



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL
MEDIANTE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
GENERADOS EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

PONTÓN SIGCHA RUBÉN DARÍO

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

Agradezco a Dios, por guiarme con pasos firmes para llevarme a alcanzar mi meta y objetivos.

También agradezco a mis padres que con su incondicional y permanente apoyo supieron ser un soporte invaluable en todo momento de mi vida.

De igual manera al Ing. Hannibal Brito, a la Dra. Gina Álvarez R. y a la Dra. Nancy Velóz; Director y Miembros del Tribunal de Tesis, quienes aportaron con sus conocimientos, experiencia y esfuerzo para la culminación de este trabajo de investigación.

Por último, quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todas y cada una de las personas que de una u otra forma han contribuido con la realización del presente trabajo.

Yo, Rubén Darío Pontón Sigcha dedico este trabajo a mis padres Roque Polibio Pontón Freire y Carmen Amalia Sigcha Medina, a mi esposa Viviana Avilés Abad y mis tres hermanos Andrea, Alexander y Brenda; que con amor, dedicación, comprensión y paciencia me han brindado su incondicional apoyo para enfrentar los retos de la vida.

A Brady Camila mi hija, quien es y será la razón y luz de mi vida.

A mis amigas y amigos que nunca me fallaron, que creyeron y estuvieron junto a mí.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dra. Yolanda Díaz

DECANA FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés

DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA

Ing. Hanníbal Brito

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Nancy Veloz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tec. Carlos Rodríguez

DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN

NOTA DE TESIS

“Yo, RUBÉN DARÍO PONTÓN SIGCHA
soy responsable de las ideas, doctrinas y
resultados expuestos en esta Tesis; y el
patrimonio intelectual de la Tesis de Grado
pertenece a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RSO = Residuos Sólidos Orgánicos

PPC = Producción Per Cápita

A = Área total del galpón

V = Volúmenes

π = Letra griega usada en matemáticas como el símbolo del cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro

R = Radio de alimentación del biodigestor

r = Radio de salida del producto Biol

g = Longitud del tronco de cono

L = Longitud

h = Altura

ρ = Densidad de los RSO

m = Masa del volumen diluido

TR = Tiempo de retención de los RSO

f = Coeficiente de correlación dependiente de la temperatura

VD = Volumen de digestión de la biomasa

F = Flujo de alimentación

C = Caldo Microbiano

A = Agua necesaria para obtener Biol

M = Residuo Sólido Orgánico necesario para obtener biol

B = Biol

O = Biosol (residuo sólido orgánico no degradado)

G = Biogás (mezcla de gases tales como; metano, entre otros)

a = Depreciación al año n

V₀ = Valor inicial

V_r = Es el valor residual

n = Es el número de años

TABLA DE CONTENIDO

	Pp
PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
TABLA DE CONTENIDO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
ANTECEDENTES.....	v
JUSTIFICACIÓN.....	vii
OBJETIVOS.....	ix
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	1
CAPÍTULO II	
2. PARTE EXPERIMENTAL.....	36
CAPÍTULO III	
3. CÁLCULOS PRELIMINARES PARA EL SISTEMA	54
CAPÍTULO IV	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS	

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pp

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. RESIDUOS SÓLIDOS.....	1
1.1.1. ¿Cómo contribuye al deterioro del ambiente?.....	2
1.1.1.1. Atmósfera.....	2
1.1.1.2. Seres vivos.....	3
1.1.1.3. Agua.....	4
1.1.2. Identificación de los RS en la entidad.....	4
1.1.2.1. Clasificación de los desechos sólidos.....	4
1.1.2.2. Composición y fuente de generación de los desechos sólidos.....	6
1.1.2.3. PPC.....	7
1.1.2.4. Densidad de los residuos sólidos orgánicos.....	8
1.1.2.5. Manejo interno de los desechos sólidos generados en el cantón Joya de los Sacha Identificación de los principales problemas.....	8
1.1.2.6. Disposición final.....	10
1.1.3. Tratamientos.....	10
1.1.3.1. Tipos de tratamientos.....	11
1.2. BIODIGESTORES.....	14
1.1.1. Como se alimenta un biodigestor.....	14
1.1.2. Condiciones para que se de la biodigestión.....	14
1.1.2.1. Temperatura.....	15
1.1.2.2. Acidéz.....	15
1.1.2.3. Presión de trabajo para la descomposición metánica.....	15
1.1.3. Tipos de biodigestores.....	16
1.1.3.1. Pozo Sépticos.....	16
1.1.3.2. Digestor de domo flotante (indio).....	16
1.1.3.3. Digestor de domo fijo (chino).....	17
1.1.3.4. Digestor de estructura flexible.....	17
1.1.3.5. Digestor flotante.....	18
1.1.3.6. Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y Cúpula de polietileno.....	18
1.1.3.7. Digestores de alta velocidad.....	19
1.2. BIOL – FITOESTIMULANTE ORGÁNICO.....	19
1.2.1. Generalidades.....	19
1.2.2. Principio.....	20
1.2.3. Tipos de biofertilizantes líquidos bioles.....	21
1.2.4. Usos del biol.....	21
1.2.4.1. Ventajas del biol.....	22

	Pp
1.2.4.2. Desventajas del biol.....	22
1.2.5. Ámbito de desarrollo de la tecnología.....	23
1.2.6. Sistema de obtención del biol.....	23
1.3. DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL.....	24
1.3.1. Cálculo del volumen del galpón N 1. recepción. claseado, báscula y picadora.....	24
1.3.2. Cálculo de los vagones encaminados por rieles.....	25
1.3.3. Cálculo de los tanque de mezclado.....	26
1.3.4. Cálculo del volumen total del biodigestor.....	26
1.3.4.1. Cálculo del volumen 1 de la alimentación del biodigestor.....	26
1.3.4.2. Cálculo del volumen 2 del tronco de cono del biodigestor.....	27
1.3.4.3. Cálculo del volumen de alimentación del biodigestor.....	28
1.3.5. Cálculo de la masa del volumen diluido.....	28
1.3.6. Cálculo del tiempo de retención de la materia orgánica	29
1.3.7. Cálculo del volumen de digestión de la biomasa.....	30
1.3.8. Cálculo del balance de masa.....	30
1.3.9. Análisis económico del sistema.....	32
1.3.9.1. Vida útil de los equipos.....	32
1.3.9.2. Costos de producción inicial.....	33
1.3.9.3. Costo variable unitario.....	33
1.3.9.4. Análisis del punto de equilibrio.....	34
1.3.9.5. Ingreso al nivel del equilibrio.....	34

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL.....	36
2.1. MÉTODOS.....	38
2.1.1. Inductivo.....	38
2.1.2. Deductivo.....	39
2.1.3. Experimental.....	39
2.2. TÉCNICAS.....	40
2.2.1. Determinación de la recolección de muestras.....	41
2.2.2. Determinación del potencial de Hidrógeno pH.....	42
2.2.3. Determinación de la densidad de los residuos sólidos orgánicos.....	43
2.2.4. Determinación de la humedad.....	44
2.2.5. Determinación de fosfatos.....	45
2.2.6. Determinación de hierro.....	46
2.2.7. Determinación de la temperatura.....	47
2.3. DATOS EXPERIMENTALES.....	48
2.3.1. Diagnóstico.....	48

2.4. DATOS ADICIONALES.....	52
------------------------------------	-----------

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS PRELIMINARES PARA EL SISTEMA	54
---	-----------

3.1. CÁLCULOS DEL SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL.....	55
--	-----------

3.1.1. Cálculo del volumen total del digestor.....	56
--	----

3.1.2. Cálculo del balance de masa.....	59
---	----

3.2. RESULTADOS.....	62
-----------------------------	-----------

3.2.1. Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos.....	62
--	----

3.2.2. Determinación de la variables para la obtención del biol.....	63
--	----

3.2.3. Cantidades de Biol por lote.....	63
---	----

3.2.4. Cantidades de biosol por lote.....	63
---	----

3.2.5. Cantidades de biogás por lote.....	64
---	----

3.2.6. Eficiencia de los biodigestores experimentados.....	64
--	----

3.2.7. Datos nutricionales del biol de proporciones 75% de materia orgánico y 25% de agua....	64
---	----

3.2.8. Datos de composición: 2:1 (RSO:AGUA) vs el biol extraído del proceso del compost..	66
---	----

3.2.9. Biol seleccionado vs experimentados con excretas de animales.....	67
--	----

3.2.10. Comparación de los macro nutrientes del biol seleccionado frente a los abonos químicos tradicionales.....	67
---	----

3.2.11. Dimensionamiento del sistema de obtención de biol.....	68
--	----

3.3. ANÁLISIS DE COSTOS.....	70
-------------------------------------	-----------

3.3.1. Costos de producción unitario.....	70
---	----

3.3.2. Costo Variable Unitario.....	71
-------------------------------------	----

3.3.3. Análisis del punto de equilibrio.....	71
--	----

3.3.4. Ingreso al nivel del equilibrio.....	72
---	----

3.4. PROPUESTA.....	74
----------------------------	-----------

3.4.1. Diagrama de flujo del sistema.....	74
---	----

3.4.2. Pasos para la obtención del biol.....	75
--	----

3.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	80
---	-----------

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
---	-----------

	Pp
4.1. CONCLUSIONES.....	87
4.2. RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp
2.2-1 Recolección de muestras.....	41
2.2-2 Determinación del potencial de hidrógeno.....	42
2.2-3 Determinación de la densidad de los residuos sólidos orgánicos.....	43
2.2-4 Determinación de la humedad.....	44
2.2-5 Determinación de fosfatos.....	45
2.2-6 Determinación de hierro.....	46
2.2-7 Determinación de la temperatura.....	47
2.3.1.1-1 Clasificación de los RS.....	50
2.3.1.1-2 Caracterización de los RS.....	51
2.3.1.1-3 Datos adicionales de las características de los RS.....	51
2.4-2 Datos adicionales de las condiciones.....	52
3.2.1-1 Cuantificación de los residuos sólidos.....	62
3.2.1-2 Caracterización de los residuos sólidos.....	62
3.2.2-1 Determinación de las variables para la obtención del biol.....	63
3.2.3-1 Cantidad de biol por lote.....	63
3.2.4-1 Cantidad de biosol por lote.....	63
3.2.5-1 Cantidad de biogas por lote.....	64
3.2.6-1 Eficiencia de los biodigestores experimentados.....	64
3.2.7-1 Datos nutricionales del biol de mejores características.....	65
3.2.8-1 Datos nutricionales del biol: 2:1 (RSO:Agua) vs el extraído del proceso del compost...66	66
3.2.9-1 Biol seleccionado vs experimentados con excretas de animales.....	67
3.2.10-1 Comparación de los macro nutrientes del biol y los tradicionales abonos químicos...67	67
3.2.11-1 Dimensionamiento del sistema.....	68
3.2.11-2 Dimensionamiento del sistema.....	68
3.2.11-3 Dimensionamiento del sistema.....	68
3.2.11-4 Dimensionamiento del sistema.....	69
3.2.11-5 Dimensionamiento del sistema.....	69
3.2.11-6 Dimensionamiento del sistema.....	69
3.2.11-7 Dimensionamiento del sistema.....	70
3.3.3-1 Datos para el cálculo del punto de equilibrio.....	72
3.4.2-1 Cantidades necesarias para la elaboración del caldo nutritivo.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp
1.3.1-1 Ciclo de obtención de Biol.....	20
1.4.8-1 Esquema del biodigestor principal.....	30
3.3.3-1 Análisis del Punto de equilibrio.....	72
3.3.3-1 Diagrama de flujo del sistema	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS

Pp

I.	Componentes contaminantes en la Joya de los Sachas en el 2003.....	5
II.	Identificación de los desechos sólidos generados en el cantón Joya de los Sachas.....	6
III.	Manejo interno de los desechos sólidos orgánicos generados en el Cantón.....	10
IV.	Proceso de producción del compost en el cantón Joya de los sachas.....	13
V.	Gráfico de los diferentes bioles obtenidos anaeróbicamente.....	28
VI.	Proceso de producción de Biol en la planta piloto.....	32
VII.	Biodigestor individual a implementarse en la planta de obtención de Biol.....	37
VIII.	Caracterización de los residuos sólidos generados en el cantón Joya de los Sachas.....	50
IX.	Cuantificación de los residuos sólidos generados en el cantón Joya de los Sachas.....	50
X.	Resultados analíticos de los seis bioles muestreados.....	64
XI.	Diagrama de flujo de ingeniería del sistema de obtención de Biol.....	75
XII.	Esquema del sistema de obtención de biol a partir de los RSO generados en el cantón.....	77
XIII.	Elaboración del caldo microbiano-componentes.....	80
XIV.	Resultado de los análisis realizados en el Laboratorio CESTTA.....	81
XV.	Biol Experimentado vs bioles de excretas de animales y fertilizantes tradicionales.....	82

RESUMEN

Se realizó el diseño de un sistema para obtener abono líquido (biol) a partir de residuos sólidos orgánicos, con la finalidad de reducir la contaminación en el cantón Joya de los Sachas-Orellana, desarrollándose a escala piloto, implementando tecnología barata, materia prima fácil de conseguir. Constó de: 5 canecas de 15 galones utilizados como biodigestores, 10 codos de 1/2", 10 m de manguera para la salida del gas, un pedazo de geomembrana, sellador y ligas de tubo de bicicleta. Se alimentaron los biodigestores con materia orgánica doméstica y agua en diferentes proporciones en cada una, sellándolas y adaptando la salida del gas en serie hacia una trampa de agua.

El sistema consta de cinco biodigestores conectados en serie para la salida del biogás resultante de la descomposición de residuos orgánicos domésticos (digestión anaerobia) controlándose temperatura diariamente y acidez cada 3 días para que no se desvíe del rango permitido y el producto sea el deseado. Al cabo de 28 días se obtiene biol en distintas cantidades, dependiendo de la proporción aplicada a cada biodigestor. Se tomó cinco muestras representativas incluida la solicitada al Municipio del Cantón que fueron analizarlas en un laboratorio certificado para determinar la eficiencia tanto en cantidad, calidad y tiempo de elaboración respecto a lo solicitado. El más óptimo fue el de concentración 1:2 (25% de agua y 75% de materia orgánica) con el 64,24% de producto, obteniendo un promedio de 32 C de temperatura y 6,8 de acidez en el sistema que llevándolo a escala Industrial, reducirá la contaminación.

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

El Cantón Joya de los Sachas se encuentra conformado de una población fija de 26.363 habitantes, distribuidos en 5.822 habitantes en el área urbana (Cabecera Cantonal) y 20.541 habitantes en el área rural según fuente del INEC (VI Censo de Población y V de Vivienda del 2001), además, se encuentra constituido de ocho parroquias las cuales son; San Sebastián del Coca, Pompeya, Enokanqui, San Carlos, Unión Milagreña, Lago San Pedro, Rumipamba, Tres de Noviembre. Cuenta con varias unidades de servicio generales como son: hoteles, bares restaurantes, almacenes, tiendas de abarrotes, mercados en general, entre otras, se puede determinar aproximadamente 400 manzanas, constituidos de 16 barrios principales.

La Ilustre Municipalidad del Cantón La Joya de los Sachas, de la provincia de Orellana, considerando que todos los ciudadanos tienen derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, ha considerado la necesidad de aprovechar los residuos sólidos orgánicos intentando desarrollar e implementar un sistema para obtener Biol a partir de los residuos sólidos orgánicos, con la finalidad de reducir la contaminación llegando actualmente a 14 Toneladas (Tn) en residuos sólidos totales de los cuales, 9 Tn corresponden a orgánicos y 5 a inorgánicos, teniendo un promedio general de 1,75 Tn diarias de las cuales 1,1 Tn son residuos sólidos orgánicos.

Con la basura de naturaleza orgánica se alimentaron cinco biodigestores a diferentes concentraciones de: materia orgánica y agua, manteniéndose constante el volumen del caldo nutritivo, para lo cual, se tuvo que determinar las condiciones en las que se dio el

proceso, siendo el más importante la temperatura seguido del pH, concentración en la relación materia orgánica y agua, tiempo de retención entre otros. El biol de mejores características fue el de la relación 75% materia orgánica y 25 % agua (11,25 gls de materia orgánica y 3,75 gls de agua), superando al biol (lixiviado) solicitado al municipio del cantón Joya de los Sachas.

Cabe mencionar que los residuos sólidos orgánicos utilizados en el trayecto del proceso del sistema de obtención de biol fueron escogidos al azar de entre varios lotes al diario del relleno sanitario del cantón, para luego realizar su respectiva caracterización y cuantificación y determinar las cantidades en porcentajes de los distintos tipos de residuos sólidos generados en dicha localidad y así determinar la cantidad aumentada en estos 6 últimos años y compartirla con el proceso del compost con la finalidad de aliviar su demanda frente a la producción de compost y contribuir con la disminución de la contaminación al ambiente.

ANTECEDENTES

El Cantón Joya de los Sachas está ubicado al Noroeste de la Provincia de Orellana, formando parte de la cuenca del río Napo. Su fundación data en el año 1972 y su cantonización se la celebra desde el 9 de Agosto de 1988. Su superficie total es de 120.560 hectáreas distribuidas en 440.700 hectáreas en la parte urbana y 119.848 hectáreas en la parte rural, cuenta con una Altitud de 270 mm. El clima en el Cantón Joya de los Sachas es megatérmico, tropical húmedo, nubosidad media 6 octavos, precipitaciones 2.650 a 4.500 mm anuales y de mayo a noviembre las lluvias son mas frecuentes, con temperaturas mínimo: 18 C, normal: 28 C, máximo: 42 C

El Cantón La Joya de los Sachas cuenta con una población total de 26.363 habitantes, distribuidos en 5.822 habitantes en el área urbana (Cabecera Cantonal) y 20.541 habitantes en el área rural según fuente del INEC (VI Censo de Población y V de Vivienda del 2001), además, cuenta con ocho parroquias, San Sebastián del Coca, Pompeya, Enokanqui, San Carlos, Unión Milagreña, Lago San Pedro, Rumipamba, Tres de Noviembre. En el 2003 se obtuvo una producción per cápita (PPC) de 0,27 kg/hab/día. Hoy en día la población se ha incrementado en 6000 habitantes dándonos una PPC de 0,40 kg/hab/día.

La población del Cantón Joya de los Sachas, según el censo del 2001, representa el 30,5% del total de la Provincia de Orellana; por lo que ha crecido en el último período intercensal 1990-2002, a un ritmo del 4,4% ¹ promedio anual. El 77,9 % de su población

reside en el Área Rural. Esto nos dice que para el 2019 se incrementará la población en 1 0000 personas aproximadamente.

Cumpliendo lo dispuesto por la Ley de Universidades y Escuelas Politécnicas, en lo referente a la búsqueda de un tema de tesis inherentes a solucionar problemas en la sociedad necesite, y como parte de la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – ESPOCH, se ha visto la necesidad de manejar de una manera adecuada a los residuos sólidos orgánicos generados especialmente en el cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana, lugar donde soy oriundo y por consiguiente donde residen mis padres, palpándose en forma directa con el fenómeno de generación de residuos sólidos que crece día tras día y no solo en dicho cantón sino a nivel nacional y porque no decirlo a nivel mundial.

Los residuos sólidos orgánicos generados por los habitantes residente en el cantón Joya de los Sachas de la provincia de Orellana, ya cuenta con un sistema técnico de recolección. Hasta el día de hoy solamente se han regido a procedimientos empíricos para obtener un lixiviado como si fuese Biol. La obtención de Biol es un proceso netamente anaeróbico que permite aprovechar de una manera responsable e inteligente de éstos recursos.

¹ **Bibliografía citada en los registros del HONORABLE CONSEJO PROVINCIAL DE ORELLANA, 2009 Vol 1**

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de dar un uso adecuado a los residuos sólidos orgánicos que se generan diariamente en el Cantón La Joya de los Sachas, ubicado en la provincia de Orellana y su influyente crecimiento de los residuos sólidos en la actualidad, cuyo porcentaje relevante es la de los residuos sólidos orgánicos con un 64,29% y un menor porcentaje los residuos sólidos inorgánicos con un 35,71% actualmente (año 2009), asociada directamente a la PPC de 0,40 Kg/hab/día. Ahora, la proyección al 2019 de la PPC será de 0,13 Kg/hab/día en un incremento de 10.000 habitantes dando un total de PPC igual a 0,53 Kg/hab/día.

Lo que se plantea al municipio del Cantón Joya de los Sachas es acoger lo que en un principio se realiza de manera empírica (casera) la obtención de Biol (Fitoestimulante Orgánico-abono líquido orgánico), adaptarlo a un diseño neto de obtener Biol a partir de los residuos sólidos orgánicos, aprovechando uno de los grandes potenciales que posee la basura de naturaleza orgánica, con la finalidad de obtener un producto de origen natural. Lo que a la vez conlleva a realizar el trabajo titulado “**Diseño de un Sistema de Obtención de Biol mediante los residuos sólidos orgánicos generados en el cantón Joya de los Sachas**”, a realizar previo la obtención del título de Ingeniero Químico.

Este fitoestimulante orgánico provee muchas ventajas a la planta mejorando su vigor independientemente de su especie, además, le permite soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades y los efectos adversos al clima, y tomando en cuenta

que su costo es accesible y lo más importante es que es de origen natural. Los componentes para su preparación son muy fáciles de conseguir ya que se encuentran dentro de la basura que diariamente nos relacionamos como son llamados residuos sólidos orgánicos.

De la misma manera se lograra hacer conocer al biol como un producto apto para la agricultura, como una alternativa al uso de abonos químicos que cada vez nos hacen tanto daño para la salud y sobre todo al alcance de toda persona por su diversidad de ingredientes de origen orgánico.

El diseño de este sistema para la obtención del biol, en la actualidad representara la alternativa a los abonos químicos existentes en la actualidad que contaminan y desgastan nuestro ambiente e incluso afectando a la salud de la población en general y la posibilidad de hacerla realidad con la construcción de dicho sistema el campo ocupacional y ejercicio profesional para generar posibilidades de desarrollo y bienestar social en el sector.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un sistema para la obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el Casco Urbano del Cantón La Joya de los Sachas – Orellana.

ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización y cuantificación de los residuos sólidos que se generan diariamente en el casco urbano del cantón Joya de los Sachas.
- Determinar las variables del diseño para la obtención del biol.
- Dimensionar el sistema para la obtención del biol.
- Obtener biol mediante el proceso anaeróbico a escala piloto y compararlo con el lixiviado proveniente del proceso del compost, con la finalidad de ver cual producto es el más bueno.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. RESIDUOS SÓLIDOS

“Los residuos son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas. Se clasifica en gases, líquidos y sólidos; y por su origen, en orgánicos e inorgánicos.

En los últimos años las naciones del mundo industrializado han cuadruplicado su producción de desechos domésticos, incrementándose esta cifra en un dos o en un tres por ciento por año. El volumen de producción de desechos es inversamente proporcional al nivel de desarrollo del país que se trate. Diariamente consumimos y tiramos a la basura gran cantidad de productos de corta duración, desde los pañales del bebé hasta el periódico.

Se estima que los envases de los productos representan el 40% de la basura doméstica, siendo nocivos para el ambiente y además encarecen el producto. Una vez puesta la tapa en el cesto de basura, se olvida el problema; a partir de ahí es asunto de los municipios. Estos tienen varias posibilidades: arrojar la basura en vertederos (solución económica pero peligrosa); incinerarla (costosa pero también contaminante); o separarla en plantas de tratamiento para reciclar una parte y convertir en abono los residuos orgánicos. Esta sería una solución mucho más ecológica, pero también más costosa. El destino final de la basura es administrada por el municipio, quien la confina al denominado "Relleno Sanitario"(1).

1.1.1. ¿CÓMO CONTRIBUYE AL DETERIORO AMBIENTAL?

1.1.1.1. Atmósfera

“La quema a cielo abierto de basura municipal ocasiona la emisión de distintos contaminantes. Basados en el cálculo de cargas de contaminación del aire proveniente de la disposición de desechos sólidos, según el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud de la Organización Panamericana de la Salud, las cantidades calculadas de los principales contaminantes por la quema a cielo abierto de basura municipal son:

Por cada tonelada de desechos sólidos quemados (Tn):

- Partículas : 8 Kg./Tn
- SO₂ : 0.5 Kg./Tn
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x) : 3 Kg./Tn
- Hidrocarburos : 15 Kg./Tn
- CO : 42 Kg./Tn

La basura genera dos tipos de gases:

- **Gases de Invernadero:** Estos gases son el metano y el bióxido de carbono cuyas propiedades son retener el calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmósfera.

- **Degradadores de la capa de Ozono:** Hay productos que por la naturaleza de su fabricación y los agentes químicos utilizados en su elaboración, generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases son conocidos como clorofluorcarbonados o CFC's y se emplean en la fabricación de envases de unicel, como propulsores de aerosoles para el cabello, en algunas pinturas y desodorantes. Cuando los envases de estos productos son desechados a la basura se convierten en fuentes de emisión de estos gases"(2).

1.1.1.2. Seres Vivos

“Los contaminantes generados durante la quema de basura tienen consecuencias sobre la salud humana, y en general efectos sobre los seres vivos y los ecosistemas.

Los contaminantes del aire, tanto gaseoso como particulado, pueden tener efectos negativos sobre los pulmones. Las partículas sólidas se pueden impregnar en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos. La mayoría de estas partículas se eliminan de los pulmones mediante la acción de limpieza de los cilios de los pulmones. Sin embargo, las partículas sumamente pequeñas pueden alcanzar los alvéolos pulmonares, donde a menudo toma semanas, meses o incluso años para que el cuerpo las elimine. Los contaminantes gaseosos del aire también pueden afectar la función de los pulmones mediante la reducción de la acción de los cilios. La respiración continua de aire contaminado disminuye la función de limpieza normal de los pulmones.

Las basuras atraen ratas, insectos, moscas y otros animales que transmiten enfermedades; contaminan el aire al desprender químicos tóxicos (Bióxido de carbono y

otros), polvos y olores de la basura durante su putrefacción. Además, los vertederos de basura cuando llueve, contribuyen a contaminar las aguas superficiales y subterráneas"(2).

1.1.1.3. Agua

“La contaminación del agua puede darse en rellenos sanitarios no diseñados siguiendo normas técnicas. Así, puede haber contaminación de aguas subterráneas o de cuerpos de agua superficiales por agua de escorrentía. Para el caso específico de la quema de basura, existirá contaminación del agua si las partículas producidas llegan hasta cuerpos de agua. Puede haber contaminación por medio de la producción de lixiviados que son las sustancias procedentes de la basura descompuesta y que se filtra al suelo por medio del agua"(2).

1.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DE LA ENTIDAD

1.1.2.1. Clasificación de los Desechos Sólidos

a. Desechos sólidos orgánicos

“Se le denominan a los desechos biodegradables que son putrescibles: restos alimentos, desechos de jardinería, residuos agrícolas, animales muertos, huesos, otros biodegradables excepto la excreta humana y animal.

b. Desechos sólidos inorgánicos

Se le denomina a los desechos sólidos inorgánicos, considerados genéricamente como "inertes", en el sentido que su degradación no aporta elementos perjudiciales al medio ambiente, aunque su dispersión degrada el valor estético del mismo y puede ocasionar accidentes al personal:

- Desechos sólidos generales: papel y cartón, vidrio, cristal y cerámica, desechos de metales y/o que contengan metales, madera, plásticos, gomas y cueros, textiles (trapos, gasas, fibras), y barreduras.
- Desechos sólidos pétreos: piedras, rocas, escombros de demoliciones y restos de construcciones, cenizas, desechos de tablas o planchas resultado de demoliciones.
- Desechos industriales: Los envases y embalajes del proceso, entre estos están los de la industria básica, textil, maquinarias, automovilística, goma y curtido de cueros, petróleo, química, alimenticia, eléctrica, transporte, agrícola, etc.

² En el Cantón Joya de los Sachas se obtuvo en estudios realizados en el 2003 los siguientes porcentajes de residuos sólidos como lo son el vidrio, Papel-Cartón, Latas-Metal, Material Orgánico y otros siendo un porcentaje mayor el de las RSO. ANEXO I

² **Bibliografía citada en los registros del Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Joya de los Sachas, 2003Vol 1**

c. Desechos peligrosos

Todas aquellas sustancias, materiales u objetos generados por cualquier actividad que, por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro para el medio ambiente y la salud"(3).

1.1.2.2. Composición y Fuente de Generación de los Desechos Sólidos

“Básicamente se trata de identificar en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos. Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales, empresariales, industriales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en base húmeda y contenidos como materia orgánica, papales y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc. La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo.³

En el Cantón de la Joya de los Sacha se obtuvieron estos resultados previos a muestreos de investigación a nivel de residuos sólidos generados en el Cantón con 30 % de Orgánicos reciclados, 30 % de Inorgánicos reciclados y 40 % de residuos sólidos mezclados ANEXO II.

³ **Bibliografía citada en los registros del Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Joya de los Sachas, 2003Vol 1**

Se observa claramente que todavía existe un 50% de residuos sólidos mezclados, como se pueden dar cuenta con facilidad que es un alto porcentaje correspondiente a las familias que aun no toman conciencia de lo importante que es el reciclar y obviamente no han adquirido los respectivos tachos para la separación correcta de la basura. Según el MIDUVI 2003, la producción de residuos sólidos orgánicos de la población de la Joya de los Sachas es del 75,91% del total de residuos sólidos producidos en el cantón"(3).

1.1.2.3. Producción Per Cápita (PPC)

“Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada Producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día). Este valor se determina experimentalmente en el lugar de generación.

$$\text{PPC} = \text{Carga generada} * \text{Habitante} * \text{Día} \quad \text{Ec. 1.1.2.3-1}$$

En el 2003 se hicieron estudios y se obtuvo una generación per-cápita de 0,26 Kg/hab/día⁴. Ahora, la generación de residuos sólidos en el Cantón Joya de los Sachas es de 1,75 Ton por día equivalentes a 1587,38 kg y con una población aumentada en 6000 habitantes tenemos una producción per cápita PPC de **0,40 kg/hab/día**"(4).

⁴ Referencia obtenida de los archivos pertenecientes al Honorable Consejo Provincial de Orellana)

1.1.2.4. Densidad de los Residuos Sólidos Orgánicos

“Para la realización de la obtención de la densidad el departamento de ambiente procedió a colocar con la ayuda de una retroexcavadora que posee una pala de 1 m³ en la cual se le añadió al tope de residuos sólidos orgánicos con lo cual se tuvo un volumen y se procedió a pesar en la báscula dándonos el resultado en kg/m³, mediante la ecuación descrita a continuación”(5).

$$\rho = m / v$$

Ec. 1.1.2.4-2

Donde:

ρ = Densidad aparente

m = Masa de los RSO

v = Volumen

1.1.2.5. Manejo interno de los desechos sólidos generados en el Cantón Joya de los Sachas. Identificación de los principales problemas existentes.

“Los Municipios tienen un rol muy importante en cuanto al manejo de los residuos sólidos generados en su área de representación de acuerdo con la Norma de Calidad Ambiental. Los municipios también deberán expedir las regulaciones técnicas necesarias para el manejo y disposición sanitaria de los desechos sólidos en general buscándole alternativas que ayuden a minimizar el fenómeno de la contaminación ambiental.

La ciudadanía en general del Gobierno Municipal de la Joya de los Sachas, a través de la participación activa en la elaboración del Plan Ambiental, ha identificado como un problema que necesita ser atendido con la mayor urgencia, el adecuado manejo de los residuos sólidos. En el proceso de identificación de los problemas existentes en el Cantón Joya de los Sachas a lo largo del ciclo de vida tanto de los residuos sólidos orgánicos como inorgánicos se tiene en cuenta aquellos problemas asociados a la generación, recolección, segregación, almacenamiento, transportación, tratamiento y disposición final, según el estado del ciclo de vida del tipo de desecho sólido identificado en la entidad. Se recogen las razones que lo provocan, la cobertura de información existente para apoyar la actividad de gestión y manejo de los desechos sólidos, el conocimiento y la aplicación de la Legislación Ambiental vigente y las normativas para el manejo de estos. Violaciones y no conformidades de las normas establecidas así como de las buenas prácticas. Se tiene en cuenta todas las actividades de planificación, coordinación, estrategias y recursos materiales y financieros para la ejecución del manejo.

Las 3,5 Ton/día de orgánicos que ingresan a los galpones de producción de abonos son seleccionados y reclasificado para picarlos, luego deben ser dispuestos en montículos para esperar que las bacterias aerobias se encarguen de la digestión de la materia orgánica. Es importante destacar que se minimiza más el tiempo de producción de un abono de calidad si: La materia orgánica es picada en fragmentos pequeños, se airean a los respectivos montículos continuamente en lapsos de tiempos no menores a dos días y alcanzan temperaturas de 70 C permaneciendo a esa temperatura.

El curado de la materia orgánica ya descompuesta se realiza añadiendo cal con el fin de subir su pH de los montículos, luego se tamizan para luego obtener los agregados mas pequeños para facilitar su incorporación con el suelo y el agua. Finalmente este proceso termina con el ensacado del compost. Actualmente se cuenta con un galpón, una báscula de 5 Tn de capacidad y una picadora de 10 hp de potencia” (6). ANEXO III

1.1.2.6. Disposición Final

“Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza. En este lugar se disponen definitivamente los desechos sólidos. La disposición final puede ser: Los vertederos municipales, provinciales, locales, los diferentes tipos de relleno sanitarios, plantas de tratamiento y de recuperación. Todas estas instalaciones contarán con las condiciones higiénico – sanitarias, ambientales, de protección y seguridad, según se establece en la Norma de Calidad Ambiental referentes al tema residuos sólidos” (6).

1.1.3. TRATAMIENTOS

“El tratamiento es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión. Existen diferentes tipos de tratamiento de los desechos sólidos, estos pueden ser tanto a nivel de entidad o ya en lugares específicos (plantas de recuperación o plantas de tratamiento de desechos sólidos) de la localidad donde este enclavada la organización” (7).

1.1.3.5. Tipos de tratamientos

- **Incineración**

“Proceso de reducir a cenizas los desechos sólidos y otros residuos, reduciendo el volumen original de la fracción combustible de los residuos sólidos del 50 – 80%.

- **Pirólisis**

Descomposición de los desechos por la acción del calor.

- **Reciclaje**

Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de los desechos sólidos se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo. Es decir, proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

- **Recuperación**

Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaquetamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.

- **Reuso**

Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

- **Recolección Selectiva**

Acción de clasificar, segregar y presentar segregadamente para su posterior utilización.

- **Reutilización**

Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

- **Relleno Sanitario**

Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. Es la técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados o lixiviados.

- **Compost**

El compostaje es el modo en que la naturaleza recicla sus residuos y es el secreto de un suelo y un medio ambiente saludables. Es una manera gratificante de convertir sus residuos de fruta, verduras y recortes de patio y jardín en un acondicionador de suelo de olor dulce y apariencia oscura y muy fácil de desmenuzar.

- ✓ Le ahorra dinero pues no necesita comprar acondicionador de suelo.
- ✓ Ayuda a las plantas de casa y de jardín a crecer mejorando la fertilidad del suelo.
- ✓ Ahorra agua pues ayuda al suelo a retener humedad y evita fugas de agua.
- ✓ Beneficia el medio ambiente reciclando valiosos recursos orgánicos, reduciendo la contaminación del aire y del agua causada por polución del transporte de basura y la fuga de contaminantes, extendiendo además la vida de los rellenos sanitarios. ANEXO IV

- **Obtención del Biol**

El biol es un abono orgánico de naturaleza líquida, resultado de la descomposición anaeróbica de los residuos animales y vegetales: guano, cáscaras de las frutas, hortalizas, etc., el cual aparece como residuo líquido sobrenadante resultante de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes a plagas. El manejo de suelos constituye una actividad que debe realizarse integrando alternativas que permitan sumar "alimentos" para el suelo y la planta es decir ir sumando en nitrógeno y otros macro y micronutrientes. Los abonos líquidos o bioles son una estrategia que permite aprovechar el estiércol de los animales y otros componentes de origen vegetal, sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dan como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales" (7).

1.2. BIODIGESTORES

“¿Que es el biodigestor y cómo funciona?. Es una planta mediante la cual, a partir de la materia orgánica (principalmente estiércol), se obtiene biogás y bioabono. El biodigestor tiene como fundamento, la fermentación de la materia orgánica por la acción de bacterias en un medio carente de oxígeno (anaerobio)” (8).

1.2.2. COMO SE ALIMENTA UN BIODIGESTOR

“Aunque cualquier tipo de materia orgánica se puede utilizar, se recomiendan los estiércoles de los diferentes animales de granja e inclusive las heces fecales de los humanos por su eficiencia. Los animales monogástricos son los más metanogénicos. En general se considera que el porcentaje de materia seca de las excretas sólidas esta alrededor del 20% y debe ingresar al biodigestor en una mezcla de 5 partes de agua por una de estiércol” (8).

1.2.3. CONDICIONES PARA LA BIODIGESTIÓN

- “Temperatura entre los 20 C y 60 C
- pH (nivel de acidez/ alcalinidad) alrededor de siete.
- Ausencia de oxígeno.
- Gran nivel de humedad.
- Materia orgánica
- Que la materia prima se encuentra en trozo más pequeños posible.
- Equilibrio de carbono/ nitrógeno” (9).

1.2.3.1. Temperatura

“Factor importante en la producción de biogás, dado que debemos simular las condiciones óptimas para minimizar los tiempos de producción. La temperatura óptima es de 30 C a 35 C aproximadamente” (9).

1.2.3.2. Acidez

“Este factor indica cómo se desenvuelve la fermentación. Se mide con un valor numérico llamado pH, que en este el valor es 7, o sea es neutro. Por encima de este número significa alcalinidad; por debajo, acidez.

Cuando los valores superan el pH 8, esto indica una acumulación excesiva de compuesto alcalino. Y la carga corre riesgo de putrefacción. Los valores inferiores a 6 indican una descompensación entre las fases ácidas y metanogénica, pudiendo bloquearse esta última” (9).

1.2.3.3. Presión de trabajo para la descomposición metánica.

“Otro factor a tener en cuenta, aunque solo afecta al proceso en circunstancias muy particulares, es la presión. Se ha llegado a contestar que a presiones del orden de 700 Kg/cm², los microorganismos aún cumplen su proceso metabólico aunque muestran grandes dificultades para desarrollar su tarea, en cambio a presiones menores que la atmosférica, se vio que por debajo de 0,35 Kg/cm² de presión absoluta, el proceso de metanización se detiene. A los efectos prácticos, para las condiciones usuales de presión a que se realiza la fermentación metánica, entre 0,7 y 1/4 Kg/ cm² de presión absoluta, la destrucción de sólidos volátiles es del orden del 60%, en las condiciones óptimas de temperatura y pH, para tiempos de retención entre 21 u 30 días” (9).

1.2.4. TIPOS DE BIODIGESTORES

“Hay muchos tipos de plantas del biogás pero los más comunes son el dosel flotante (indio) y el domo fijo (chino). La aceptabilidad pobre de muchos de estos biodigestores ha sido principalmente debida a los costos altos, la dificultad de instalación y problemas en la consecución de las partes y repuestos” (10).

1.2.4.1. Pozos Sépticos

“Es el más antiguo y sencillo digester anaerobio que se conoce, utilizado normalmente para la disposición de aguas residuales domésticas. Se cree que de allí deriva el uso potencial de los gases producidos por la fermentación anaeróbica, para el uso doméstico” (10).

1.2.4.2. Biodigestor del domo flotante (indio)

“Este biodigestor consiste en un tambor, originalmente hecho de acero pero después reemplazado por fibra de vidrio reforzado en plástico (FRP) para superar el problema de corrosión. Normalmente se construye la pared del reactor y fondo de ladrillo, aunque a veces se usa refuerzo en hormigón. Se entrapa el gas producido bajo una tapa flotante que sube y se cae en una guía central. La presión del gas disponible depende del peso del poseedor de gas por el área de la unidad y normalmente varía entre 4 a 8 cm de presión de agua. El reactor se alimenta semi-contínuamente a través de una tubería de entrada” (10).

1.2.4.3. Biodigestor de domo fijo (chino)

“Este reactor consiste en una cámara de gas-firme construida de ladrillos, piedra u hormigón. La cima y " fondos son hemisféricos y son unidos por lados rectos. La superficie interior es sellada por muchas capas delgadas de mortero para hacerlo firme. La tubería de la entrada es recta y extremos nivelados. Hay un tapón de la inspección a la cima del digestor que facilita el limpiado. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo el domo y cambia de sitio algunos de los volúmenes del digestor en la cámara del efluente, con presiones en el domo entre 1 y 1,5 m de agua. Esto crea fuerzas estructurales bastante altas y es la razón para la cima hemisférica y el fondo. Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor” (10).

1.2.4.4. Biodigestor de estructura flexible

“La inversión alta que exigía construir el biodigestor de estructura fija resultaba una limitante para el bajo ingreso de los pequeños granjeros. Esto motivó a ingenieros en la Provincia de Taiwán en los años sesenta (FAO, 1992) a hacer biodigestores de materiales flexibles más baratos. Inicialmente se usaron nylon y neopreno pero ellos demostraron ser relativamente costoso. Un desarrollo mayor en los años setenta era combinar PVC con el residuo de las refinerías de aluminio producto llamado *el barro rojo PVC*” (10).

1.2.4.5. Digestor Flotante

“Un rasgo innovador de usar polietileno tubular es que los biodigestores pueden localizarse para flotar en cualquier superficie de agua, con la mitad sumergida, su boca se localizada sobre el nivel de agua más alto, mientras la toma de corriente debe ajustarse a un objeto flotante, como un coco seco o un recipiente de plástico. En Vietnam más de 5% de los biodigestores flotantes se ubican en estanques que facilitan su instalación, generalmente donde el espacio de las granjas es limitado” (10).

1.2.4.6. Digestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno

“Otro tipo de planta de producción de biogás que ha logrado disminuir los costos hasta 30 % con respecto a los prototipos tradicionales, es la que se caracteriza por tener una estructura semiesférica de polietileno de película delgada en sustitución de la campana móvil y la cúpula fija, y un tanque de almacenamiento de piedra y ladrillo como los empleados en los prototipos tradicionales. Este tipo de instalación posee a su favor que resulta más económica que los sistemas tradicionales; por ejemplo, una instalación de 4 m³ puede costar, aproximadamente, 550 USD, y la estructura de polietileno flexible puede llegar a alcanzar hasta diez años de vida útil” (10).

1.2.4.7. Digestores de alta velocidad o Flujo inducido

“Estos son los utilizados comúnmente en instalaciones industriales o semi-industriales. Generalmente trabajan a presión constante, por lo que se podrían catalogar como

digestores tipo hindú modificado. Se diferencian de los digestores convencionales en que se les ha agregado algún tipo de agitación mecánica, continua o intermitente, que permite al material aún no digerido, entrar en contacto con las bacterias activas y así obtener buena digestión de la materia orgánica, con tiempos de retención hidráulica relativamente cortos, de hasta 15 días” (10).

1.3. BIOL-FITOESTIMULANTE ORGÁNICO

1.3.1. GENERALIDADES

“El biol es un abono orgánico de naturaleza líquida, resultado de la descomposición anaeróbica de los residuos animales y vegetales: guano, cascaras de las frutas, hortalizas, etc., el cual aparece como residuo líquido sobrenadante resultantes de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes plagas. El manejo de suelos constituye una actividad que debe realizarse integrando alternativas que permitan sumar "alimentos" para el suelo y la planta es decir ir sumando en nitrógeno y otros macro y micronutrientes. Los abonos líquidos o bioles son una estrategia que permite aprovechar el estiércol de los animales y otros componentes de origen vegetal, sometidos a un proceso de fermentación anaeróbica, dando como resultado un fertilizante foliar que contiene principios hormonales vegetales” (11).

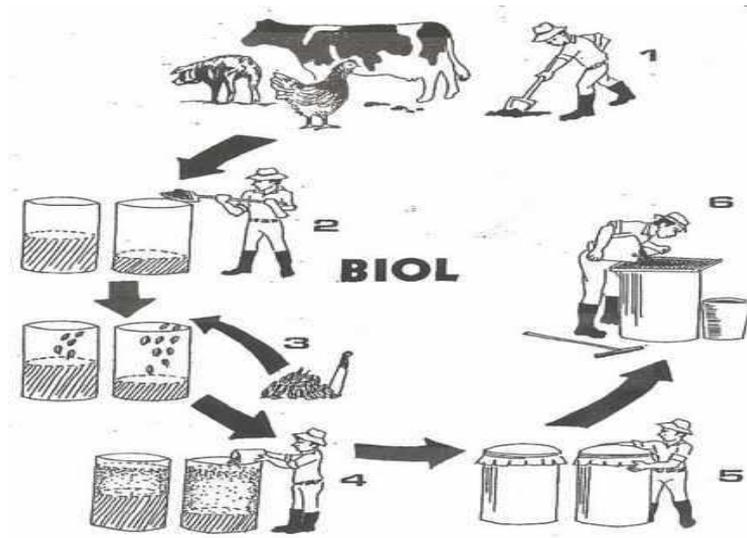


Fig. 1.3.1-1 Ciclo de Obtención del Biol

1.3.2. PRINCIPIO

“Proceso de fermentación en ausencia de aire y de oxígeno (anaeróbica) de desechos orgánicos de los mismos predios rurales (estiércol, residuos de cosecha y otros). El producto de esta fermentación contiene nutrientes de alto valor para los cultivos y además de ello le sirve como plaguicida, es decir, que a más de ser un portador de nutrientes es un combatiente de plagas y regulariza el metabolismo vegetal de las plantas ya que posee hormonas, vitaminas, minerales, entre otros componentes de beneficio para la vegetación” (11).

1.3.3. TIPOS DE BIOFERTILIZANTES LÍQUIDOS - BIOLES

“No existe una clasificación a determinada a guiarse en lo que tiene que ver con tipos de biofertilizantes ya que al igual que en su elaboración no existe una receta fija, sino que

es susceptible a cambios, pero se a llegado a una clasificación general para identificarlos, entre los cuales citaremos los que mas han dado resultados favorables.

- Té de estiércol.
- Purín de orina.
- Purín de ortiga.
- Fermentado anaeróbico de estiércol.
- Gallinaza foliar.
- Caldo revitalizador del suelo.
- Extracto de mantillo de bosque” (12).

1.3.4. USOS DEL BIOL

“El biol, puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz. La aplicación del biol se realiza por lo menos 4 veces durante el desarrollo fenológico del cultivo.

Para utilizar el biol se procede de la siguiente manera:

- ✓ Sacar el biol en baldes en el momento necesario.
- ✓ Antes de aplicar el producto, se debe mezclar con agua para evitar el posible “quemado” del follaje, de acuerdo a las dosis recomendadas en el cuadro subsiguiente.

- ✓ La parte sólida del biol, producto del colado, se usa como abono natural incorporándolo alrededor de las plantas” (13).

1.3.4.1. Ventajas del biol

- “Se pueden elaborar en base a los insumos que se encuentran en la comunidad.
- No requiere de una receta determinada, los insumos pueden variar.
- Su preparación es fácil y puede adecuarse a diferentes tipos de envases.
- Tiene bajo costo.
- Mejora el vigor del cultivo y le permite soportar con mayor eficacia los ataques de plagas y enfermedades, además de los efectos adversos al clima” (13).

1.3.4.2. Desventajas del biol

- “El tiempo desde la preparación hasta su utilización es largo.
- En extensiones grandes se requiere de una mochila para aplicarlo” (13).

1.3.5. ÁMBITO DEL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA

“La elaboración y utilización del biol (se realizara en el Cantón La Joya de los Sachas de la provincia de Orellana, con lo que se implementara de la mejor manera el sistema de obtención del biol), se prepara a partir de los desechos sólidos orgánicos, los mismos que son ricos en: nitrógeno amoniacal, hormonas, aminoácidos y vitaminas, las mismas que regularizan el metabolismo vegetal y además puede ser un gran complemento a la

fertilización integral de las plantas. El biol puede prepararse en diferentes envases, tales como: mangas de plástico, cilindros bidones, entre otros.” (13)

1.3.6. SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL

“El diseño del sistema para la obtención de biol se fundamenta en un proceso netamente anaerobio, proceso que funciona con la implementación de uno o varios biodigestores, en el cual se producen las diferentes reacciones entre la materia sólida orgánica, agua y otros componentes que lo enriquecen. Con este sistema se podrá alivianar la demanda de residuos sólidos orgánica que se generan en el Casco urbano del cantón La Joya de los Sachas, además, se aprovecha el gran potencial que estos tienen para ser desarrollada y utilizada ampliamente.

Como ya hemos señalado el sistema contara con la ayuda indispensable del biodigestor. Los siguientes son los aspectos a tener en cuenta en cuanto a la parte teórica para conocer lo que es un biodigestor y ver el modelo más bueno y de costo considerado”
(14)

1.4. DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL

1.4.1. ÁREA DEL GALPON N° 1, RECEPCIÓN, CLASEADO, PESADO Y PICADO

Deseando transformar aproximadamente 4 Tn semanales de las 9 Tn totales promedio para comenzar, es necesario alternar un día para el proceso del compost con las 5 Tn y otro día para el proceso de la obtención de Biol, es decir, un poco más de media tonelada por lote que equivalen a $1,30 \text{ m}^3$ o 0,54 toneladas).

Se tiene que para la recepción de aproximadamente 4 Tn/semana, una báscula de 5 Tn de capacidad para llevar en orden los balances, y una picadora de 10 hp de potencia, son máquinas utilizadas para picar y moler los desechos orgánicos de flores, banano, palma, entre otros que requieran transformación en condiciones húmedas o secas, mediante el molido o picado en tamaños reducidos desde 5 mm a 20 mm, con gran rapidez y calificada mano de obra. Estos equipos están fabricadas en todas sus partes con Material de acero, con los diseños y tratamientos térmicos requeridos de resistencia y durabilidad, sistema de corte en acero especiales aleados, según Normas SAE y ASTM.

Los rendimientos en flores oscilan entre $20 \text{ m}^3/\text{hora}$ a $7 \text{ m}^3/\text{hora}$ (3Tn/hora a 0,8Tn/hora); en banano entre $30 \text{ m}^3/\text{hora}$ a $20 \text{ m}^3/\text{hora}$ (5Tn/hora a 4Tn/hora) así como en palmas. Se fabrican con energía de accionamiento de tipos eléctricas, a gasolina y diesel desde 107 hp a 24 hp y para acoplar al toma fuerza. Se tiene que enfatizar que son

necesario dos galpones y considerando la altura de 6 m llevados por la experiencia de construcción antigua.

$$A = a * L$$

Ec. 1.4.1-3

Donde;

A = área total del galpón

a = ancho del galpón

L = largo del galpón

1.4.2. VOLUMEN DE LOS VAGONES ENCAMINADOS POR RIELES

Para el traslado al tanque de mezclado de 1,30 m³ (0,54 Tn), de residuos sólidos orgánicos para la producción de 1034,9 litros de biol, se ha visto que para una mejor manipulación de los cajones no sean de 1,30 m³, sino, que sean de 0,63 m³ equivalentes a 630 litros, y de estos vagones sería necesario al menos unos cuatro para abastecimiento e imprevistos que pasaren a una distancia desde el primer galpón hasta los tanques de mezclado a 35 m y a una velocidad mínima a la capacidad de los señores obreros.

$$V = b * l * a$$

Ec. 1.4.2-4

Donde;

b = Base del vagón

l = Longitud del vagón

a = Ancho del vagón

Ahora, estos $0,63 \text{ m}^3$ se multiplicaran por cuatro para obtener cuatro vagones de $0,63 \text{ m}^3$ cada uno con un volumen total de carga de $2,60 \text{ m}^3$.

1.4.3. VOLUMEN DE LOS TANQUES DE MEZCLADO

Para el cálculo de los dos tanques exactamente del mismo volumen, se toma como referencia los 2 m^3 de capacidad del biodigestor llevándolo a $2,5 \text{ m}^3$.

$$V = a * h * L \qquad \text{Ec. 1.4.3-5}$$

Donde;

a = Ancho del tanque

h = Altura del tanque

L = Largo del tanque

1.4.4. VOLUMEN DEL BIODIGESTOR

1.4.4.1. Volumen 1 del cilindro del biodigestor

Debido a que el diseño del biodigestor es en forma cilíndrica la parte superior y termina en forma de un tronco de cono, sabiendo de ante mano la altura número 1 del biodigestor calcularemos su respectivo volumen 1.

$$V_1 = \pi * R^2 * h_1 \qquad \text{Ec. 1.4.4.1-6}$$

Donde;

h_1 = Altura 1 del biodigestor

V_1 = Volumen 1 requerido de la parte cilíndrica del biodigestor

π = Letra griega (π) usada en matemáticas como el símbolo del cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro

R^2 = Radio de la alimentación del biodigestor.

1.4.4.2. Volumen 2 del tronco de cono del biodigestor

Debido a que el diseño del biodigestor es en forma cilíndrica la parte superior y termina en forma de un tronco de cono, sabiendo de ante mano la altura número 2 del biodigestor calcularemos su respectivo volumen 2.

$$V_2 = \frac{\{\pi(R+r)g + \pi R^2 + \pi r^2\} * h_2}{3} \quad \text{Ec. 1.4.4.2-7}$$

Donde;

h_2 = Altura 2 del biodigestor

V_2 = Volumen 2 requerido del tronco de cono del biodigestor

π = Letra griega (π) usada en matemáticas como el símbolo del cociente entre la longitud de la circunferencia y su diámetro

R^2 = Radio de la alimentación del biodigestor.

r = Radio de la salida del Biol

g = Longitud del tronco de cono

1.4.4.3. Volumen de alimentación total del biodigestor

Ahora realizamos el cálculo del volumen total de alimentación del biodigestor.

$$V_A = V_1 + V_2 \quad \text{Ec. 1.4.4.3-8}$$

Donde;

V_A = Volumen total de alimentación del biodigestor ANEXO V

1.4.5. MASA DEL VOLUMEN DILUÍDO

Partimos principalmente de la densidad de los residuos sólidos siendo estos dados para los inorgánicos de 100 kg/m^3 y para los orgánicos de $379,26 \text{ kg/m}^3$, teniendo un volumen en fase diluida de 2000 L (o 2 m^3), a la temperatura ambiente del cantón Joya de los Sachas que es de 32 C .

$$m = \rho * V_A \quad \text{Ec. 1.4.5-9}$$

Donde;

m = Masa del volumen diluido

ρ = Densidad de los residuos sólidos orgánicos

V_A = Volumen de alimentación del biodigestor

1.4.6. TIEMPO DE RETENCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Dado que el material biodegradable requiere de un tiempo para su descomposición total en sus elementos principales, se procederá a su determinación, para en última instancia calcular el volumen de trabajo del biodigestor. Bajo la acción de bacterias mesofílicas se estima que en un reactor normal a 30 C el tiempo requerido para biodegradar la materia prima alimentada es de 20 a 30 días, tiempo que se puede ser afectado por las variaciones de la temperatura ambiental.

$$TR = D \cdot f = \text{días} \qquad \text{Ec. 1.4.6-10}$$

Donde;

TR = Tiempo de retención de los RSO

D = Número de días de retención de los RSO en el biodigestor

f = Coeficiente dependiente de la temperatura

El factor $f = 1,3^5$ es un coeficiente que depende de la temperatura, y para garantizar un funcionamiento óptimo del biodigestor en cualquier época del año se ha asumido el valor de 25 C. Para nuestro caso el coeficiente es de **1,6** dependiendo de la temperatura en donde fue instalada la planta piloto de los biodigestores que es de **32 C**.

⁵ **FUENTE: CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR**

<http://www.monografias.com/trabajos46/reconstruccionbiodigestor/reconstruccion-biodigestor2.shtml>

1.4.7. VOLUMEN DE DIGESTIÓN DE LA BIOMASA

$$VD = \frac{m^3}{días} * días$$

Ec. 1.4.7-11

Donde;

VD = Volumen de digestión de la biomasa

1.4.8. BALANCE DE MASA.

$$F = 63,10 \text{ L/lote}$$

$$\rho = 379,26 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 32 \text{ C}$$

$$pH = 6,8$$

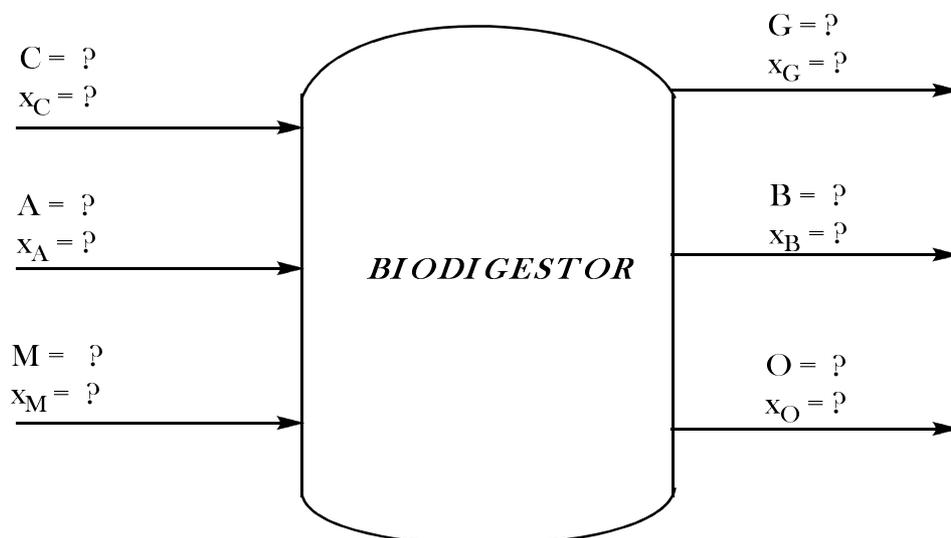


Fig. 1.4.8-1 Esquema del Biodigestor Principal

ENTRADA = SALIDA

$$C + A + M = B + O + G \quad \text{Ec. 1.4.9-13}$$

Donde:

C = Caldo Microbiano

A = Agua necesaria para obtener Biol

M = Residuo Sólido Orgánico necesario para obtener Biol

B = Biol

O = Biosol (residuo sólido orgánico no degradado)

G = Biogas (mezcla de gases tales como; metano, CO₂, entre otros)

$$C x_C + A x_A + M x_M = B x_B + O x_O + G x_G \quad \text{Ec. 1.4.10-14}$$

Donde:

x_C , x_A , x_M , x_B , x_O y x_G son los coeficientes de cada uno de los componentes involucrados tanto a la entrada como a la salida del biodigestor que se calcula mediante la fórmula,

$$x_J = J / F \text{ por lote} \quad \text{Ec. 1.4.11-15.}$$

Donde,

J = La cantidad individual a la entrada y salida del biodigestor

F = Es el flujo neto de volumen en el biodigestor

Con una alimentación de 63,10 litros, basándonos en la literatura y en la empírica adquirida en las pruebas de la planta piloto instalada un lugar alejado de la ciudad, bajo sombra, tenemos las siguientes cantidades de productos de las diferentes pruebas realizadas con diferentes dosis de alimentación y una estándar que viene a ser el caldo

nutricional teniendo un mismo producto pero de diferente calidad y cantidad según sea la alimentación.

Basados en las pruebas realizadas experimentalmente en la planta piloto ubicada en el cantón Joya de los Sachas, con un temperatura de 32 C y contando con la densidad de los residuos sólidos orgánicos esta dado en 1 m³ pesando 379,26 kg, la misma que nos facilita transformar la entrada de los residuos sólidos orgánicos de flujo másico en flujo volumétrico para las respectivas balances de masa. Además, basados en los análisis obtenidos en un laboratorio de calidad como lo es CESTTA se determinó que la prueba que mayor eficiencia dio la relación residuos sólido orgánico: agua en proporción 2:1 correspondiente a 75% : 25% (11,25 gls : 3,75 gls), la misma que se tomo en consideración para los bioles posteriores a producirse en la implementación de la planta de obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el casco urbano del cantón Joya de los Sacha-Orellana. ANEXO VI

1.4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA

1.4.9.1. Vida útil de los Equipos

Considerando el método de depreciación lineal, el costo de cada equipo y su período de vida útil, serán calculados mediante la fórmula:

$$a = \frac{V_o - V_r}{n}$$

Ec. 1.4.9.1.16

Donde:

a = Es la depreciación al año n

V_0 = Es el valor inicial

V_r = Es el valor residual

n = Es el número de año.

1.4.9.2. Costo de Producción Unitario

Considerando los costos variables que tenemos por año, calculamos el costo de producción para dos meses de no tener producción con la siguiente ecuación:

$$CP = \frac{CV}{12} * 2 \text{ meses} \quad \text{Ec. 1.4.9.2-17}$$

Ahora con el costo de producción sacamos el costo unitario por cada litro de biol obteniéndose:

$$PU = \frac{CP}{\# \text{ Unidades}} * 0,20 \quad \text{Ec. 1.4.9.2-18}$$

1.4.9.3. Costo Variable Unitario

$$Cv = \frac{CV}{q_x} \quad \text{Ec. 1.4.9.3-19}$$

1.4.9.4. Análisis del Punto de Equilibrio

$$I = PV * q_x \quad \text{Ec. 1.4.9.4-20}$$

Ahora,

$$PE = \frac{CF}{PV-Cv} \quad \text{Ec. 1.4.9.4-21}$$

1.4.9.5. Ingreso al Nivel del Equilibrio

$$Y_e = \frac{CF}{1 - \frac{Cv}{IV}} \quad \text{Ec. 1.4.9.5-22}$$

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL

Se realizó el diagnóstico del relleno sanitario del cantón Joya de los Sachas buscando de ésta manera identificar su problemática para lo cual, se realiza la caracterización y cuantificación de la recolección de los residuos sólidos, considerando como universo el Cantón Joya de los Sachas, para lo cual, se monitorea durante dos semanas alternando un día, es decir, lunes, miércoles, viernes, domingo, martes, etc., para cubrir diariamente su recolección. Con lo que se logró saber que tipo de residuos sólidos son los de mayor demanda, la cantidad diaria y llevarlo a una suma semanal lo que dio 14 Tn y siendo los residuos sólidos orgánicos lo de mayor existencia mediante la selección de muestras al azar del total recolectado en ese día.

Luego, se procedió a clasificar solamente la basura de naturaleza orgánica para después picarla y esté lista para formar parte del siguiente paso que fue la obtención de biol. El sistema de experimentación consistió en evaluar diferentes maneras de obtener biol probando a distintas concentraciones en lo referente a la materia orgánica y el agua ya que el caldo nutricional es constante para todas las pruebas. Las concentraciones fueron efectuadas en base de un tambor de plástico de 15 galones que fue el 100% para el estudio, de ahí se desglosó distintos porcentajes como por ejemplo, 50% de materia orgánica con 50% de agua denotada proporción 1:1. Una vez colocada las cinco proporciones a experimentar se agrega 1 L de caldo nutricional a cada una de las pruebas, se espolvorea una pequeña cantidad de carbonato de calcio y fosfato y sellamos herméticamente las canecas que vienen siendo biodigestores, además, cada biodigestor posee una salida de gas que se conectan en serie para la salida del biogás

hacia una trampa de agua con la finalidad de hacer a manera de trampa para que el metano y otros gases no contaminen la atmósfera.

Cabe indicar que para la elaboración de este proyecto se estudió lo referente al lugar ya que para que ocurra este proceso de digestión anaerobia cuenta mucho la temperatura que para el caso del Cantón Joya de los Sachas es el ideal. De aquí en adelante es cuestión de monitorear frecuentemente cada 3 días para ver si no existiese alguna complicación y estar pendiente con los controles de pH y temperatura y mediante los cálculos para saber el tiempo de retención, saber cuanto tiempo que demora el proceso de digestión dando como resultado el biol. ANEXO VII

Una vez culminado el tiempo de de retención se procedió a colar cada uno de los biodigestores tomando en cuenta la cantidad de biol producida de cada biodigestor y conjuntamente de biosol para determinar los cálculos de balances de masa mas adelante y obtener una muestra representativa de cada biodigestor y llevarlas a analizar a un laboratorio acreditado conjuntamente con la prueba solicitada al Municipio con la finalidad de ver cual es la que presenta mejores características a nivel nutricional. Sabiendo de antemano que este sistema alivianará al cantón Joya de los Sachas a manejar de mejor manera los residuos sólidos orgánicos y a la vez obtener un abono foliar mediante métodos alternativos a los tradicionales químicos contaminantes.

2.1. MÉTODOS

El presente proyecto experimental tiene el objetivo de buscar una alternativa positiva para el cantón Joya de los Sachas mediante el acelerado crecimiento de la basura y aprovechar estos recursos en bienestar del cantón pero sobre todo con el ambiente. El biol es un abono de naturaleza líquida de excelentes propiedades resultado de la descomposición anaerobia de los residuos sólidos orgánicos generados, seleccionando los medios y procesos más adecuados mediante procedimientos y diseños simples y económicos. De tal manera que se torne un factor de seguridad y economía.

2.1.1. INDUCTIVO

La caracterización y cuantificación de los residuos sólidos orgánicos generados en el cantón Joya de los Sachas, se la realizó en base al monitoreo durante dos semanas en el carro recolector de la basura, donde se eligió un monto de 10 libras al azar de lo que se concluye que el incremento de los residuos aumentó principalmente al crecimiento poblacional con una producción per cápita del 0,40 Kg/hab/día. Así mismo, se logró el diseño al nivel de una planta piloto la obtención de biol de características óptimas a nivel foliar y a la vez contribuir con el proceso del compost con el subproducto llamado biosol y sin causar contaminación.

2.1.2. DEDUCTIVO

A través de una planta piloto ubicada a 3 km del casco urbano del cantón Joya de los Sachas se obtuvo biol (abono líquido foliar) al cabo de 28 días con características óptimas, cumpliendo de esta manera los objetivos planteados regido bajo técnicas apropiadas para la elaboración de biol y cumpliendo con la condiciones y parámetros apropiados como la temperatura, acidez, que este bajo sombra y observando alrededor para obtener un producto de excelente valor nutricional foliar. Esto se realizó gracias a que se contó con la caracterización y cuantificación previa a la obtención del biol que estuvo en un porcentaje sobresaliente los residuos sólidos orgánicos con un 64,29%, sabiendo de ante mano que el cantón posee una producción per cápita de 0,40 kg/hab/día.

2.1.3. EXPERIMENTAL

Los métodos utilizados dentro de esta investigación son gravimétricos, volumétricos y físico-químicos y monitoreo diario:

- ✓ El método gravimétrico se basa en la determinación del peso de los residuos sólidos, para clasificar según su naturaleza, luego de lo cual, se determina que cantidad deben ser alimentados a los biodigestores para la obtención de biol.
- ✓ El método volumétrico se basa en la determinación del volumen a la entrada y salida del proceso de obtención del biol, para dimensionar la planta piloto.
- ✓ El método físico-químico determina las propiedades como densidad, viscosidad, acidez, análisis del producto como macro y micro nutrientes, materia orgánica,

coliformes totales, coliformes fecales, entre otras, para determinar la calidad del producto-biol.

2.2. TÉCNICAS

Existen varias técnicas para la investigación facilitando el desarrollo y cumplimiento de los objetivos propuestos inicialmente, entre las que se relacionan con este proceso están:

- Determinación de la Recolección de Muestras.
- Determinación del Potencial de Hidrógeno.
- Determinación de la Densidad de los Residuos Sólidos.
- Determinación de la Temperatura
- Determinación de la Humedad
- Determinación de Fosfatos.
- Determinación de Hierro.

2.2.1. DETERMINACIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

TABLA 2.2.1-1
RECOLECCION DE MUESTRAS
STANDAR METHODS APHA *2310 A y B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado de 1 a 2 Kg

2.2.2. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH

TABLA 2.2.2-1
DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH
STANDAR METHODS APHA 4500 - H⁺

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA	CALCULO
<p>El pH de una solución es un medidor de la efectividad de la concentración de iones hidrógeno, o más específicamente, la actividad del ión hidrógeno.</p> <p>El pH nos da una medida del grado de acidez o alcalinidad de las sustancias. Es el logaritmo del inverso de la concentración de los iones hidrógeno y tiene valores de 0 a 14.</p>	<ul style="list-style-type: none">• pH-metro para residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none">• Se introduce el pH-metro directamente en el centro de la muestra.	Tomar la lectura del pH-metro

2.2.3. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

**TABLA 2.2.3-1
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

FUNDAMENTO	TECNICA	CALCULO
<p>La densidad de los sólidos rellenos depende de su constitución y humedad, por que este valor se debe medir para tener un valor más real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.</p>	<p>Densidad suelta: Generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos. (0.2 a 0.4 Kg/l o Ton/m³).</p> <p>Densidad transporte: Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico es del orden de 0.6 Kg/l.</p> <p>Densidad residuo dispuesto en relleno: Se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el sitio. La densidad recién dispuesta fluctúa entre 0.5 a 0.7 Kg/l y la densidad de la basura estabilizada fluctúa entre 0.7 a 0.9 Kg/l</p>	<p>Densidad = m/v</p> <p>Donde,</p> <p>m = masa de la materia sólida orgánica (Kg)</p> <p>v = volumen ocupado por los RSO (L)</p>

Fuente: realizado experimentalmente por tesista

2.2.4. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

**TABLA 2.2.4-1
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD
STANDAR METHODS APHA *2310**

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA	CALCULO
<p>Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura.</p> <p>Agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire</p> <p>El peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire se conoce como humedad absoluta y se expresa en unidades de masa de agua por unidades de masa o de volumen de aire seco. Frecuentemente se utiliza la medida de gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pinza • Mufla • Cápsula o recoge muestra • Balanza Analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar una muestra representativa de 1 a 2 Kg • Se coloca la muestra en la cápsula o toma muestra • Se pone por 24 horas en la mufla • Se procede a pesar en la Balanza analítica • Se procede al respectivo cálculo 	$Humedad = \frac{Peso_{inicial} - Peso_{final}}{Peso_{inicial}} \cdot 100$ <p>Donde:</p> <p>Peso inicial = Humedad en base Húmeda (g)</p> <p>Peso final = Humedad en base Seca (g)</p>

2.2.5. DETERMINACIÓN DE FOSFATOS

TABLA 2.2.5-1
DETERMINACIÓN DE FOSFATOS
ESTÁNDAR METHODS APHA 4500 - PE

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA	CALCULO
<p>El fósforo se encuentra en las aguas naturales y aguas residuales casi exclusivamente como fosfato.</p> <p>Los fosfatos son muy usados en los sistemas de tratamiento de aguas municipales y privadas, y se agrupan comúnmente en tres tipos: Ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos orgánicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balón de aforo • Pipeta • Vaso de precipitación • Espectrofotómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 25 ml de muestra • Diluir en un balón de aforo hasta 100 ml • Tomar 25 ml de esta dilución • Adicionar 1,45 ml de molibdato de amonio • Adicionar 1 ml de solución, 1 amino, 2 naptol, 4 sulfónico. • Permitir reposar 10 min. • Llevar a 50 ml con agua destilada • Realizar la lectura en el espectrofotómetro • Observar la absorbancia por muestra. 	<p style="text-align: center;">ppm PO₄ = ppm observados × 4</p> <p>Donde: ppm PO₄ = concentración de fosfatos en ppm (mg / L)</p>

2.2.6. DETERMINACIÓN DE HIERRO

TABLA 2.2.6-1
DETERMINACIÓN DE HIERRO
STANDAR METHODS APHA 3111B, 3030B, E

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA	CALCULO
<p>El Fe está normalmente presente en forma de sales ferrosas Fe^{2+} o soluble que es oxidado con facilidad a Fe^{3+} insoluble cuando se expone al aire, produciendo depósitos. La fuente principal de hierro en el agua de caldera es la corrosión. Estos óxidos forman recubrimientos adherentes y pueden causar fallas en las tuberías.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Espectrofotómetro• Vaso de precipitación• Pipeta	<ul style="list-style-type: none">• Colocar 50 ml de muestra.• Adicionar 2 ml de HCl concentrado• Adicionar 1 ml de solución de hidroxilamina• Evaporar hasta obtener un volumen de 20 ml de muestra• Adicionar 10 ml de acetato de amonio (buffer) 2 ml de solución de fenantrolina.• Diluir con agua destilada, mezclar y dejar reposar por 10 min para desarrollar color. Realizar la lectura en el espectrofotómetro.	<p>Comparar la lectura en la curva de calibración y observar los ppm resultantes</p>

2.2.7. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

TABLA 2.2.7-1
DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA
STANDAR METHODS APHA 2550 B

FUNDAMENTO	MATERIALES	TECNICA	CALCULO
<p>Normalmente, las medidas de Temperatura pueden realizarse con cualquier termómetro Celcius de mercurio, que, como mínimo, deberá tener una escala con marcas cada 0,1 °C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima que permita un equilibrio rápido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Termómetro Digital (LLPF-01-00) 	<ul style="list-style-type: none"> • Recogida de muestra. • Calibración del Equipo. • Realización de la medición con el termómetro (30 C – 39 C) 	$\sum T_p = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n}$ <p>T = °C</p> <p>Donde:</p> <p>T_p = Temperatura promedio</p> <p>T = Temperatura final</p>

2.3.DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. DIAGNÓSTICO

Los residuos sólidos orgánicos desempeñan un potencial problema urbanístico, ya que producen directamente contaminación de aguas si éstas son depositadas inadecuadamente en ríos, lagunas esteros, etc., contaminación a los suelos que si bien es cierto es la madre para el cultivo, contaminación de la atmósfera, ya que los olores emanados por los residuos sólidos orgánicos son muy fuertes y desagradables, pudiendo provocar daños a los seres vivo y finalmente a los seres humanos provocando vectores contaminantes causantes de diversas enfermedades.

La necesidad de dar un uso adecuado a los residuos sólidos orgánicos que se generan diariamente en el Cantón La Joya de los Sachas y su influyente crecimiento en la actualidad, siendo los residuos sólidos orgánicos lo que representan el 64,29% de la totalidad de los residuos sólidos generados que en cantidad representa 9 Tn de las 14 Tn semanales con una PPC de 0,40 Kg/hab/día y un promedio diario de 1,75 Tn de las cuales 1,1 Tn son orgánicos.

Es por ello que, la utilización de los residuos sólidos orgánicos utilizando como materia prima principal para la obtención de biol supone una doble ventaja: por un lado se logra eliminar la demanda de residuos sólidos orgánicos en el casco urbano del cantón Joya de los Sachas y por el otro se consigue un abono líquido eficaz para las plantas, a bajo costo y respetuoso con el ambiente.

Si bien es cierto que los abonos de naturaleza química tradicionales han sido muy criticados no solo por sus altos costos, sino también por los perjudiciales daños a la naturaleza y seres vivos, pero una vez que se ponga en marcha empezando con la producción de biol en el relleno sanitario del cantón Joya de los Sachas, éste fitoestimulante de naturaleza orgánica sea la solución para fortificar los cultivos, obteniendo resultados excelentes y a los costos más convenientes.

Virtualmente, cualquier persona puede elaborar biol, debido a que se trata de un proceso simple a menudo comparado con la elaboración del compost, pero con la diferencia de que es un poco más corta su elaboración y menos costosa. Esto hace que el auto abastecimiento de biol sea posible en una manera cíclica. Además, todos los días se inventan nuevas formas más eficientes a la elaboración de biol el mismo que es susceptible a cambios en mejora del fitoestimulante.

Por otro lado la caracterización y cuantificación de los residuos sólidos orgánicos generados en el casco urbano de la Joya de los Sachas se realizó mediante el monitoreo del carro recolector de la basura durante ocho días consecutivo, para lo cual, se recogió 10 libras aproximadamente de manzanas diferentes (ocho manzanas en total), después de cada día se clasificó los residuos sólidos orgánicos para ver el contenido de la materia prima como muestra representativa dando como mayor porcentaje los residuos sólidos orgánicos como: residuos de verduras, cáscaras de huevos, papas, tomate de árbol, naranjas, limones, piñas, caña, plátanos, choclos, mangos, guayaba, naranjillas, pimientos, zanahorias, mandarinas, yucas, palmito, sandía, coco, cebollas, leguminosas, entre otras, versus los residuos sólidos inorgánicos tales como: papeles, latas de conservas, frascos de vidrios rotos y principalmente plásticos y fundas. A continuación

se detallará de forma general en porcentajes de tales residuos sólidos (basura/residuos).

ANEXO VIII

En lo que respecta a la cuantificación se obtuvo un total de 14 toneladas al cabo de los 8 días llegando a un promedio de 1,75 toneladas diarias, de las cuales 9 toneladas corresponden a los residuos sólidos orgánicos y 5 toneladas de los residuos sólidos inorgánicos. ANEXO IX

Sabiendo de anterioridad que el cantón Joya de los Sachas perteneciente a la provincia de Orellana ha tenido un desarrollo en cuanto a su estructura como tal, y además que, ésto acarrea un aumento directo de la población desde datos que se me proporcionó de la Ilustre Municipalidad del Cantón de 1500 habitantes y así mismo, la PPC aumentó de 0,26 kg/hab/día a 0,40 kg/hab/día, con lo cual se ha visto afectada directamente la ciudad con el incremento de residuos sólidos en un 16,66 % (o 2 Tn).

TABLA 2.3.1-1
CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

TIPO	CANTIDAD (Tn)
ORGÁNICOS	9
INORGÁNICOS	5
TOTAL	14

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha-Experimentación_ Joya de los Sachas

TABLA 2.3.1-2**CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

COMPONENTES	CANTIDAD (Tn)
PLÁSTICOS – FUNDAS	1,79
PAPELES – CARTONES	1,56
LATAS – METALES	0,92
VIDRIO	0,71
MATERIAL ORGÁNICO	9
OTROS	0,02
TOTAL	14

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha-Experimentación_ Joya de los Sachas

TABLA 2.3.1-3**CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Peso de la basura (RSO) diario	Tn	1,1
Peso de la basura (RSI) diario	Tn	0,65
Peso de la basura (RS) semanalmente	Tn	14
Densidad _(RSO)	Kg/m ³	379,26

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha-Experimentación_ Joya de los Sachas

2.4. DATOS ADICIONALES

TABLA 2.4-1

DATOS ADICIONALES DE LAS CONDICIONES

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Temperatura del medio	C	20 - 60
pH	--	6,5 – 7,5
Tiempo de Retención	días	21 - 30
Presión	0,7 – 1/4	Kg/cm ²

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha-Experimentación_ Joya de los Sachas

CAPÍTULO III

DISEÑO

3. CÁLCULOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO

➤ CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN PER-CÁPITA (PPC)

Para el cálculo de la producción per-cápita (PPC) se tuvo que basar en la fórmula general. Se tiene que para el año 2009 los habitantes son de 32.363. Ahora, basándonos en el crecimiento anual del 4,4% ⁶ tenemos que para el 2019 incrementaría en 42.636 habitantes. Se cuenta con la cantidad generada semanalmente, entonces partimos de la ecuación,

$$\text{PPC} = \text{Carga generada} * \text{Habitante} * \text{Día} \quad \text{Ec. 1.1.2.3-1}$$

$$\text{PPC} = 14000 * 7 / 32363$$

$$\text{PPC} = 3,02814943 / 7$$

$$\text{PPC} = \mathbf{0,40 \text{ Kg /hab /día}}$$

➤ CÁLCULO DE LA DENSIDAD (RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS)

Para el cálculo de la densidad referente a los residuos sólidos se procedió a aplicar la fórmula tradicional de la densidad, así tenemos;

$$\rho = m / v \quad \text{Ec. 1.1.2.3-2}$$

$$\rho = 379,26 / 1$$

$$\rho = \mathbf{379,26 \text{ kg/ m}^3}$$

⁶Bibliografía citada en los registros del Honorable Consejo Provincial de Orellana, 2009 Vol 1

3.1. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE OBTENCIÓN DE BIOL

✚ CÁLCULOS DEL ÁREA GALPÓN N° 1. RECEPCIÓN, CLASEADO, PESADO Y PICADO

Partimos de un total de residuos sólidos de 14 Tn de los cuales 9 Tn son orgánicos los mismos que son recepcionados en el galpón existente ⁷ de 600 m², es por ello que se proyecta con 20 m de ancho y 40 m de largo y mediante la ecuación del área se tiene;

$$A = a * L \quad \text{Ec. 1.4.1-3}$$

$$A = 20 * 40$$

$$A = 800 \text{ m}^2$$

✚ CÁLCULO PARA LOS CAJONES ENCAMINADOS POR RIELES.

Partimos de los 9 Tn netos de residuos sólidos orgánicos de las cuales 5 Tn son para el proceso del compost y 4 Tn (ó 4000 Kg) para el proceso del biol, de estos 1300 Kg equivalentes a 1,30 m³ son lo proporcional a alimentar al biodigestor de 2 m³ que en 3 días de la semana, de lo que partimos para determinar la capacidad de cada cajón correspondiente a un volumen fácil de manejar con dimensiones de longitud = 0,50 m, de base = 0,85 m y de altura = 1,50 m, aplicando la siguiente ecuación determinaremos el volumen de cada cajón.

$$V = b * l * a \quad \text{Ec. 1.4.2-4}$$

$$V = 0,85 * 0,50 * 1,50$$

$$V = 0,63 \text{ m}^3$$

⁷Bibliografía citada en los registros del Honorable Consejo Provincial de Orellana, 2009 Vol 1

➤ **CÁLCULO PARA EL VOLUMEN DE LOS TANQUES DE MEZCLADO**

Partimos igualmente de las 4 Tn ó 4000 Kg de residuos sólidos con lo cual alivianará la demanda de residuos sólidos al proceso del compost, para lo que dividimos a la mitad los residuos sólidos orgánicos para alimentar 3 biodigestores de 2 m³. Luego son llevados a un volumen mayor ya que al agitar podría haber derrames, contamos con una altura = 1 m, ancho = 1,25 m y una longitud de 2 m y utilizando la ecuación 1.4.3-5 tenemos;

$$V = a * h * L \quad \text{Ec. 1.4.3-5}$$

$$V = 1,25 * 1 * 2$$

$$V = 2,5 \text{ m}^3$$

3.1.1. **CÁLCULO DEL VOLUMEN TOTAL DEL BIODIGESTOR**

CÁLCULO DEL VOLUMEN 1 DEL CILÍNDRRO DEL BIODIGESTOR

Partimos de las 4 Tn semanales a transformar en biol con 1,30 m³ multiplicado por 3 biodigestores cubriendo de esta manera las 4 Tn semanales. Para el cálculo del biodigestor se lo obtiene en dos partes ya que es una figura irregular constituida por un cilindro y un tronco de cono, figuras totalmente diferentes con ecuaciones distintas para obtener el volumen total del biodigestor. Para la figura del cilindro se cuenta con los siguientes datos: $\pi = 3,1416$, Radio = 0,5 m y altura 1 = 1,90 m mediante la ecuación siguiente,

$$V_1 = \pi * R^2 * h_1 \quad \text{Ec. 1.4.4.1-6}$$

$$V_1 = \pi * (0,5 \text{ m})^2 * 1,90 \text{ m}$$

$$V_1 = 1,50 \text{ m}^3$$

✚ CÁLCULO DEL VOLUMEN 2 DEL TRONCO DE CONO DEL BIODIGESTOR

Para el cálculo del segundo volumen se requiere de una nueva formula correspondiente a la segunda figura geométrica denominada tronco de cono contando con los datos siguientes: $\pi = 3,1416$, $R = 0,5$ m, $r = 0,25$ m, $h_2 = 0,5$ m y $g = 0,80$ m con la siguiente ecuación:

$$V_2 = \frac{\{\pi(R+r)g+\pi R^2+\pi r^2\} \cdot h_2}{3} \quad \text{Ec. 1.4.4.2-7}$$

$$V_2 = \frac{\{\pi(0,5 + 0,25)0,80 + \pi * (0,5)^2 + \pi * (0,25)^2\} * 0,5}{3}$$

$$V_2 = 0,50 \text{ m}^3$$

✚ CÁLCULO DE VOLUMEN TOTAL DEL BIODIGESTOR

$$V_A = V_1 + V_2 \quad \text{Ec. 1.4.4.3-8}$$

$$V_A = 1,50 + 0,50$$

$$V_A = 2 \text{ m}^3$$

Tenemos un biodigestor con una altura de 2,40 m, un diámetro de alimentación de 1 m y un diámetro de salida de 0,5 m de capacidad total de 2 m³ de alimentación, dimensiones suficientemente aptas para la obtención de 1034,9 L de bio1954,1 L de biosol y 11 L de biogás condensados. Esto es de un lote individual, si se estima transformar aproximadamente 4 Tn ó 4000 kg de RSO se requerirá 3 biodigestores por

semana y para abastecer el ciclo necesitamos 12 biodigestores, tiempo suficiente para comenzar con nuevos lotes

✚ CÁLULO DE LA MASA DEL VOLUMEN DILUÍDO

Para el cálculo de la masa neta a entrar a formar parte del proceso de biol es necesario contar con la densidad de los residuos sólidos orgánicos el cual es igual a 379,26 kg/m³ y volumen total de alimentación al biodigestor de 2 m³ que mediante la siguiente ecuación determinaremos la masa del volumen diluido,

$$m = \rho * V_A \quad \text{Ec. 1.4.5-9}$$

$$m = 379,26 * 2$$

$$m = 758,52 \text{ kg}$$

✚ CÁLULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Para el cálculo del tiempo de retención partimos principalmente de la temperatura del medio en el cual se desarrollará el proceso de obtención de biol para lo cual se cuenta con una constante dependiente de la temperatura que es de 1,3 a un promedio de 25 C, que para nuestro caso resulta ser de 1,6 debido a la temperatura promedio del cantón Joya de los Sachas de 32 C, además, del número de días promedio para que se de el proceso de digestión anaeróbico y con ello obtener el biol mediante la siguiente ecuación,

$$TR = D \cdot f = \text{días} \quad \text{Ec. 1.4.6-10}$$

$$TR = 20 * 1,6$$

$$TR = 28 \text{ días}$$

🚦 VOLUMEN DE DIGESTIÓN DE LA BIOMASA

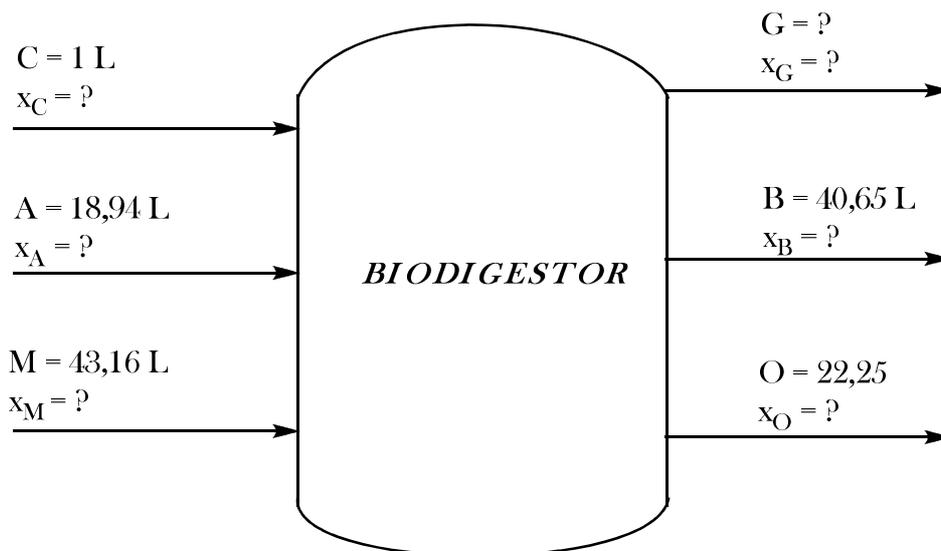
$$VD = \frac{m^3}{\text{días}} * \text{días} \quad \text{Ec. 1.4.7-11}$$

$$VD = \frac{1,50}{28} * 28$$

$$VD = 1,50 \text{ m}^3$$

3.1.2. CÁLCULO DEL BALANCE DE MASA.

$$F = 63,10 \text{ L/lote}$$



Para el cálculo del balance de masa partimos de un volumen total de alimentación al biodigestor que es de 63,10 L por cada lote individual 1 L de cada nutricional (C), 18,94 L de agua (A) y 43,16 L de materia orgánica que por medio de la densidad de los residuos sólidos orgánicos ($\rho_M = 379,26 \text{ kg/m}^3$) y la carga orgánica (16 369 kg) se lo transformó a unidades de volumen utilizando la ecuación 1.4.8-13, el mismo que se encuentra en flujo volumétrico para trabajar en unidades más adecuadas en relación al

producto a obtener. Además sabemos de antemano la cantidad producida de biol (B) fue de 40,65 L y de biosol (O) fue de 22,25 L pero del biogás (G) se calculará mas adelante,

$$V_M = m_M / \rho_M \quad \text{Ec. 1.4.8-12}$$

$$V_M = 16\,369 / 379,26$$

$$V_M = 43,16 \text{ L}$$

✚ Balance de Masa Global

$$C + A + M = B + O + G \quad \text{Ec. 1.4.9-13}$$

$$(1 \text{ L}) + (18,94 \text{ L}) + (43,16 \text{ L}) = (40,65 \text{ L}) + (22,25 \text{ L}) + (G)$$

$$G = 63,10 \text{ L} - 62,90 \text{ L}$$

$$G = 0,2 \text{ L}$$

Ahora en función de las concentraciones parciales de cada elemento determinamos:

$$C x_C + A x_A + M x_M = B x_B + O x_O + G x_G \quad \text{Ec. 1.4.10-14}$$

Ahora, para resolver ésta ecuación determinaremos las concentraciones parciales de cada componente por separado mediante la ecuación siguiente,

$$x_J = \frac{J}{F_{\text{por lote}}} \quad \text{Ec. 1.4.11-15}$$

$$x_B = \frac{40,65}{63,10}$$

$$x_B = 0,64$$

De igual manera siguiendo dicha ecuación obtendremos las concentraciones parciales de cada componente involucrado en el proceso de obtención de biol. La eficiencia corresponde al **64 %** de obtención de Biol y el **35 %** corresponde al biosol, lo que resulta bastante rentable con relación a lo requerido.

$$x_O = 0,35 \quad - \quad x_G = 0,003 \quad - \quad x_C = 0,015 \quad - \quad x_A = 0,30 \quad - \quad x_M = 0,68$$

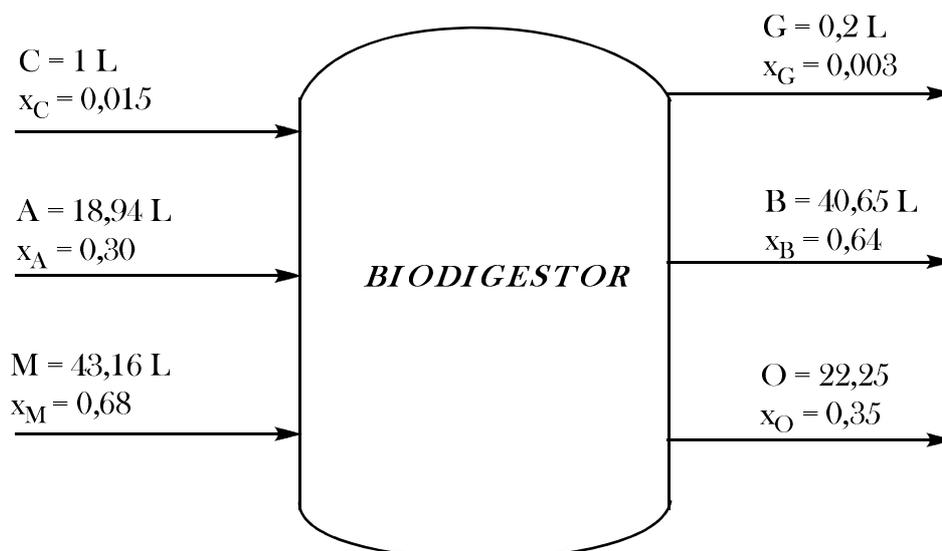
Aplicando la ecuación 1.4.9-13 tenemos;

$$1 \cdot 0,015 + 18,94 \cdot 0,30 + 43,16 \cdot 0,68 = 40,65 \cdot 0,64 + 22,25 \cdot 0,35 + 0,2 \cdot 0,003$$

$$0,015 + 5,682 + 29,3588 = 26,016 + 7,7875 + 0,0006$$

$$34,0558 \text{ L} = 33,9751 \text{ L}$$

Ahora, el balance de masa dado para el biodigestor de alimentación de 63,10 L por lote individual queda de la siguiente manera;



3.2 RESULTADOS

3.2.1. CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

➤ CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

TABLA 3.2.1-1
CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

TIPO	CANTIDAD (Tn)	PORCENTAJE (%)
ORGÁNICOS	9	64,29
INORGÁNICOS	5	35,71
TOTAL	14	100

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha -Experimentación en la Joya de los Sachas

➤ CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

TABLA 3.2.1-2
CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

COMPONENTES	CANTIDAD (Tn)	PORCENTAJES (%)
PLÁSTICOS – FUNDAS	1,79	12,79
PAPELES – CARTONES	1,56	10,71
LATAS – METALES	0,92	6,57
VIDRIO	0,71	5,1
MATERIAL ORGÁNICO	9	64,29
OTROS	0,02	0,54
TOTAL	14	100

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha -Experimentación en la Joya de los Sachas

3.2.2. DETERMINACION DE LAS VARIABLES PARA OBTENER BIOL

TABLA 3.2.2 -1

DETERMINACION DE LAS VARIABLES PARA OBTENER BIOL

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Temperatura	32	C
Tiempo de Retención	28	días
pH	6,8	--
Densidad RSO	379,26	Kg/m ³
Coliformes fecales	<1	UFC/10g
Presión	0,47	Kg/cm ²
Volumen total	63,10	L

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha - Experimentación en la Joya de los Sachas

3.2.3. CANTIDAD DE BIOL POR LOTE

TABLA 3.2.3-1

CANTIDAD DE BIOL POR LOTE

PRODUCTO	RESULTADO
BIOL (B)	64,4 %
Coefficiente de x_B	0,64

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha - Experimentación en la Joya de los Sachas

3.2.4. CANTIDAD DE BIOSOL POR LOTE

TABLA 3.2.4-1

CANTIDAD DE BIOSOL POR LOTE

PRODUCTO	RESULTADO
BIOSOL (O)	35,3 %
Coefficiente de x_O	0,35

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha - Experimentación en la Joya de los Sachas

3.2.5. CANTIDAD DE BIOGAS POR LOTE

TABLA 3.2.5 - 1
CANTIDAD DE BIOL POR LOTE

PRODUCTO	RESULTADO
BIOGAS (G)	0,3 %
Coefficiente de x_G	0,003

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha - Experimentación en la Joya de los Sachas

3.2.6. EFICIENCIA DE LOS BIODIGESTORES EXPERIMENTADOS

TABLA 3.2.6 - 1
EFICIENCIA DE LOS BIODIGESTORES EXPERIMENTADOS

BIODIGESTORES	EFICIENCIA (%)
$x_B = 1:1$ – RSO:AGUA	50
$x_B = 2:1$ – RSO:AGUA	64
$x_B = 3:1$ – RSO:AGUA	30
$x_B = 1:2$ – RSO:AGUA	55
$x_B = 1:3$ – RSO:AGUA	70

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha - Experimentación en la Joya de los Sachas

3.2.7. DATOS NUTICIONALES DEL BIOL 1:2 - 25% DE AGUA Y 75% MATERIA ORGÁNICA, CARACTERÍSTICAS

Cabe mencionar que las pruebas de macro y micro nutrientes, materia orgánica y coliformes totales y coliformes fecales se les realizó a cada muestra por individual detallados mas específicamente en los ANEXOS X-a, X- b, X-c, X- d, X-e y X-f.

TABLA 3.2.7-1

DATOS NUTRICIONALES DEL BIOL DE MEJORES CARACTERÍSTICAS

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADOS
N	<i>PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal</i>	%	0,10
K _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica</i>	mg/kg	3141,88
P _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/38 Absorción Atómica</i>	mg/kg	130
Ca _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica</i>	mg/kg	173,94
Mg _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica</i>	mg/kg	361,69
Zn _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica</i>	mg/kg	4,29
Fe _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica</i>	mg/kg	70,75
Cu _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica</i>	mg/kg	0,32
Mn _{asimilable}	<i>PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica</i>	mg/kg	5,62
Materia Orgánica	<i>PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico</i>	%	1,83
Coliformes Totales	<i>PEE/LAB-CESTTA/14 EPA 3050 APHA9222D,9221</i>	UFC/10 g	<1
Coliformes Fecales	<i>PEE/LAB-CESTTA/14 EPA 3050 APHA9222D,9221</i>	UFC/10 g	<1

Fuente: Lab. CESTTA

3.2.8. DATOS DE COMPOSICIÓN: BIOL 1:2 (AGUA:RSO) VS BIOL EXTRAÍDO DEL PROCESO DEL COMPOST

**TABLA 3.2.8 - 1
DATOS DE COMPOSICIÓN DEL BIOL 1:2 (AGUA:RSO) VS EL EXTRAÍDO DEL PROCESO DEL COMPOST**

PARÁMETROS	UNIDAD	BIOL 2:1 (RSO:H₂O)	LIXIVIADO IMJS
N	%	0,10	0,60
K	mg/kg	3141,88	4645,00
P	mg/kg	130	85
Ca	mg/kg	173,94	195,68
Mg	mg/kg	361,69	108,06
Zn	mg/kg	4,29	1,71
Fe	mg/kg	70,75	87,33
Cu	mg/kg	0,32	0,51
Mn	mg/kg	5,62	2,79
Materia Orgánica	%	1,83	1,61
Coliformes Totales	UFC/10g	<1	200000
Coliformes Fecales	UFC/10g	<1	<1

Fuente: Resultados del Lab Cestta

3.2.9. BIOL 1:2 (AGUA:RSO) VS BIOL DE EXCRETAS DE ANIMALES

TABLA 3.2.9 – 1
BIOL 1:2 (AGUA:RSO) VS BIOL DE EXCRETAS DE ANIMALES

PARÁMETROS	UNIDAD	BIOL 1:2 (AGUA:RSO)	EXCRETAS DE ANIMALES
N	%	0,10	0,15
K	mg/kg	3141,88	140
P	mg/kg	130	137,6
Ca	mg/kg	173,94	105
Mg	mg/kg	361,69	100
Zn	mg/kg	4,29	--
Fe	mg/kg	70,75	--
Mn	mg/kg	5,62	--
Materia Orgánica	%	1,83	3,55
Coliformes Totales	UFC/10g	<1	--
Coliformes Fecales	UFC/10g	<1	--
pH	--	6,8	7,10

Fuente: Noyola, A., "Escalado de biorreactores anaeróbicos", Conferencia, Inst. de Ing., UNAM, México

3.2.10. COMPARACIÓN DE LOS MACRO NUTRIENTES DEL BIOL Y LOS ABONOS QUÍMICOS TRADICIONALES

TABLA 3.2.10 – 1
COMPARACIÓN DE LOS MACRO MACRONUTRIENTES DEL BIOL Y LOS ABONOS QUÍMICOS TRADICIONALES

BIOL 2:1 – RSO:H ₂ O			FERTILIZANTES EQUIVALENTES		
N	P	K	N	P	K
FERTILIZANTE ORGÁNICO			UREA	S.S.	KCl
0,10	130	3141,88	46	87,25	3026

Fuente: Viabilidad Técnico-económica de productos fertilizantes químicos tradicionales

3.2.11. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL

TABLA 3.2.11 – 1
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
GALPON N°1		
ALTURA DE BASE (7 puntales)	6	m
ALTURA DE CENTRO (2)	7	m
MATERIAL	Mixto – hormigón, teja, fierro	--
BIGAS METÁLICAS (8)	15	m
TECHO	tejas	m
PISO	hormigón	m

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

TABLA 3.2.11 – 2
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
PICADORA (ya existente)		
POTENCIA	10	hp
CAPACIDAD	½	Tn/hora
MOTOR	--	Honda GX 390
DIÁMETRO DE PICADO	5 a 20	mm
MATERIAL	Acero inoxidable	--

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

TABLA 3.2.11 – 3
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
BÁSCULA (ya existente)		
PESO	5 - 4535,15	Ton - kg
MATERIAL	metal	--

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

TABLA 3.2.11 – 4
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
4 VAGONES		
BASE	0,85	m
LADO	0,50	m
ALTURA	1,50	m
VOLUMEN	0,63	m ³
MATERIAL	pvc negro	--
DISTANCIA RECORRIDA	25	m
VELOCIDAD	CAPACIDAD DE LOS OBREROS	

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

TABLA 3.2.11 – 5
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
2 TANQUES DE MEZCLADO		
ANCHO	1,25	M
ALTURA	1	M
LARGO	2	M
VOLUMEN	2,5	m ³
MATERIAL	hormigón	--

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

TABLA 3.2.11 – 6
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
2 BOMBAS CENTRÍFUGAS		
POTENCIA	1/2	hp
MATERIAL	metal	--

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

TABLA 3.2.11 – 7

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	INDICADOR
12 BIODIGESTORES		
DIÁMETRO DE ALIMENTACIÓN	1,0	m
DIÁMETRO DE SALIDA	0,5	m
LONGITUD DEL TRONCO DE CONO	0,80	m
VOLUMEN 1	1,5	m ³
VOLUMEN 2	0,5	m ³
VOLUMEN TOTAL	2,0	m ³
ALTURA 1	1,90	m
ALTURA 2	0,50	m
ALTURA TOTAL	2,40	m
MATERIAL	pvc negro	--

Fuente: Tesista (Cálculos estimados para la producción de aproximadamente 4 Ton de RSO)

3.3 ANÁLISIS DE COSTOS

3.3.1 COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO.

Considerando los costos variables que tenemos por año, calculamos el costo de producción para dos meses de no tener producción con la siguiente ecuación:

$$CP = \frac{CV}{12} * 2 \text{ meses} \quad \text{Ecu. 1.4.9.1-16}$$

$$CP = \frac{\$ 10\ 368}{12 \text{ meses}} * 2 \text{ meses}$$

$$CP = 1\ 726,66 \text{ USD / L}$$

Ahora con el costo de producción sacamos el costo unitario por cada litro de Biol obteniéndose:

$$PU = \frac{CP}{\# \text{ Unidades}} * 0,20 \quad \text{Ecu. 1.4.9.2-17}$$

$$PU = \frac{\$ 10\,368}{1\,290\,L} * 0,20$$

$$PU = 1,60\,USD/L$$

Si consideramos el costo variable tendremos una utilidad de venta del producto será de: \$ 1, 33. Si consideramos agregarle un porcentaje cómodo al alcance del bolsillo de la ciudadanía del cantón se incrementa al 20% de ganancia que nos da un valor al público de \$ 1, 60.

3.3.2 COSTO VARIABLE UNITARIO

$$Cv = \frac{CV}{q_x} \quad \text{Ec. 1.4.9.2-18}$$

$$Cv = \frac{10\,368\,USD}{5160\,L}$$

$$Cv = 0,90\,USD/L$$

3.3.3 ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

$$I = PV * q_x \quad \text{Ec. 1.4.9.3-19}$$

$$I = 1,60\,USD * 5160\,L$$

$$I = 8256\,USD/L$$

El cálculo se repite para c/u del volumen producido y vendido.

TABLA 3.3.3-1
DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

<i>CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO</i>						
Volumen Producido y vendido (L)	Costos Fijos	Costos Variables	Costos Totales	Ingreso por Venta	Resultados	Precio Venta
						\$ 1,60
5 160	28 560	4 644	33 204	8 256	- 24 948	C. V. Unitario
15 480	28 560	13 932	42 492	24 768	- 17 724	0,90
25 800	28 560	23 220	51 780	41 280	- 10 500	
36 120	28 560	32 508	61 068	57 792	- 3 276	
46 440	28 560	41 796	70 356	74 304	3 948	
56 760	28 560	51 084	79 644	90 816	11 172	
67 080	28 560	60 372	88 932	107 328	18 396	
77 400	28 560	69 660	98 220	123 840	25 620	
87 720	28 560	78 948	107 508	140 352	32 844	
98 040	28 560	88 236	116 796	156 864	40 068	
108 360	28 560	97 524	126 084	173 376	47 292	

Ahora,

$$PE = \frac{CF}{PV - Cv} \qquad \text{Ec. 1.4.9.4-21}$$

$$PE = \frac{28\,560}{1,60 - 0,90}$$

$$PE = 48\,800 \text{ (Unidades)}$$

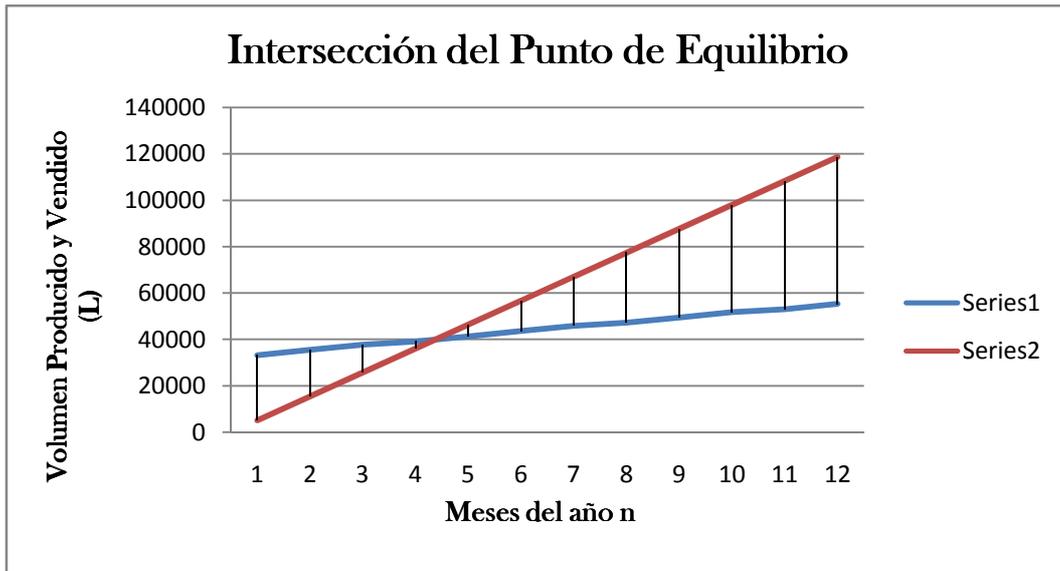


Fig. 3.3.3-1 Intersección del Punto de Equilibrio

3.3.4 INGRESO AL NIVEL DE EQUILIBRIO

$$Y_e = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{IV}}$$

Ec. 1.4.5-22

$$Y_e = \frac{28\ 560}{1 - \frac{41\ 796}{74\ 304}}$$

$$Y_e = 64\ 909 \text{ USD}$$

Con estos resultados obtenidos sabemos que es necesario vender más de 48800 unidades (litros) de Biol al punto donde los gastos se equilibran con las ganancias que corresponde al sexto mes aproximadamente, para así obtener significativas ganancias.

3.4. PROPUESTA

3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

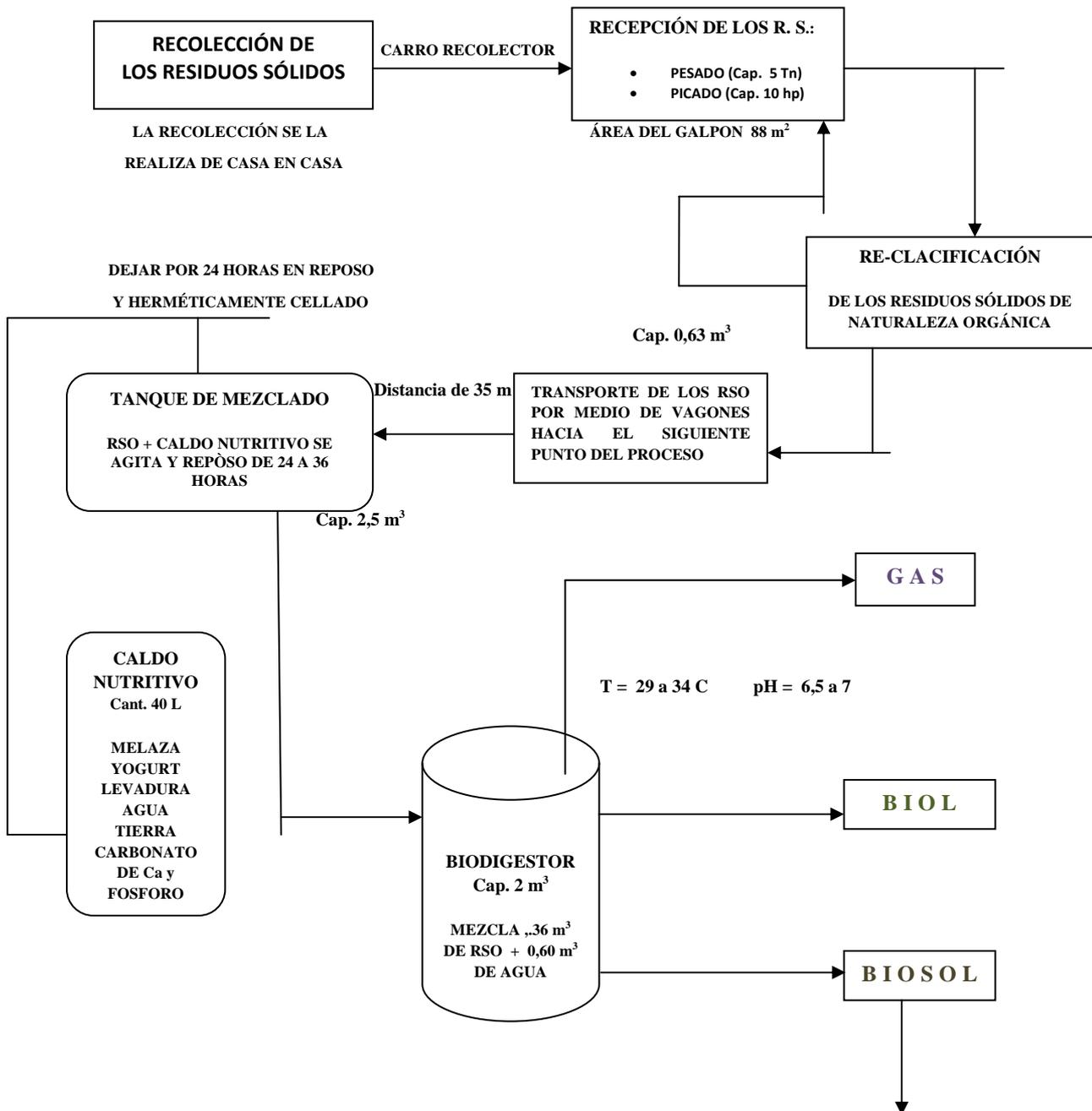


Fig. 3.4.1-1 Diagrama de flujo del sistema

Proceso del compost

3.4.2. PASOS PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOL

🚧 Obtención de la materia prima (ANEXO XI)

El proceso de obtención de biol comienza con la llegada de la materia prima, que para nuestro caso resulta ser los residuos sólidos orgánicos (RSO), pretendiendo alivianar la demanda de carga orgánica para aprovecharla mediante otro proceso orgánico como lo es la obtención de biol, es por ello que de las 1,75 Tn diarias, se cuenta con 1,1 Tn de RSO para lo cual tres días serán destinados para la obtención del biol alternando Lunes, miércoles y viernes con un total de 4 Tn destinadas para el biol por semana y las 5 Tn restantes serán para la elaboración de compost ayudando en un gran porcentaje significativo a alivianar la demanda de residuos sólidos orgánicos.

🚧 Cantidad a ser manejada por el sistema de obtención de biol

Mediante una semana de monitorear a los carros encargados de recolectar la basura (residuos sólidos) se determinó un promedio de 14 Tn semanales de las 9 Tn representan los residuos sólidos orgánicos con un promedio diario de 1,75 Tn, de las cuales 1,1 Tn es de orgánicos y el 0,65 restante es de inorgánicos. Aproximadamente 4 Tn serán destinadas para la producción de Biol y los 5 Tn restantes serán para la producción de compost como se ha venido haciendo desde hace cuatro años. Cabe mencionar q los días viernes y lunes es donde se acumula mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos debido a las ferias de alimentos (mercados).

🚧 Galpón N° 1 de reclasificación, triturado y pesado de los residuos sólidos orgánicos

Estos residuos sólidos son reclasificados manualmente por personal de la zona en calidad de obreros en un área cubierta de 800 m², donde se separa lo orgánico de lo inorgánico. Éstos entorpecen los procesos de compost y posteriormente el proceso de obtener biol, gran parte de esto ocurre por la mala educación que presenta la gente del cantón pese a que ya existe un sistema ordenado de recolección y horarios establecidos que se ha visto afectado con el crecimiento de la población, comercio y con ello la basura.

Paso siguiente es la picada de un porcentaje del 25% de RSO que se encuentra en volumen de degradación mayor al promedio que tritura ½ ton por hora, la misma que está dotada de características suficientes para picar los residuos sólidos orgánicos que se encuentren en tamaños grandes y resulten demorosa su descomposición.

🚧 Traslado de los residuos sólidos orgánicos al tanque de mezclado

Una vez lista la materia prima (RSO) se procederá a disponerse en los cuatro diferentes cajones de pvc de 0,65 m³ o 650 L de capacidad de manera manual de un gran montículo de recepción de RSO claseado y picado del cual se destinaran para ambos procesos, los mismos que son trasladados por un sistema sencillo de rieles de tren los cuales son encaminados hacia el siguiente punto de disposición inicial.

Preparación del caldo nutricional

Generalmente este caldo nutricional está compuesto por suelo madre, yogurt, EM (microorganismos eficientes tales como las levaduras), agua y melaza. Todos estos materiales se disponen en un recipiente aforando a 5 litros y sellado herméticamente por 3 a 4 días para que el caldo se encuentre en buenas condiciones, donde que los microorganismos se proliferen y hagan de este caldo un caldo nutricional eficiente.

ANEXO XII

TABLA 3.4.2-1

CANTIDADES NECESARIOS PARA ELEBORAR EL CALDO

INSUMOS	PROPORCIONES A ESCALA PILOTO	PROPORCIONES A ESCALA INDUSTRIAL
Agua	3,5 L	24 L
Tierra madre	0,80 libras (0,36 Kg)	5 libras
Yogurt	80 mL (0,08 L)	500 mL
Levadura	4,8 g	30 g
Melaza	1 L	5 L
Carbonato de calcio	0,55 libras	45 libras
Fosfato	0,55 libras	45 libras

Fuente: Rubén Darío Pontón Sigcha

Después de transcurrido el tiempo necesario para que el caldo esté en buenas condiciones se procede a una dilución en agua distribuyéndolo a 1 L por biodigestor (caneca de 15 gls de capacidad).

Tanque de mezclado

En éste punto se encuentran dos tanques de 2,50 m³ de capacidad, donde se disponen los RSO en condiciones favorables para la rápida descomposición, se adiciona una cantidad estándar fijada de caldo enriquecedor y por último se le espolvorea cantidades estimadas de carbonato de calcio y fósforo en pequeñas cantidades, esto con la finalidad de controlar el pH, retención de efluentes y de disminuir los microorganismos causantes del mal olor, es decir, una mezcla desinfectadora y fuente mineral. Todo el proceso del mezclado se lo realiza manualmente con paletas grandes y diseñadas a la necesidad demandante.

Reposo

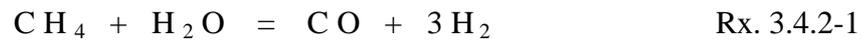
Es necesario que dentro de éste proceso se deje 24 horas en reposo la mezcla comprendida de los residuos sólidos orgánicos, el caldo microbiano y la fuente mineral, para que interactúen y tengan un mezclado óptimo y cumplido este lapso pasar al siguiente punto.

Disposición a los biodigestores y Disposición final

El paso siguiente es llevar hacia los respectivos biodigestores según sea la necesidad, que para nuestro estudio sería aproximadamente 4 Tn semanales de masa orgánica. Colocamos 1,50 m³ de carga orgánica y aforamos hasta los 2 m³ ajustados a las pruebas experimentadas a escala piloto de la que dio mejores valores nutricionales, y sellamos herméticamente y lo ajustamos a las condiciones de fermentación anaeróbico.

Es necesario mencionar que sucede con el gas producido en ambos procesos, en el proceso aeróbico se produce a más del biol (lixiviados) y compost, gas que viene siendo

el dióxido de carbono-CO₂ el cual no es muy tóxico, en el proceso anaeróbico (que fue el que se experimentó) también se produce gas que viene siendo una mezcla de gases donde el metano-CH₄ es el más relevante debido a que es un hidrocarburo volátil e inflamable, es por ello que, para no emitir hacia la atmósfera se le conduce a una trampa de agua haciéndose menos inofensivo produciéndose las siguientes reacciones:



Esto representa un control en cuanto a la emanación de éste contaminante al ambiente, pero si influye en las propiedades del agua donde se destina estos gases en lo que se refiere a acidificarla por lo que luego de un tiempo determinado a esta agua se la trataría para devolverle sus propiedades alteradas en lo que respecta al pH.

Al cabo de 28 días se obtendrá biol, biosol y conjuntamente biogás el cual para nuestro caso nos representa una utilidad principal. Una vez cumplido el tiempo de digestión anaerobia se procederá a colarlos de manera individual en un punto común de referencia con destino a tambores de 55 galones para distribuirlos en un lugar destinado del galpón N° 2 sabiendo de ante mano que está dotado de buena carga orgánica, nutrientes esenciales para el suelo y las plantas y a su vez al biosol lo aprovecharemos como un enriquecedor mas para el proceso de compost que llevan a cabo actualmente en el relleno sanitario del Municipio Joya de los Sachas. ANEXO XIII

3.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La producción per cápita PPC actualmente es de 0,40 kg/hab/día, debido principalmente al aumento de la población, lo que se encuentra directamente relacionado al incremento del comercio seguido de los desechos sólidos, los cuales corresponden a 9 Tn de desperdicios orgánicos y 5 Tn de desperdicios inorgánicos, lo que significa el 64,29% y 35,71% respectivamente, logrado a través de la realización de caracterización y cuantificación de los residuos sólidos permitiendo determinar, a más de la cantidad, también el tipo de residuo sólidos sobresaliendo principalmente la fundas, seguido de papeles-cartón, latas-chatarra, vidrio entre otros generados en el casco urbano del cantón Joya de los Sachas.

En base a las variables resultantes de la obtención del biol sirvieron para determinar las mejores condiciones para que ocurra el proceso de digestión anaerobia (sin oxígeno), en base al control de la temperatura, pH, presión, que el sistema (piloto) se encuentre bajo sombra para que el hábitat de la bacterias degradadoras cumplan su papel a satisfacción y se de la fermentación hasta obtener el biol y consecuentemente biosol y biogás. Sabremos que al cabo de un tiempo suficiente, es decir, que cuando se deje de producir biogás estará listo el producto deseado.

La temperatura del medio no fue de gran aliada ya que estuvo dentro del rango permisible al igual que el pH y posteriormente la presión siendo valores óptimos y se confirma lo consultado en bibliografías referenciales a la producción de biol que

establecía que la producción de biol sería mas rápida en zonas cálidas con un promedio de 3 a 4 semanas y en zonas frías de 3 a 4 meses.

Una vez, terminado el ciclo de digestión anaeróbia que para éste caso fue a los 28 días se per-colan por unas 24 a 36 horas cada biodigestor obteniendo distintos volúmenes detallados en la Tabla 3.2.6 - 1 de los cuales la proporción 1:3 correspondiente a 12,5% de residuos orgánicos y 87,5% de agua con una eficiencia de 70% seguido de la proporción 2:1 correspondiente a 75% de residuos orgánicos y 25% de agua con una eficiencia de 64,4%, entre los demás valores que se encontraban por debajo de estos dos relevantes, escogiéndose la proporción 2:1 ya que se busca cantidad producida pero también calidad de producto lo cual quedo afirmado al realizar los correspondientes análisis de las cinco muestras experimentales como se puede apreciar en los ANEXOS X-a hasta X-f, donde se encuentran los respectivos análisis realizados en el laboratorio certificado CESTTA.

Esto permitió inclinarnos a la prueba experimental 2:1 dando el 64,4% de producto, 35,3% de biosol (resultado sólido sobrenadante), con lo cual nos permite saber la cantidad de biogás producida aplicando el balance de masa resultando un porcentaje del 0,003%, debido básicamente a que el volumen total a transformarse fue de 63,10 L.

Entonces queda demostrado que se puede obtener bioabono a partir de los residuos sólidos orgánicos mediante un proceso netamente anaeróbio, ya que se tenía la errónea información que sólo a partir de las excretas de animales se podía obtener bioabono por

un proceso anaeróbico, ya que si los comparamos notaremos que los valores nutricionales son semejantes o incluso mejores como se puede constatar en la Tabla 3.2.9 - 1 y fundamentado a análisis realizados en el CESTTA y comparado con la fuente Noyola, A. Escalado de bioreactores anaeróbicos. Conferencia, Inst. de Ingeniería. UNAM, México.

Uno de los objetivos fue el de realizar la comparación del resultante lixiviado del proceso del compost elaborado por el Municipio del Cantón Joya de los Sachas con el de mejores características del experimentado como biol propiamente. Se obtuvo que las características nutritivas fueron bastante semejantes, cuya gran diferencia fue la presencia de coliformes totales en los lixiviados provenientes del proceso del compost lo cual puede ser por el mal manejo que a éstos se les da en el relleno sanitario del Municipio del Cantón involucrado, ya que el proceso propiamente del biol esta mejor manejado y controlado, con lo cual obtenemos un producto de mejor calidad y de una manera más rápida.

Mediante bibliografía investigada de bioles experimentados a partir de excretas de animales la proporción variaba dependiendo del tipo de animal pero semejantes en proporciones de 50% de excretas y 50% de agua, para lo cual, se decidió elaborar cinco pruebas y experimentaríamos en proporciones 50% de agua y 50% de material orgánica, 25% de agua y 75% de material orgánica y 12,5 % de agua y 87,5% de material orgánica y viceversa obteniendo excelentes resultados al cabo de 28 días en condiciones controladas dónde la más importante fue la temperatura que para el caso experimental fue el óptimo, a mas de controlar pH, presión y que el sistema este bajo sombra para que

la proliferación de la bacterias fermentadoras, ya que si no lo disponen en un sitio alejado del sol, éstas no cumplirán su ciclo fermentativo y de esta manera no se lograría obtener biol. (Ver en Tabla 3.2.9-1)

De la misma manera se realizó comparaciones con otras formas de bioles y también con algunos fertilizantes químicos tradicionales utilizados en la agricultura en nuestro país deteriorando las tierras cada vez mas y dándonos productos comestibles cada vez mas contaminados lo cual perjudica directamente a la raza humana, es por ello que el biol de proporciones 2:1 correspondiente a 75% de materia orgánica y 25% de agua presento semejanzas con esto fertilizantes siendo bueno para el ambiente, resultando fácil su elaboración con insumos al alcance de todas las personas y de manera rápida en climas cálidos y obteniendo alimentos libres de químicos dañinos para los seres humanos. (Ver en ANEXO XV)

Cabe mencionar que no existe una receta estricta a seguir para la elaboración de los bioles, ya que, su origen se fundamenta en lo orgánico, así que, sus componentes pueden ir desde excretas de diferentes tipos de animales, diferentes tipos de desperdicios orgánicos domésticos, desperdicios de animales muertos, todos de forma separadas o mezclados con agua. También se pueden elaborar caldos microbianos o nutricionales ya que enriquecen aún más al producto (biol), para el caso particular de la elaboración del biol se tuvo que basar en un caldo nutricional elaborado a base de yogurt, levadura, melaza, agua, tierra madre, carbonato de calcio y fosfato en cantidades acordes al volumen a experimentarse para 63,10 L obtenido tales cantidades del

volumen con que se trabaja en la elaboración del compost en el relleno sanitario del cantón Joya de los Sachas.

Determinando la mejor composición para la obtención de éste bioabono de excelentes características nutricionales a nivel foliar se dimensiona los biodigestores para que cubran 4 Tn por semana con las que se aliviana el proceso del compost obteniendo 1.270 L de biol por biodigestor al cabo de 28 días y como se contará con 12 biodigestores que saldrán secuencialmente cada semana al mes producirá 3.810 L de biol lo que favorece al sector productivo y financiero del cantón, lo cual, hará que disminuya la problemática de la basura y de ésta forma llegar a ser un proceso amigable con el ambiente.

Cabe destacar la infraestructura apropiada para el buen manejo del biol dado por un galpón de acopio y claseado de los residuos sólidos netamente orgánicos de 800 m² y otro para implantar los 12 biodigestores que cubrirán las 4 Tn por semana de las mismas dimensiones del primero, también se cuenta con una picadora de residuos sólidos orgánicos de 5 a 20 mm para que su degradación sea rápida y mejor, además de una báscula que cubra la demanda de residuos sólidos orgánicos y poder realizar los respectivos balances de materia de los biodigestores. Se contará con cuatro vagones de 0,65 m³ cada uno o 650 L encaminados por rieles hacia los dos tanques de mezclado de 2,50 m³ cada uno donde interactúan los residuos sólidos orgánicos previamente picados y en cantidades definidas con el caldo nutritivo y se deja en reposo por 24 horas y de allí se los distribuirá a los biodigestores en cantidades establecidas con agua en

proporciones 2:1 correspondientes a 75% de residuos orgánicos y 25% de Agua cubriendo los 2 m³ de cada biodigestor.

El sistema integral para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el cantón Joya de los Sachas empleando digestores individuales con capacidad de dar al cabo de 28 días 1.270 L de biol por lote, constituyendo con una alternativa técnico-económica atractiva y sostenible, ya que al cabo del quinto mes se recupera la inversión logrando vender 48.800 unidades-L a un precio accesible de 1,60 USD dados los beneficios que se alcanzan con su implementación a escala industrial, siendo aplicable al resto de ciudades.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La caracterización de los residuos sólidos generados en el casco urbano del cantón Joya de los Sachas fue de 64,29% de residuos orgánicos y un 35,71% de residuos sólidos inorgánicos.
- Las variables del diseño para la obtención de biol en la planta a escala piloto, fueron: la temperatura fue de 32 C muy importante al momento de implementar un sistema anaeróbico, pH de 6,8, presión promedio de 0,47 kg/cm², humedad al 100% y debe darse bajo sombra.
- La relación 1:2 correspondiente a 25% de agua y 75% materia orgánica fue la más sobresaliente superando a la facilitada por el Municipio del cantón Joya de los Sachas, debido a que la solicitada al municipio presentó coliformes totales (apreciar la tabla 3.2.8 – 1).
- El tiempo de retención fue de 28 días, obteniendo 40,65 L de biol en un volumen total de 63,10 L.
- La PPC actual fue de 0,40 kg/hab/día atribuido al aumento de la población y con ello los residuos sólidos.
- En lo que respecta al análisis económico, resulta atractiva y rentable, ya que al cabo del quinto mes existe la tasa de retorno.

4.2. RECOMENDACIONES

- Mantener un pH constante entre 6,5 - 7.00 y una temperatura entre 29 C y 33 C durante el proceso de digestión anaeróbica para evitar la disminución de producción de efluente.
- Se recomienda que al momento de manipular los residuos sólidos se realice con sumo cuidado en cuanto tiene que ver a la protección del personal que labora directamente, poseer dotación adecuada, botas, protector de cabeza, guantes y mascarilla con filtros entre otros.
- Es muy necesario que al momento de salir los lotes de biol, se los deje colar por al menos 24 a 36 horas para que se logre destilar en su totalidad el biol.
- Se puede utilizar el biosol como un contribuyente más en el proceso de compost implementado en el relleno sanitario del cantón, con ello no se desperdiciará nada a excepción del gas que para aprovecharlo se deberán realizar nuevos estudios de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

1. BANDERAS, A. Operaciones Unitarias-Balance Energético-Balance de Materia. México: Limusa, 1997.
2. BIGERIEGO, M. y CABONELL. M. Aplicación de las Tecnologías de Fermentación Anaerobia y otros Procesos Complementarios. Madrid: ES INIA, 1997.
3. BOTERO, R. y PRESTON T. Manual de Instalación y Operación y Utilización de los Biodigestores. Colombia: s.edit., 1987.
4. CANESSA, E. Funcionamiento Básico de un Biodigestor. 2^a ed. Cartago CR, 1985.
5. CENGEL, Y. Transferencia de Calor y Masa un enfoque práctico. 3^a ed. Mc Graw Hill, 2007.
6. FUNDACIÓN HABITAD. Biodigestores una Alternativa a la Autosuficiencia de Energía y de Biofertilizantes. Colombia, 2005. (documento)
7. GOMEZ, J. y VINIEGRA, G. Uso de Estiércol Digerido Anaeróbicamente como Fertilizante para Vegetales. Limusa: México, 1979.

8. GRIFFIS L. / MOTE R. / KIENHOLZ E. Methane Production from Agricultural Wastes, University of Arkansas, Fayetteville: Arkansas, 1980.
9. HARRIS D., Análisis Químico Cuantitativo. Iberoamericana S.A: México, 1992
10. ILUSTRE MUNICIPIO DE LA JOYA DE LOS SACHAS. Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Joya de los Sachas. Preliminar: Orellana-Ecuador, 2003.
11. MC CABE, W. y SMITH, J. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 6^a ed. Mc Graw Hill: México, 1980.
12. MARTINEZ, J, Guía para la Gestión de Residuos Sólidos. Continental: México: 1998.
13. MARY ANN, H. Métodos Normalizados para Análisis de Agua Potable y Residuales. Díaz de Santos S.A: España, 1992.
14. PERRY, J. Manual del Ingeniero Químico. 3^a ed. Mc Graw Hill: México, 1974.
15. SANTANA, A. Factores que Afectan la Población Microbiana de los Biodigestores. 2^a ed. Cartago CR, 1985.

16. SORIA, M. Producción de Biofertilizantes mediante Biodigestión de excretas de animales. 4ª ed. MX Terra, 2001.
17. TAIGANIDES, P. Anaerobic Digestion of hog Wastes. 1963. (documento)
18. ULRICH, G. Procesos de Ingeniería Química. Mc Graw Hill: México, 1995.
19. VIAN, A. y OCON, J. Elementos de Ingeniería Química. 2ª ed. Aguilar: España, 2001.

ESPECÍFICA

1. BIGERIEGO, M. y CABONELL. M. Aplicación de las Tecnologías de Fermentación Anaerobia y otros Procesos Complementarios. Madrid: ES INIA, 1997.
2. BOTERO, R. y PRESTON T. Manual de Instalación y Operación y Utilización de los Biodigestores. Colombia: s.edit., 1987.
3. CANESSA, E. Funcionamiento Básico de un Biodigestor. 2ª ed. Cartago CR, 1985.
4. FUNDACIÓN HABITAD. Biodigestores una Alternativa a la Autosuficiencia de Energía y de Biofertilizantes. Colombia, 2005. (documento)

5. GOMEZ, J. y VINIEGRA, G. Uso de Estiércol Digerido Anaeróticamente como Fertilizante para Vegetales. Limusa: México, 1979.
6. HARRIS D., Análisis Químico Cuantitativo. Iberoamericana S.A: México, 1992
7. ILUSTRE MUNICIPIO DE LA JOYA DE LOS SACHAS. Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Joya de los Sachas. Preliminar: Orellana-Ecuador, 2003.
8. MARTINEZ, J, Guía para la Gestión de Residuos Sólidos. Continental: México: 1998.
9. MARY ANN, H. Métodos Normalizados para Análisis de Agua Potable y Residuales. Díaz de Santos S.A: España, 1992.
10. PERRY, J. Manual del Ingeniero Químico. 3^a ed. Mc Graw Hill: México, 1974.
11. SANTANA, A. Factores que Afectan la Población Microbiana de los Biodigestores. 2^a ed. Cartago CR, 1985.
12. SORIA, M. Producción de Biofertilizantes mediante Biodigestión de excretas de animales. 4^a ed. MX Terra, 2001.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MARTINEZ, J. Guía para le Gestión Integrada de residuos Sólidos. Editorial Continental: México, 1998. pp. 22
- (2) MARTINEZ, J. Guía para le Gestión Integrada de residuos Sólidos. Editorial Continental: México, 1998. Pp. 23-25.
- (3) GRIFFIS, L. y MOTE, R. y KIENHOLZ, E. Methane Production from Agricultural Wastes, University of Arkansas, Fayetteville: Arkansas, 1980. Pp. 156-158
- (4) MC CABE, W. y SMITH, J. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 6ª ed. . Mc Graw Hill: .México, 1980. Pp. 96
- (5) BOTERO R. / PRESTON T., Manual de Instalación y Operación y Utilización de . los Biodigestores. Colombia, 1987. Pp. 63
- (6) ILUSTRE MUNICIPIO DE LA JOYA DE LOS SACHAS. Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Joya de los Sachas. Preliminar: Orellana- Ecuador, 2003. pp. 4-7
- (7) FUNDACIÓN HABITAD. Biodigestores una Alternativa a la Autosuficiencia de Energía y de Biofertilizantes. Colombia, 2005. Pp. 67-71

(8) CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR

<http://www.monografias.com/trabajos46/reconstruccionbiodigestor/reconstruccion-biodigestor2.shtml>

2009-01-12

(9) SANTANA, A. Factores que Afectan la Población Microbiana de los Biodigestores. 2^a ed. Cartago CR, 1985. pp. 144-147

(10) CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR-MONOGRAFÍA.COM

<http://www.monografias.com/trabajos46/reconstruccionbiodigestor/reconstruccion-biodigestor2.shtml>

2008-01-24

(11) QUE ES EL BIOL.

[http://tyto-moreno.blogspot.com/.](http://tyto-moreno.blogspot.com/)

2008-11-23

(12) ELABORACIÓN DEL BIOL_PRINCIPIO

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/organicos/-biol.htm>

2008-1-1

(13) BIOL: usos

<http://www.dexcel.org/pdf/biol.pdf>

2008 – 11 - 24

(14) SISTEMAS DE OBTENCIÓN DE BIOL.

<http://www.dexcel.org/pdf/biol.pdf>

2008 – 12 - 09

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

1. ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO

<http://www.blogdejardineria.com/abono-organico-liquido-biol-casero.htm>

2009– 08 – 11

2. BIODIGESTORES

<http://www.ruralcostarica.com/biodigestor-2.html>

2009– 02 – 10

3. BIODIGESTORES DE BAJO COSTO PARA LA PRODUCCION DE FERTILIZANTE Y GAS

<http://www.utafoundation.org/publications/botero&preston.pdf>

2009- 02 - 02

4. DIGESTORES Y SOLUCIONES ENERGETICAS

<http://biodigestores.org/hello-world/>

2009- 01- 27

5. BIOABONO

<http://www.euc.edu.ec/upload/20090617020911.pdf>

2009- 07 - 17

6. BIOFERTILIZANTES ORGÁNICOS-ESPOCH

<http://www.dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/352>

2009- 08 - 06

7. BIOL

[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizo/organicos/biol.](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizo/organicos/biol.htm)

htm

2008- 11 -10

8. BIOL: que es el biol

<http://tyto-moreno.blogspot.com/>

2008- 12 - 09

9. BIOL PARA PLANTAS LINDAS Y FUERTES

<http://www.solojardin.com/35/biol-caseropara-que-tus-plantas-crezcan-lindas-y-fuertes>

2009- 01 - 16

10. BIOL: usos

<http://www.dexcel.org/pdf/biol.pdf>

2008- 11 - 24

11. CONSTRUCCION DE UN BIODIGESTOR

<http://www.monografias.com/trabajos46/reconstruccionbiodigestor/reconstruccion-biodigestor2.shtml>

2009-01 -24

12. GENETICA DEL BIOL

<http://www.inia.gob.pe/genetica/insitu/Biol.pdf>

2010- 01 - 12

13. QUE ES EL BIOL

<http://www.dexcel.org/pdf/biol.pdf>

2010- 07 - 12

14. VOLUMEN DE LOS DIGESTORES

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo4.htm>

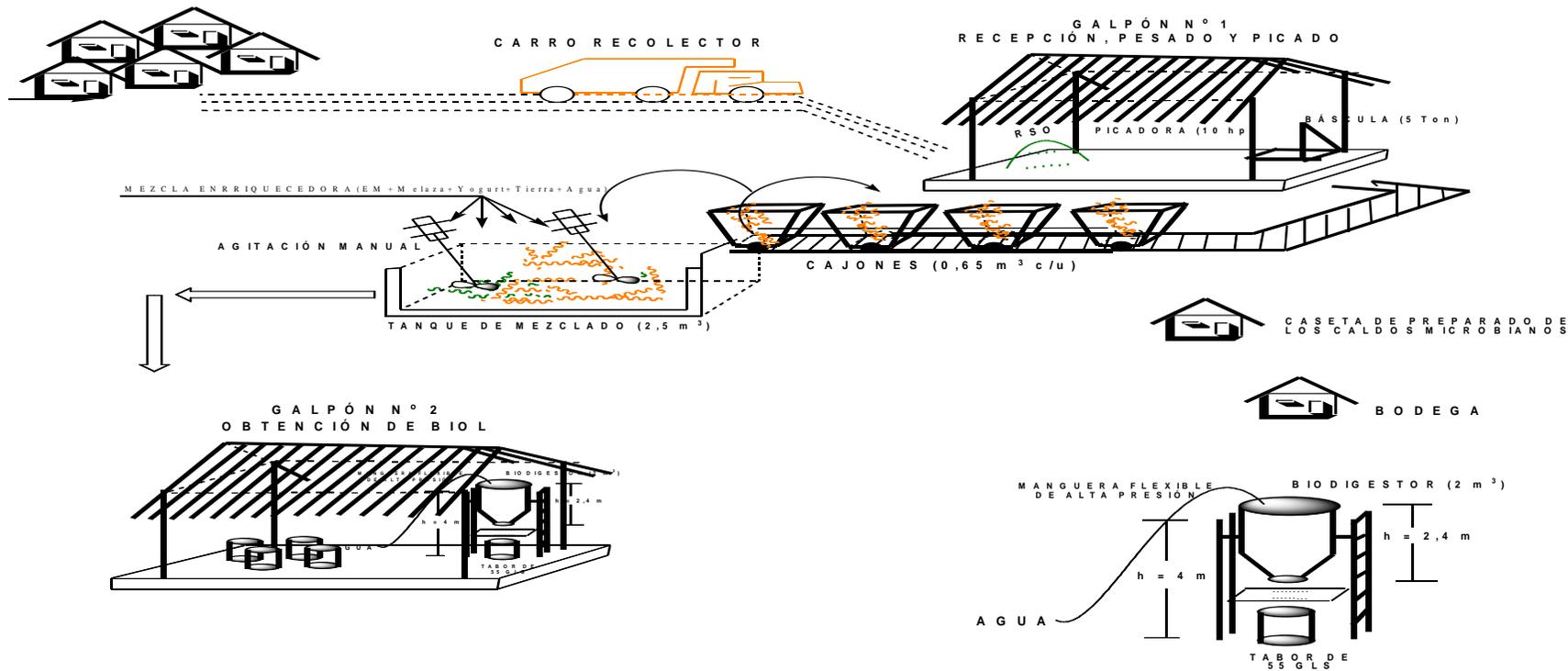
2010- 01 -12

A N E X O S

ANEXO XII

ESQUEMA DEL SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DE LOS RSO GENERADOS EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS

CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS



NOTAS

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- Certificado Por eliminar
- Aprobado Por aprobar
- Por calificar Para informacion

ESPOCH
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUIMICA

DARÍO PONTÓN SIGCHA

GRÁFICO DEL PROCESO DE
OBTENCIÓN DE BIOL

Lámina	Escala	Fecha
12		08/02/2010

ANEXO II

IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	Lámina	Escala	Fecha
			2		10/02/2010

ANEXO I

COMPONENTES BÁSICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
<i>VIDRIO</i>	2,15
<i>PAPEL-CARTON</i>	9,13
<i>LATA-METAL</i>	0,86
<i>MATERIAL ORGANICO</i>	75,91
<i>OTROS</i>	0,10

Fuente: Jat. Abril 2008. Datos aproximados, muestreo de investigación

RESIDUOS SÓLIDOS RECOLECTADOS EN LA JOYA DE LOS SACHAS

TIPO	CANTIDAD (Ton)	PORCENTAJE (%)
<i>ORGÁNICA</i>	3,5	30
<i>INORGÁNICA</i>	3.5	30
<i>MEZCLADA</i>	5	40
<u>TOTAL</u> =	<i>12</i>	<i>100</i>

Fuente: JAT. Abril 2008. Datos aproximados, muestreo de investigación

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	Lámina	Escala	Fecha
			1		10/02/2010

ANEXO III

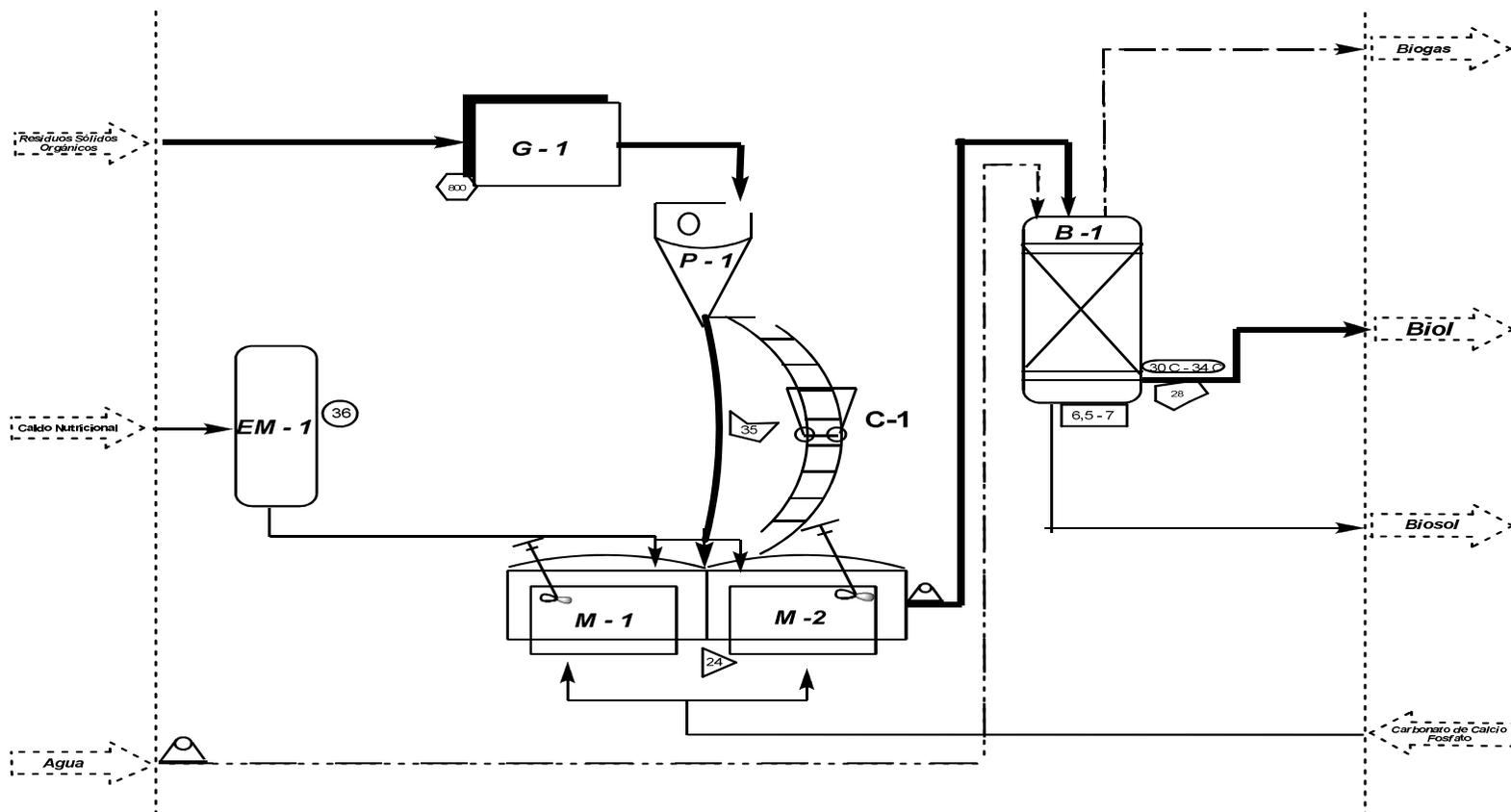
MANEJO INTERNO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	MANEJO INTERNO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
			Lámina	Escala	Fecha
			3		10/02/2010

ANEXO XI

Diagrama de Ingeniería de Flujo de obtención de Biol a partir de los Residuos Sólidos Orgánicos
G-1 GALPON DE RECEPCIÓN- BÁSCULA P-1 PICADO EM-1 CALDO NUTRICIONAL M-1 y M-2 TANQUES DE MEZCLADO 1 y 2
B-1 BIODIGESTOR C-1 CAJONES TRANSPORTADORES



NOTAS

- | | |
|--|---|
| = Temperatura del medio | = Tiempo de reposo en los tanques |
| = Tiempo de reposo | = Área de la galpón |
| = Acidez (pH) | = Distancia de recorrido de los baganos |
| = Tiempo de reposo del caldo nutritivo | |

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por eliminar |
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Por calificar | <input type="checkbox"/> Para informacion |

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE ING. QUIMICA

DARÍO PONTÓN SIGCHA

DIAGRAMA DE FLUJO DE ING. DE LA OBTENCIÓN DE BIOL

Lámina	Escala	Fecha
11		10/02/2010

ANEXO IV

PRODUCCIÓN DE BIOL MEDIANTE EL PROCESO DE COMPOST



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	PRODUCCIÓN DE BIOL A PARTIR DEL COMPOST		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		4		10/02/2010

ANEXO VI

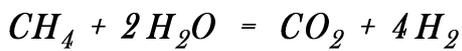
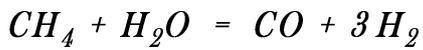
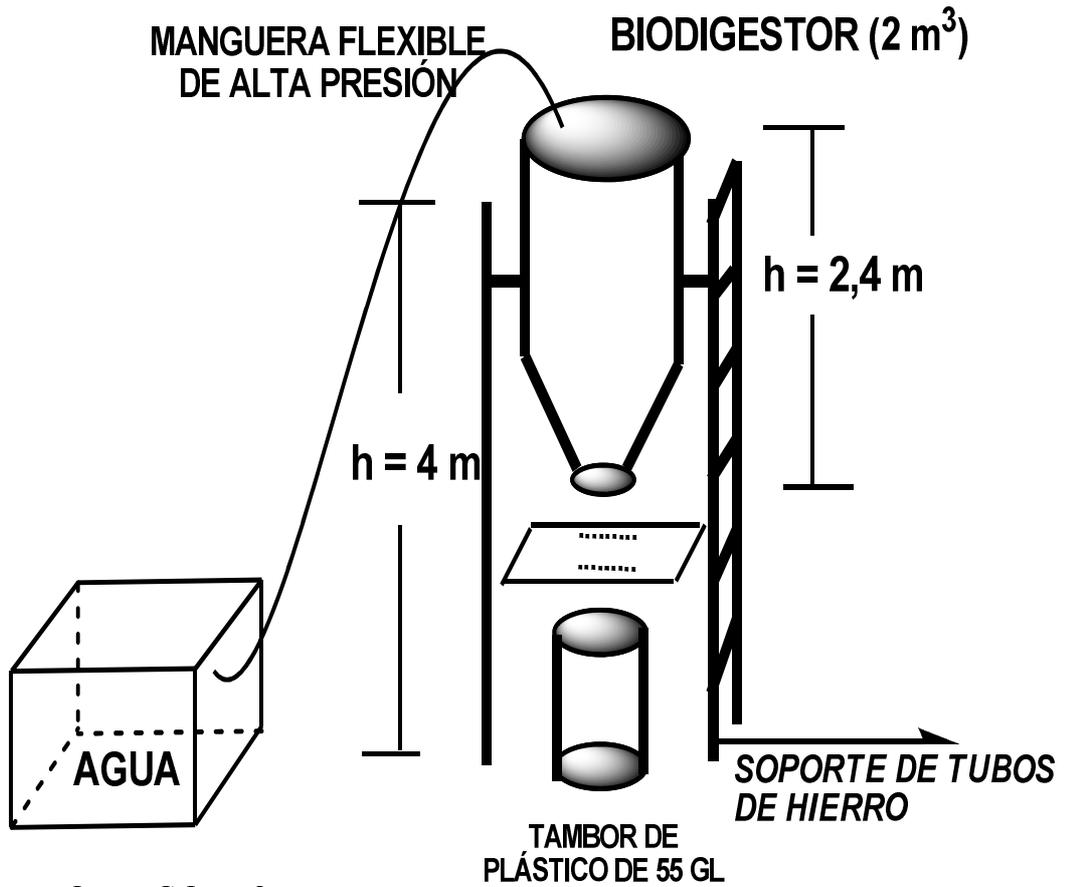
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOL EN LA PLANTA PILOTO (INVESTIGACIÓN)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	PLANTA PILOTO DE OBTENCIÓN DE BIOL		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		Lámina	Escala	Fecha
		DARÍO PONTÓN SIGCHA	6		10/02/2010

ANEXO V

GRÁFICO DEL BIODIGESTOR INDIVIDUAL A IMPLEMENTARSE EN EL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	GRÁFICO INDIVIDUAL DEL BIODIGESTOR		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		5		10/02/2010

ANEXO VII

GRÁFICO DE LOS DIFERENTES BIOLES EXPERIMENTADOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	GRÁFICO DE LOS DIFERENTES BIOLES		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	Lámina	Escala	Fecha
			7		10/02/2010

ANEXO XIII

GRÁFICO DE LA ELABORACIÓN DEL CALDO MICROBIANO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	GRÁFICO ELABORACIÓN CALDO MICROBIANO		
			Lámina	Escala	Fecha
			13		10/02/2010

ANEXO VIII

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
			Lámina	Escala	Fecha
	8		10/02/2010		

ANEXO IX

CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		Lámina	Escala	Fecha
		DARÍO PONTÓN SIGCHA	9		10/02/2010

ANEXO XIV

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS EN EL LAB. CESTTA

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	0148
ST:	10 – 0004 ANÁLISIS DE FERTILIZANTES
Nombre Peticionario:	Sr. Darío Pontón
Atn:	-
Dirección:	Av. Los Fundadores y Estefanía Crespo, Joya de los Sachas
FECHA:	10 de Febrero del 2010
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2010 / 02 / 02 – 17:32
FECHA DE MUESTREO:	2010 / 01 / 30 – 10:20
FECHA DE ANÁLISIS:	2010 / 02 / 02 – 20010 / 02 / 10
TIPO DE MUESTRA:	Biol
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-F 08-10
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	Z.1 R.S.O.: H2O
PUNTO DE MUESTREO:	N/A
ANÁLISIS SOLICITADO:	Macro y Micro Elementos, CT, CF
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Sr. Darío Pontón
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO / NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,10	-	-
*K asimilable	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción atómica	mg/Kg	3141,88	-	-
*P asimilable	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/Kg	130	-	-
*Ca asimilable	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción atómica	mg/Kg	173,94	-	-
*Mg asimilable	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción atómica	mg/Kg	361,69	-	-
*Zn asimilable	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción atómica	mg/Kg	4,29	-	-
*Fe asimilable	PEE /LAB-CESTTA/74 Absorción atómica	mg/Kg	70,75	-	-
*Cu asimilable	PEE /LAB-CESTTA/35 Absorción atómica	mg/Kg	0,32	-	-
*Mn asimilable	PEE /LAB-CESTTA/92 Absorción atómica	mg/Kg	5,62	-	-
*Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	1,83	--	--
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/140 EPA 3050 APHA9222D.9221	~UFC/10 g	<1	-	-
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/140 EPA 3050 APHA9222D.9221	UFC /10 g	<1	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Página 1 de 2

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	DARÍO PONTÓN SIGCHA	Lámina	Escala	Fecha
			14		10/02/2010

ANEXO X-a

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS SEIS BIOLES MUESTREADOS

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL NITRÓGENO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,090
2:1-RSO:H ₂ O	N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,10
3:1-RSO:H ₂ O	N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,12
2:1-H ₂ O:RSO	N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,05
2:1-H ₂ O:RSO	N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,05
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	N	PEE/LAB-CESTTA/22 Kjeldhal	%	0,90

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL POTASIO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	K	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica	mg/kg	3628,13
2:1-RSO:H ₂ O	K	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica	mg/kg	3141,88
3:1-RSO:H ₂ O	K	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica	mg/kg	1728,13
2:1-H ₂ O:RSO	K	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica	mg/kg	672,50
2:1-H ₂ O:RSO	K	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica	mg/kg	1571,50
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	K	PEE/LAB-CESTTA/22 Absorción Atómica	mg/kg	4645,00

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
			Lámina	Escala	Fecha
					10

ANEXO X-b

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS SEIS BIOLES MUESTREADOS

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL FÓSFORO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	P	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/kg	107
2:1-RSO:H ₂ O	P	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/kg	130
3:1-RSO:H ₂ O	P	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/kg	129
2:1-H ₂ O:RSO	P	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/kg	62
2:1-H ₂ O:RSO	P	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/kg	39
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	P	PEE/LAB-CESTTA/38 Espectrofotométrico	mg/kg	85

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL CALCIO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	Ca	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica	mg/kg	257,88
2:1-RSO:H ₂ O	Ca	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica	mg/kg	173,94
3:1-RSO:H ₂ O	Ca	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica	mg/kg	416,94
2:1-H ₂ O:RSO	Ca	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica	mg/kg	642,85
2:1-H ₂ O:RSO	Ca	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica	mg/kg	0,38
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Ca	PEE/LAB-CESTTA/36 Absorción Atómica	mg/kg	195,68

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		10		10/02/2010

ANEXO X-c

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS SEIS BIOLES MUESTREADOS

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL MAGNESIO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
<i>1:1-RSO:H₂O</i>	Mg	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	240,06
2:1-RSO:H₂O	Mg	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	361,69
<i>3:1-RSO:H₂O</i>	Mg	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	398,44
<i>2:1-H₂O:RSO</i>	Mg	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	101,31
<i>2:1-H₂O:RSO</i>	Mg	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	354,31
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Mg	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	108,06

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL ZINC

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
<i>1:1-RSO:H₂O</i>	Zn	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	3,02
2:1-RSO:H₂O	Zn	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	4,29
<i>3:1-RSO:H₂O</i>	Zn	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	5,17
<i>2:1-H₂O:RSO</i>	Zn	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	8,03
<i>2:1-H₂O:RSO</i>	Zn	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	1,23
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Zn	PEE/LAB-CESTTA/37 Absorción Atómica	mg/kg	1,71

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
			Lámina	Escala	Fecha
			<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	10	

ANEXO X-d

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS SEIS BIOLES MUESTREADOS

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL HIERRO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	Fe	PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica	mg/kg	86,21
2:1-RSO:H ₂ O	Fe	PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica	mg/kg	70,75
3:1-RSO:H ₂ O	Fe	PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica	mg/kg	78,40
2:1-H ₂ O:RSO	Fe	PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica	mg/kg	54,09
2:1-H ₂ O:RSO	Fe	PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica	mg/kg	62,08
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Fe	PEE/LAB-CESTTA/74 Absorción Atómica	mg/kg	87,33

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL COBRE

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	Cu	PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica	mg/kg	0,29
2:1-RSO:H ₂ O	Cu	PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica	mg/kg	0,32
3:1-RSO:H ₂ O	Cu	PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica	mg/kg	0,30
2:1-H ₂ O:RSO	Cu	PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica	mg/kg	0,14
2:1-H ₂ O:RSO	Cu	PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica	mg/kg	0,16
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Cu	PEE/LAB-CESTTA/35 Absorción Atómica	mg/kg	0,51

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		10		10/02/2010

ANEXO X-e

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS SEIS BIOLES MUESTREADOS

RESULTADOS ANALÍTICOS DEL MANGANESO

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	Mn	PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica	mg/kg	4,90
2:1-RSO:H ₂ O	Mn	PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica	mg/kg	5,62
3:1-RSO:H ₂ O	Mn	PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica	mg/kg	6,26
2:1-H ₂ O:RSO	Mn	PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica	mg/kg	3,66
2:1-H ₂ O:RSO	Mn	PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica	mg/kg	4,01
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Mn	PEE/LAB-CESTTA/92 Absorción Atómica	mg/kg	2,79

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

RESULTADOS ANALÍTICOS MATERIA ORGÁNICA

CÓDIGO MUESTRA	PARÁMETROS (asimilable)	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO
1:1-RSO:H ₂ O	Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	1,79
2:1-RSO:H ₂ O	Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	1,83
3:1-RSO:H ₂ O	Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	2,41
2:1-H ₂ O:RSO	Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	0,73
2:1-H ₂ O:RSO	Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	0,69
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	Materia Orgánica	PEE/LAB-CESTTA/81 Volumétrico	%	1,61

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		10		10/02/2010

ANEXO X-f

RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS SEIS BIOLES MUESTREADOS

RESULTADOS ANALÍTICOS COLIFORMES FECALES Y TOTALES

CÓDIGO MUESTRA	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	PARÁMETROS	RESULTADO Fecales	RESULTADO Totales
<i>1:1-RSO:H₂O</i>	PEE/LAB-CESTTA/81 EPA 3050 APHA9222D,9221	UFC/10g	Coliformes Fecales y Totales	<1	<1
<i>2:1-RSO:H₂O</i>	PEE/LAB-CESTTA/81 EPA 3050 APHA9222D,9221	UFC/10g	Coliformes Fecales y Totales	<1	<1
<i>3:1-RSO:H₂O</i>	PEE/LAB-CESTTA/81 EPA 3050 APHA9222D,9221	UFC/10g	Coliformes Fecales y Totales	<1	<1
<i>2:1-H₂O:RSO</i>	PEE/LAB-CESTTA/81 EPA 3050 APHA9222D,9221	UFC/10g	Coliformes Fecales y Totales	<1	<1
<i>2:1-H₂O:RSO</i>	PEE/LAB-CESTTA/81 EPA 3050 APHA9222D,9221	UFC/10g	Coliformes Fecales y Totales	<1	<1
<i>RESULTADO DEL COMPOST</i>	PEE/LAB-CESTTA/81 EPA 3050 APHA9222D,9221	UFC/10g	Coliformes Fecales y Totales	<1	200000

Fuente: Tesista - Lab CESTTA

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA	Lámina	Escala	Fecha
		DARÍO PONTÓN SIGCHA	10		10/02/2010

ANEXO XV

COMPARACIÓN DEL BIOL EXPERIMENTADO vs BIOLES DE EXCRETAS DE ANIMALES Y ABONOS QUÍMICOS TRADICIONALES

BIOL 1:2 (AGUA:RSO) VS BIOL DE EXCRETAS DE ANIMALES

PARÁMETROS	UNIDAD	BIOL 1:2 (AGUA:RSO)	EXCRETAS DE ANIMALES
N	%	0,10	0,15
K	mg/kg	3141,88	140
P	mg/kg	130	137,6
Ca	mg/kg	173,94	105
Mg	mg/kg	361,69	100
Zn	mg/kg	4,29	--
Fe	mg/kg	70,75	--
Mn	mg/kg	5,62	--
Materia Orgánica	%	1,83	3,55
Coliformes Totales	UFC/10g	<1	--
Coliformes Fecales	UFC/10g	<1	--
pH	--	6,8	7,10

Fuente: Noyola, A., "Escalado de biorreactores anaeróbicos", Conferencia, Inst. de Ing., UNAM, México

COMPARACIÓN DE LOS MACRO MACRONUTRIENTES DEL BIOL Y LOS ABONOS QUÍMICOS TRADICIONALES

BIOL 2:1 – RSO:H ₂ O			FERTILIZANTES EQUIVALENTES		
N	P	K	N	P	K
FERTILIZANTE ORGÁNICO			UREA	S.S.	KCl
0,10	130	3141,88	46	87,25	3026

Fuente: Viabilidad Técnico-económica de productos fertilizantes químicos tradicionales

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA DARÍO PONTÓN SIGCHA	RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LAB. CESTTA		
			Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para informacion		15		10/02/2010

