EN_EL_ORIENTE_ECUATORIANO

Brito, Hannibal; et al. *Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista Del Cantón Riobamba*". European Scientific Journal [En línea] 2016. Ecuador[Consulta: 21 de marzo de 2018] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309751008_Obtencion_De_Compost_A_Partir_De_Residuos_Solidos_Organicos_Generados_En_El_Mercado_Mayorista_Del_Canton_Riobamba

Buenrostro, Otoniel; et al. "La digestión anaerobia como alternativa de tratamiento a los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados municipales". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea] 2000, 16 p. 24 [Consulta: 8 de Julio de 2017]. ISSN 0188-4999. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37016103>

Calderon, C. *Resultados de utilizacion de Biol en diferentes cultivos en Cajamarca.* Peru : ITINTEC, 1980.

Castro, Melba & Vinuesa, Manuel. *Manual para el manejo adecuado de los residuos sólidos generados por el camal municipal de Riobamba,* [En línea](tesis)(Licenciatura) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador 2011, pp. 20-21 [Consulta: de 2018.] disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1294>

Chiriboga Hernán; et al. *Abonos orgánicos sólidos (compost) y líquido (biol)* [En línea] Paraguay, 2015 [Consulta: 8 de Julio de 2017.] Disponible en: <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/B3936e.pdf>

Claure, C. *Manejo de Efluentes.* Cochabamba : GTZ, 1992, pp. 46-47

Colque T; et al, *Instituto nacional de investigaciones agropecuarias*. [En línea] Septiembre de 2005. [Consulta: 7 de JULIO de 2017.] Disponible en: https://www.academia.edu/23671098/PRODUCCION_DE_BIOL_ABONO_LQUIDO_NATURAL_Y_ECOLOGICO_ESTACION_EXPERIMENTAL_ILLPA_PUNO_PUNO_PERU_SEPTIEMBRE_2005_inia_Instituto_Nacional_de_Investigacion_y_Extensin_Agraria.

Corley L; et al. Microbiological quality of organic fertilizers. *Cadernos de Agroecologia*. Vol 6, No 2 (2011), p. 2.

CORONA, Ivan. *Biodigestores* [En línea] (monografía)(Ingeniería) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Diciembre, 2007, p. 25 [Citado el: 25 de Enero de 2018.] Disponible en : <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/10722>

Fajardo, Erika & Sarmiento, Sandra. *Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae* [En línea] (Tesis)(Ingeniería) Pontificia Universidad Javeriana, Agosto ,2007, p. 24 [Consulta: 21 de marzo de 2018] Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis26.pdf>

FAO. *Manual de Biogas*. [En línea] 2011. [Consultado: 10 de Julio de 2017.] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>.

FAO. *Perpectivas alimentarias*. [En línea] Junio de 2016. [Consultado: 7 de Julio de 2017.] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5703s.pdf>.

Figuro U; et al. Estimacion de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca Lagunera. *Agricultura Organica* 2ªed. (2009)p. 145

FONAG. *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. [En línea] Septiembre 2010 pp. 7-20 [Consulta: de 2018.] disponible en : http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf

Fundacion Habitat. *Biodigestores una alternativa a la autosuficiencia energética y de biofertilizantes*. Queimbaya : s.n., 2005, p 25

Ginez, Irantzu & Mariscal, Ignacio. *Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo* [PDF]2002[Consulta: 20 de Enero de 2018.] disponible en : http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf

Guerrero E; et al, *Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios.* Scientia Et Technica [en línea] 2004, pp. 190-200: [Consulta: 21 de marzo de 2018] ISSN 0122-1701 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911640034>

Hernández-Domínguez; et al. Detección de Salmonella y coliformes fecales en agua de uso agrícola para la producción de melón "Cantaloupe" *Agric. Téc. Méx* [en línea] 2008, vol.34, n.1 pp. 75-84 [Consulta: 20 de Enero de 2018.]. ISSN 0568-2517. disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000100009&lng=es&nrm=iso>

Hómez, Mauricio. *Aspecto descriptivos técnicos para el aprovechamiento de los residuos generados en un matadero municipal para proceso de compostaje y lombricultura.* [En línea] 1998. [Consulta: 15 de Julio de 2017.] Disponible en : <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/colres001.pdf>

INEN. *Leche y productos lácteos. determinación de contenido de nitrógeno. método kjeldahl.* [En línea] ENERO de 2015. [Consulta:15 de Diciembre de 2017.] Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/nte-inen-16-2.pdf>

Instituto Nacional de Investigación Agraria. *Producción y uso del biol. Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad.* Lima, Peru : s.n., Marzo de 2008, pp. 4-10.

MAGAP. *El estudio de cadenas pecuarias del Ecuador.* [En línea] 2013. [Consulta: 15 de Julio de 2017] Disponible en : http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bovinos/mercados/carnes/_archivos//000002=Estudio%20del%20mercado%20c%C3%A1rnico%20de%20Ecuador/000008-Estudio%20del%20mercado%20c%C3%A1rnico%20de%20Ecuador.pdf..

OCEANO. *Diccionario Enciclopédico color.* Barcelona : Oceano, 1997, p. 598.

Oñate, Fabio. *Diseño de un proceso para la utilización de desechos de la ruminaza de bovinos en la elaboración de bioles en el camal del gobierno autónomo descentralizado frigorífico municipal del cantón Riobamba,* (tesis)(Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador 2018, pp. 91-126

Peña, Jose. *Modelo de gestión en el manejo integral de residuos y subproductos en pequeños y medianos mataderos de ganado bovino del estado Tachira; Venezuela* [En línea] 2000. [Consulta: 8 de Julio de 2017.] Disponible en : http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2684_JPe%F1a.pdf

Pontón, Rubén. *Diseño de un Sistema para la Obtención de Biol Mediante los Residuos Sólidos Orgánicos Generados en el Cantón Joya de los Sachas* [En línea](tesis)(Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador, 2010, p. 90 [Consulta: 20 de Enero de 2018.] disponible en : <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/681>.

Pötsch; et al. *Soffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen*(Composicion y características de uso de los restos fermentados de las plantas de biogás). Austria : Irdning, 2004.

Robles, Marlon. *Evaluación de parámetros de temperatura, pH y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos solidos organicos de la municipalidad Provincial de Leoncio Prado.* [En línea] Peru, 2015 [Consulta: 8 de Julio de 2017.] Disponible en: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/EVALUACION%20DE%20PAR%C3%81METROS%20DE%20TEMPERATURA%20PH%20Y%20HUMEDAD%20PARA%20EL%20PROCESO%20DE%20COMPOSTAJE%20EN%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20ORGANICOS%20DE%20LA%20MUNICIPALIDAD%20PROVINCIAL%20DE%20LEONCIO%20PRADO.pdf

Quemba, Rubiela; et al. *Elaboración de un concentrado de uso avícola a partir de residuos revalorizados de la industria alimentaria,* Luna Azul [En línea] 28 de Enero de 2009. [Consulta: 25 de Enero de 2018]. ISSN 1909-2474. Disponible en : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742009000100005&lng=en&nrm=iso

SAGARPA. *Abonos orgánicos* [En línea] 2015, p. 1 [Consulta: 25 de Enero de 2018.] Disponible en:

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>

Salcedo, D. *Valoración del digestato generado por la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de México* [En línea](tesis)(Maestro) Instituto Politécnico Nacional, Mexico, 2017, p. 14[Consulta: 20 de Enero de 2018.] disponible en : <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22712/Daniel%20Alejandro%20Salcedo%20Serrano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sistema de Biobolsa, *Manual de biol* [En línea]Mexico, 2017 [Consulta: 8 de Julio de 2017.] Disponible en: <http://sistemabiobolsa.com/wp-content/uploads/2017/07/Manual-de-biol.27072017.1.pdf>

Suquilanda, M. *Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro.* Quito : Fundagro, 1996, pp. 16-18

TAIPICANA, Deysi. *Obtención de biol a partir de desechos orgánicos generados por el ganado bovino del Camal Municipal del Cantón Latacunga* [En línea](tesis)(Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador 2015, pp. 10-77. [Consulta: 20 de Enero de 2018.] disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4869>.

Toala, Edwin. *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica* [En línea] (tesis)(Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador, 2013, p. 61 [Consultado: 20 de Enero de 2018.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/236T0100.pdf>.

Torres, Jefferson. *Diseño de un biodigestor para la producción de biol a partir de excretas de ganado vacuno generado en la Finca “La Envidia” parroquia La Belleza, cantón Francisco de Orellana, Coca.* [En línea] (tesis)(Ingeniería) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador, 2016, pp. 30-45. [Consulta: 20 de Enero de 2018.] Disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6173>.

Uicab, I & Sandoval, C. *Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta, Tropical and subtropical agroecosystems.* [En línea] 2003, pp. 45-46 [Consulta: 8 de Julio de 2017.] Disponible en : <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912118001>>

Varnero, Maria. *Manual de biogás* [En línea] 2011, p. 16 [Consulta: 25 de Enero de 2018.] Disponible en : <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

