



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

Sede Santo Domingo

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y SISTEMAS DE GESTIÓN**

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**BIODEGRADACIÓN MICROBIOLÓGICA Y ENTOMOLÓGICA (*Eisenia. foétida*)  
DE SUSTRATOS SÓLIDOS EMPLEANDO AGUAS RESIDUALES.**

**Estudiante:**

LIDIA LISSETTE VÁSQUEZ VIVAR

**Directora de Tesis:**

LIC. TANIA GUZMÁN

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Noviembre, 2014

**BIODEGRADACIÓN MICROBIOLÓGICA Y ENTOMOLÓGICA (*Eisenia foétida*) DE SUSTRATOS SÓLIDOS EMPLEANDO AGUAS RESIDUALES.**

Lic. Tania Guzmán

**DIRECTORA DE TESIS**

---

**APROBADO**

Ing. Daniel Anzules

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Elizabeth Tacuri

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Dr. Javier Caisaguano

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo,.....de ..... 2014.

**Autor: LIDIA LISSETTE VÁSQUEZ VIVAR**  
**Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.**  
**Título de Tesis: BIODEGRADACIÓN MICROBIOLÓGICA Y ENTOMOLÓGICA (*Eisenia. foétida*) DE SUSTRATOS SÓLIDOS EMPLEANDO AGUAS RESIDUALES.**  
**Fecha: NOVIEMBRE, 2014**

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad de la autora.

---

**Lidia Lissette Vásquez Vivar**

**C.I. 1715859318**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

**INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS**

Santo Domingo, .....de .....del 2014.

Ing. Daniel Anzúles

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Estimado Ingeniero

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por la señorita: **LIDIA LISSETTE VÁSQUEZ VIVAR**, cuyo tema es: **BIODEGRADACIÓN MICROBIOLÓGICA Y ENTOMOLÓGICA (*Eisenia. foétida*) DE SUSTRATOS SÓLIDOS EMPLEANDO AGUAS RESIDUALES**; ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
Lic. Tania Guzmán

**DIRECTORA DE TESIS**

## *Dedicatoria*

*El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios por darme la vida y la oportunidad de cumplir esta meta tan importante, agradecida por guiarme y darme la fortaleza necesaria para encaminar ésta investigación gracias por cada bendición recibida.*

*Seguidamente dedico este logro, a una mujer maravillosa, al pilar fundamental, mi Madre, Narcisa Vivar quien ha sido desde el principio de mi vida, la fortaleza para ser lo que soy y estar donde estoy , por su esfuerzo y sacrificio para brindarme el apoyo incondicional, amor, comprensión y la confianza en cada momento de mi vida, a pesar de la distancia que nos separa, Tú madre querida estuviste presente en cada logro, en cada batalla y en cada derrota , gracias por ser mi madre y ayudarme a salir adelante. Con cariño éste logro es por tí; tu hija Lissyta.*

*Lidia Lissette Vásquez Vivar*

## *Agradecimientos*

*Un agradecimiento especial para mi esposo Jonathan Gomez, que gracias a su bondad su apoyo y comprensión me inspiró a mejorar como madre y como esposa. Te agradezco por ser parte de mi vida y por todas las cosas buenas que he aprendido de ti. Gracias Dios por haberlo puesto en mi camino.*

*Agradezco a mi abuelito que como un padre siempre te he visto, gracias a su sabiduría que influyeron en mí la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, te doy gracias por todo tu amor, apoyo, protección y compañía, gracias Papi José.*

*Gracias a Lucciola Vivar; Edwin Vásquez; Angel Rodriguez, Patricia Castillo, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con cariño y amor para ustedes que hicieron todo en la vida para que yo pudiera realizar este logro, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>TEMA</b>	<b>PAG.</b>
Portada.....	i
Sustentación y Aprobación de los Integrantes del Tribunal.....	ii
Responsabilidad del Autor.....	iii
Informe del Director de Tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice .....	vii
Resumen Ejecutivo.....	xiii
Executive Summary.....	xiv

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.3	Alcance.....	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Hipótesis.....	3

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	Antecedentes.....	4
2.1.1	Degradación de celulosa.....	5
2.2.	Fundamentos teóricos.....	5
2.2.1.	¿Cómo se resuelve la problemática?.....	5
2.2.2.	Concepto de sustrato .....	6
2.2.3	Tipos de sustratos.....	6
2.2.4	Materiales orgánicos.....	6
2.2.5	Materiales inorgánicos o minerales.....	7
2.2.6.	Procesos de obtención y producción de los diferentes grupos de sustratos orgánicos.....	7
2.2.6.1.	Subproductos agroindustriales.....	8
2.2.6.1.1	Casacarilla de arroz.....	8
2.2.6.2.	Subproductos de la explotación forestal.....	9
2.2.6.3	Raquis de palma africana.....	10
2.2.7.	Lombricompostaje.....	11
2.2.7.1.	Propiedades generales.....	11
2.2.7.2.	La falta de estabilidad biológica.....	11
2.2.8.	Conclusiones generales de los sustratos orgánicos.....	12
2.2.9.	Propiedades biológicas de sustratos.....	12
2.2.10.	Características del sistema Tohá.....	13
2.2.11.	Parámetros de diseño.....	15
2.2.12.	Descripción del sistema de biodegradación.....	15
2.2.13.	Descripción de las capas del sistema de biodegradación.....	16



## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	Sitio del estudio.....	17
3.2.	Diseño experimental.....	17
3.2.1.	Unidad experimental .....	17
3.2.2.	Tratamientos .....	17
3.2.3.	Programa y modelo estadístico .....	18
3.3.	Manejo del experimento.....	19
3.3.1.	Construcción del sistema.....	19
3.3.2.	Medición de variables .....	20
3.3.2.1.	Análisis Microbiológicos.....	20
3.3.2.2.	Análisis de Azúcares reductores.....	20
3.3.2.3.	Análisis de Nitrógeno.....	20
3.3.2.4.	Análisis de fósforo.....	20
3.3.2.5.	Análisis de potasio.....	20

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Azúcares reductores.....	21
4.2.	Fósforo.....	24
4.3.	Nitrógeno.....	27
4.4.	Potasio.....	30
4.5.	Coliformes fecales.....	33
4.6.	Coliformes totales .....	36
4.7.	Conteo total.....	39
4.8.	Hongos .....	42

4.9.	Eisenia foétida.....	45
------	----------------------	----

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	47
5.2.	Recomendaciones.....	48
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>49</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>54</b>

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Factores y niveles en estudio.....	17
Tabla 2.	Diseño de experimento de superficie respuesta D-óptimo .....	18
Tabla 3.	Ecuación de modelo y variable experimental para azúcares reductores.....	21
Tabla 4.	Ecuación de modelo y variable experimental para fósforo.....	24
Tabla 5.	Ecuación de modelo y variable experimental para nitrógeno.....	27
Tabla 6.	Ecuación de modelo y variable experimental para potasio.....	30
Tabla 7.	Ecuación de modelo y variable experimental para coliformes fecales.....	33
Tabla 8.	Ecuación de modelo y variable experimental para coliformes totales.....	36
Tabla 9.	Ecuación de modelo y variable experimental para conteo total.....	39
Tabla 10.	Ecuación de modelo y variable experimental para hongos y levaduras.....	42

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diseño de componentes del sistema de biodegradación.....	19
Figura 2.	Porcentaje de azúcares reductores en 5 g de muestra para los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.....	22
Figura 3.	Porcentaje de fósforo en 5 gr de muestra en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.....	25

Figura 4.	Porcentaje de nitrógeno en 5 gr de muestra, en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.....	28
Figura 5.	Porcentaje de potasio en 5gr de muestra, en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.....	31
Figura 6.	Contenido de coliformes fecales en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.....	34
Figura 7.	Contenido de coliformes totales en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.....	37
Figura 8.	Contenido de conteo total en los diferentes sustratos, variando tiempo y Temperatura.....	40
Figura 9.	Contenido de hongos en los diferentes sustratos, variando tiempo y Temperatura.....	43
Figura 10.	Valores del peso en kg de <i>Eisenia foétida</i> al final de la biodegradación..	45

## INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1	Método petrifilm para análisis microbiológico
Anexo N° 2	Método para determinar azúcares reductores
Anexo N° 3	Método para determinar fósforo total
Anexo N° 4	Determinación de fósforo
Anexo N° 5	Determinación de potasio
Anexo N° 6	Diagrama de flujo cualitativo para la biodegradación del sustrato sólido “raquis de palma”.
Anexo N° 7	Diagrama de flujo cuantitativo para la biodegradación del sustrato sólido “raquis de palma”.
Anexo N° 8	Balance masa a nivel de laboratorio para la biodegradación del sustrato sólido “raquis”.
Anexo N° 9	Diseño del bio reactor utilizado a nivel de planta piloto para biodegradación de sustrato sólido (Raquis de palma africana).
Anexo N° 10	Reporte análisis N,P,K de raquis a 25°C a los 50 días de biodegradación
Anexo N° 11	Reporte análisis N,P,K de raquis a 30°C a los 50 días de biodegradación
Anexo N° 12	Reporte análisis N,P,K de raquis a 35°C a los 50 días de biodegradación

- Anexo N° 13 Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 35°C a los 50 días de biodegradación
- Anexo N° 14 Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 30°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 15 Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 30°C a los 50 días de biodegradación
- Anexo N° 16 Reporte análisis N,P,K de viruta a 35°C a los 50 días de biodegradación
- Anexo N° 17 Reporte análisis N,P,K de viruta a 30°C a los 50 días de biodegradación
- Anexo N° 18 Reporte análisis N,P,K de viruta a 25°C a los 50 días de biodegradación
- Anexo N° 19 Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 25°C a los 75 días de biodegradación
- Anexo N° 20 Reporte análisis N,P,K de viruta a 35°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 21 Reporte análisis N,P,K de viruta a 25°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 22 Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 30°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 23 Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 25°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 24 Reporte análisis N,P,K de raquis a 35°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 25 Reporte análisis N,P,K de raquis a 25°C a los 100 días de biodegradación
- Anexo N° 26 Reporte análisis microbiológicos
- Anexo N° 27 Fotografías del sistema de biodegradación de los sustratos

## RESUMEN

**Palabras claves:** Sustratos sólidos, biodegradación.

La presente investigación, tiene como objetivo biodegradar tres diferentes sustratos procedentes de desechos de las industrias de la zona como son: raquis de palma africana que se lo obtiene después del proceso de extracción de aceite rojo, por otro lado tenemos a la cascarilla de arroz y por último la viruta de madera; En éste sistema conformado por lombrifiltros a diferentes temperaturas (25°C, 30°C y 35°C) en el que se utilizó lombrices (*Eisenia foétida*), piedra bola, ripio; ingresa agua residual pasando por cada capa, filtrando y quedándose la materia orgánica en el sustrato para ser parte de la alimentación de las lombrices y conjuntamente con los microorganismos biodegradar los sustratos. Éste proceso tubo una duración de 100 días, durante los cuales se realizó dos tomas de muestras para los respectivos análisis microbiológicos. La biodegradación al final del experimento, fue diferente para cada uno de los sustratos utilizados, siendo el raquis a 25°C el que presentó mayor degradación y menor contenido de carga microbiana en el efluente saliente.

## EXECUTIVE SUMMARY

**Key words:** solid substrates, biodegradation.

This research has the objective of degrading three different substrates which are waste from industries in the area such as: palm rachis that is only obtained after the process of red oil extraction, on the other hand we have rice husks and wood chips last.

This system is gotten by worm-filters at different temperatures (25, 30 and 35) in which worms were used (*Eisenia foétida*), stone balls, gravel; wastewater enters through each layer, filtering and remaining organic matter in the soil to be part of the diet of earthworms and microorganisms to biodegrade the substrates.

This process lasted 100 days, during which two samples were performed for the respective microbiological analysis. Biodegradation at the end of the experiment was different for each of the substrates used, with the spine at 25 ° C the highest estimated degradation and reduced bioburden content in the outgoing effluent.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias” (Mara, 2006,15).

Las aguas residuales contienen materia orgánica como inorgánica, y los microorganismos desempeñan un papel especialmente importante eliminando los compuestos orgánicos. Un proceso biológico de depuración de aguas residuales es un sistema en el cual se mantiene un cultivo de microorganismos (biomasa) que se alimenta de las impurezas del agua residual (sustrato o alimento).

“Estas impurezas son la materia orgánica biodegradable, el amonio, el nitrato, el fosfato y otros contaminantes a menor concentración. Los microorganismos producen también productos de desecho que dependen de las especies consideradas y las condiciones ambientales” (Escalas, 2006).

Según Mena y Tapia (2004), en la actualidad pocos son los temas relacionados con la biodegradación de sustratos que se generan como desechos orgánicos en las áreas de procesos agroindustriales de la zona como son las extractoras de aceite rojo, píladoras de arroz y aserríos, por tal motivo se define a este tema de investigación como un proyecto sustentable del medio ambiente. Unido a la persistente preocupación por la conservación del suelo y la calidad del agua se están convirtiendo en temas de interés nacional relacionados con la agricultura y el medio ambiente.

“Por otro lado, como otros abonos orgánicos, son considerados mejoradores de las propiedades físicas de los suelos, lo cual se hace evidente cuando se usan como enmienda

en suelos degradados. La degradación del suelo se vincula con la pérdida de la estabilidad estructural, sellado, a lo cual se une la reducción de la actividad biológica y procesos de degradación química, disminución del contenido de materia orgánica y agotamiento de nutrientes. (Metcalf & Eddy, 2005).

## **1.2 Justificación**

La búsqueda de un destino para los desechos orgánicos de las industrias, representa hoy un importante desafío ecológico a nivel mundial.

Al utilizar desechos orgánicos como sustratos y biodegradarlos con el aprovechamiento del efluente doméstico para darle un uso racional a sus residuos cloacales y por acción de los microorganismos sobre la materia orgánica puede obtenerse un abono o acondicionador del suelo para aportar nutrientes a los cultivos.

La aplicación de estos productos a los suelos es considerada normalmente una alternativa aceptable dando una valorización agrícola del producto a ser obtenido o más precisamente de las aplicaciones y aceptación por parte del mercado de ese producto.

## **1.3 Alcance**

En esta investigación se aplicó un debido procedimiento de biodegradación de sustratos sólidos transformándolos en abono orgánico, se realizó análisis microbiológicos del efluente y análisis minerales del producto.



## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Analizar la biodegradación microbiológica y entomológica de sustratos sólidos (raquis de palma africana, cascarilla de arroz, viruta de madera) para ser empleados como abono orgánico.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar e instalar el sistema de biodegradación estableciendo diferentes temperaturas.
- Caracterizar microbiológicamente el agua residual que va a ingresar en el sistema de biodegradación.
- Determinar las características de la descarga de las diferentes combinaciones del filtro biológico.
- Determinar los elementos principales del producto sólido resultante de la biodegradación.
- Determinar el % de azúcares reductores de los sustratos líquidos( raquis de palma africana, cascarilla de arroz, viruta de madera).
- Diseñar el bioreactor.

## 1.5 Hipótesis

**Ho:** En la biodegradación de sustratos sólidos( raquis de palma africana, cascarilla de arroz, viruta de madera) no están influenciando las diferentes temperaturas aplicadas en su transformación.

**Ha:** En la biodegradación de sustratos sólidos( raquis de palma africana, cascarilla de arroz, viruta de madera) están influenciando las diferentes temperaturas aplicadas en su transformación.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes

“La lombriz es conocida desde tiempos inmemoriales como el animal ecológico por definición. Transforma todos los residuos de la sociedad humana convirtiéndolo en un humus de óptima calidad, que devuelve al suelo, revitalizándolo; además, es muy útil y conocido el empleo de su carne”. (Vargas, H. A., 2012, p. 45).

Si bien es cierto este tipo de lombriz se alimenta de desechos orgánicos, no es el único agente que tiene tal misión. Para el proceso biológico involucrado en la filtración de agua servida a través de un lecho con lombrices, los microorganismos presentes en el sustrato permiten, en más de un 50% la degradación de la materia orgánica, siendo la lombriz muy útil en la aireación, remoción y porosidad del medio, con su movimiento incansable. De esta forma se logra un sistema de degradación de materia orgánica y purificación de aguas servidas autosustentable, al no exigir la entrega de energía externa para su operación. (Satchell, J.E., 2009),

Levin, (2008). Nos dice que la producción de grandes cantidades de materiales lignocelulósicos en la naturaleza es explotada en industrias de diversos tipos tales como las del papel, la madera y la agricultura, entre otras. Los residuos lignocelulósicos de dichas industrias (residuos urbanos sólidos, aguas de desechos de las industrias de papel y la madera, residuos agrícolas como el bagazo de la caña de azúcar, rastrojos de cereales, estiércol, turba y otros) podrían transformarse en productos utilizables tales como proteína fúngica y forraje para el ganado, combustibles líquidos, ácidos orgánicos, glucosa, alcoholes, etc. Una de las posibles es por bioconversión.

### **2.1.1. Degradación de celulosa**

La celulosa es el componente básico de los vegetales y su producción supera a la de los demás productos naturales, poseyendo los restos vegetales un 40 a 70% de este componente. Este elevado contenido de celulosa subraya la importancia de los degradadores de celulosa en la mineralización y el ciclo del carbono.

En los suelos bien aireados la celulosa es degradada y utilizada por microorganismos aerobios (hongos, mixobacterias y eubacterias), mientras que en condiciones anaerobias, por lo es por clostridios. La celulosa, al igual que otros compuestos de alto peso molecular, no puede ser tomada directamente por la célula, sino que tiene que ser hidrolizada fuera de la célula por despolimerasas que son segregadas en forma de exoenzimas. En muchos microorganismos celulíticos se puede comprobar la existencia de celulasas que degradan la celulosa hasta glucosa o hasta el disacárido celobiosa.

En condiciones aerobias los hongos participan de forma esencial en la degradación de la celulosa. Resultan superiores a las bacterias especialmente en suelos ácidos y en la degradación de la celulosa incrustada con lignina. (Shegel, 2008).

## **2.2.Fundamentos teóricos**

Al existir una elevada producción de residuos y subproductos se pretende facilitar la gestión y uso de los residuos orgánicos procedentes de distintas actividades, reduciendo su peso y volumen, a la vez que los estabiliza y genera un producto útil.

### **2.2.1. ¿Cómo se resuelve la problemática?**

Dando una solución a una problemática ambiental a través de:

Compostaje, Lombricompostaje y Biodigestores generadores de energía { gas }.

Lo cual da origen a la producción y utilización como Sustratos de crecimiento en sistemas intensivos de producción agrícola.

Dando un uso más frecuente a los Sustratos en Agricultura protegida cuando:

1. De origen, no se tiene un suelo adecuado.
2. Además se dan malos manejos lo que lleva a:
  - a) Alteración de las propiedades físicas.
  - b) Contaminación química y biológica (salinización, infestación con nematodos y organismos patógenos como hongos o bacterias).

### **2.2.2. Concepto de sustrato**

Se entiende por sustrato al material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical, que desempeña así un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Noguera y Abad,2007).

### **2.2.3. Tipos de sustratos.**

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

- **Según sus propiedades.**
- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.
- **Según el origen de los materiales.**

#### 2.2.4. Materiales orgánicos.

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

#### 2.2.5. Materiales inorgánicos o minerales.

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.). (Terres, Artetxe, Beunza, 2009).

#### 2.2.6. Procesos de obtencion y produccion de los diferentes grupos de sustratos orgánicos

Los de **origen natural**: son los que provienen de un yacimiento o de un ecosistema y están sujetos a descomposición biológica y en general pueden ser utilizados como sustratos, después de sufrir una serie de procesos biológicos naturales.

### **2.2.6.1. Subproductos agroindustriales**

Este grupo comprende numerosos residuos o subproductos de actividades agrícolas, entre los cuales son de importancia materiales como:

- Fibra de coco
- Cascarilla de arroz
- Bagazo de caña de azúcar
- Paja de cereales

#### **2.2.6.1.1. Cascarilla de arroz**

##### **Características y usos**

- Puede ser usada como sustrato directamente o después de sufrir un proceso de compostaje.
- Es un material rico en K y P, pero pobre en N. Además posee grandes cantidades de Mn y B, es una fuente importante de Si.
- Material ligero (90-220kgm<sup>-3</sup>), porosidad, permeabilidad y aireación elevadas, Ph neutro, CE y CIC bajas.
- Puede presentar toxicidad de manganeso y boro en las plantas.

##### **Ventajas**

- Uniforme en calidad
- Resistencia media a alta a la descomposición (potencial de reutilización)
- Puede ser usada sola o en mezclas

## Desventajas

- Puede ocasionar inmovilización de nitrógeno
  - Poca agua fácilmente disponible {en mezcla de sustratos no debe superar el 50% }
- (Valverde, A., 2006)

### 2.2.6.2. Subproductos de la explotación forestal

Comprenden los materiales derivados de la limpieza de bosques y subproductos de algunas explotaciones, como la maderera o la de fabricación de papel, dentro de los que se encuentra al aserrín, virutas y corteza de pinos.

## Características y usos

- Son partículas finas (aserrín<6mm), medias o gruesa (virutas>6mm) de madera, que se obtienen de la industria forestal durante el aserrío y trabajo de la madera.
- La calidad del aserrín depende del tipo de madera y de los aditivos (conservadores) que hayan sido o no añadidos.
- Se pueden encontrar hemicelulosa, azúcares, almidones, lignina, aminoácidos, sales inorgánicas, grasas, ceras, resinas, taninos, terpenos, flavonoides, materiales colorantes, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, aldehídos, fenoles y quinonas.
- El aserrín y las virutas se descomponen muy lentamente debido al elevado contenido de ligninas y compuestos lignocelulósicos, lo cual permite su reutilización.
- Tiene una porosidad y aireación altos, poca agua fácilmente disponible.

## Ventajas

- Barato y fácil de conseguir en las zonas de industrias forestales.
- Buena aireación y tiene un efecto supresor en el desarrollo de microorganismos patógenos (*Fusarium*, *Streptomyces*, *Rizoctoniay Phytium*).

## **Desventajas**

- Resistente a la descomposición, altas relación carbono nitrógeno y tasa altas de inmovilización nitrógeno.
- Fitotoxicidad por efecto de resinas, taninos o turpentina(eliminadas por compostaje)
- Con la pasteurización se forman cantidades tóxicas de amonio.
- Baja retención de agua y baja capilaridad (mayor desarrollo vertical que lateral de raíces, por lo que la exploración de las partes centrales del sustrato son mínimas).

### **2.2.6.3 Raquis de palma africana**

Según Mena y Tapia (2004).La fabrica de procesamiento de aceite rojo de palma africana tiene como residuo sólido el raquis, se lo utiliza como compost por los agricultores para favorecer los procesos de fertilización, crecimiento de micro fauna y microflora. La composición química de raquis en porcentaje de N, P, K es la siguiente:

N= 0.32% fresco y 0.80% seco; P = 0.09% fresco y 0.22% seco; K= 1.26% fresco y 2.9% seco.

#### **Mejorador del suelo:**

- Mejora propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Retención de humedad.
- Reduce el lavado de nutrientes-lixiviación.
- Mejora la densidad aparente y la estructura del suelo.
- Conserva la temperatura del suelo.
- Microorganismos descomponedores.



### **2.2.7. Lombricompostaje**

“El lombricompostaje puede definirse como la cría masiva, sistemática y controlada de lombrices compostadoras. Es una técnica que involucra varios procesos biológicos, que aceleran la transformación y mineralización de un residuo orgánico en descomposición y lo convierte en abono para las plantas” (Capistran, Aranda, Romero, 1999).

#### **2.2.7.1. Propiedades generales**

La estabilidad biológica está relacionada con la resistencia a la biodegradación de los materiales orgánicos, que pueden entrar de nuevo en la composición del sustrato al formar parte de una mezcla.

El origen de la falta de bioestabilidad de los materiales orgánicos hay que buscarlo en la misma naturaleza del material. Y dependiendo de la mineralización de las cadenas carbonadas que forman a la materia orgánica, la cual puede perderse durante el cultivo.

#### **2.2.7.2. La falta de estabilidad biológica**

Compactación por pérdida de volumen y disminución de la porosidad total, agravada por los elementos nuevamente formados finos y coloidales. La disminución del contenido en aire y el aumento del contenido en agua a 1kilo Pascal.

La alteración en las dimensiones de las partículas, en cortezas de pino llegan a ser más gruesas después de ocho meses en ausencia de plantas cultivadas. El aumento de la salinidad por la producción de elementos minerales por mineralización con un riego de exceso.

La modificación de la composición de la fase gaseosa con un aumento del contenido en CO<sub>2</sub> y una disminución del contenido en O<sub>2</sub> como consecuencia de la actividad de la actividad de los microorganismos que compiten con la de las raíces.

El aumento del pH agua y de la combinación de intercambio catiónico. La síntesis de materiales orgánicos nuevos (ácidos húmicos. Ácidos orgánicos alifáticos y aromáticos, etc.), que pueden tener efectos fitotóxicos y/o de estimulación sobre el crecimiento de las plantas.

### **2.2.8. Conclusiones generales de los sustratos orgánicos**

Los residuos orgánicos difícilmente se pueden aplicar directamente como sustratos. En la mayoría de casos necesitan ser tratados para estabilizar su materia orgánica, higienizarlos y/o eliminar problemas de fitotoxicidad. Muchas veces, aunque la mayoría de los materiales orgánicos se pueden compostar, no se aplica el proceso adecuado, o no se usan los materiales convenientes para el producto que se pretende obtener. También frecuentemente, cuando una técnica de compostaje o un tratamiento realizado durante un cierto tiempo funciona, se decide cambiar de escala de trabajo sin tomar precauciones ni variar los controles, provocando una disminución de la calidad del producto. En el caso concreto de los requerimientos de calidad de los materiales utilizados para preparar sustratos debe considerarse:

- Aspecto y olor aceptables.
- Higienización correcta y bajo nivel de impurezas y contaminantes.
- Características físicas y físico-químicas adecuadas para su uso como sustrato (sólo o en mezclas).
- Y una cierta constancia de características (homogeneización entre lote y lote).

### **2.2.9. Propiedades biológicas de sustratos**

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. La actividad biológica está

restringida a los sustratos orgánicos y se eliminarán aquellos cuyo proceso degradativo sea demasiado rápido.

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

- **Velocidad de descomposición.**

“La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición”. (Mogollon, 2004, p. 48)

- **Efectos de los productos de descomposición.**

“Varios de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción”. (Mogollon, 2002, p.56)

- **Actividad reguladora del crecimiento.**

“Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo”. (Llurba, 2007, p. 28).

### **2.2.10. Características del sistema tohá.**

Se puede decir que el lombrifiltro, corresponde a una adaptación del sistema tradicional de lombricultura, definido como el conjunto de operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento de residuos orgánicos por medio de éstas, para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. La que encuentra su aplicación en generación de: humus de lombriz, alimentos para mascotas y/o animales, avicultura, piscicultura.

Como Quezada (2001). Nos dice que a diferencia de los sistemas tradicionales de lombricultura, en el lombrifiltro, el sustrato es proporcionado a través de la presencia de éste en las aguas residuales domésticas que percolan a través de un medio filtrante, donde se encuentran las lombrices en gran cantidad. El lombrifiltro está compuesto,

fundamentalmente, por 3 capas y lombrices del tipo *Eisenia Foetida*. Esto es, una base filtrante de bolones, sobre la cual se agrega una capa de ripio o grava. La parte superior se cubre con aserrín o viruta de madera de ulmo o tepe (principalmente) sobre el cual se mantiene un alto número de lombrices.

Según A.V.F. Ingeniería Ambiental(2003). Nos describe que la materia orgánica que queda retenida en el medio filtrante es removida por una población de microorganismos y las lombrices adheridas al medio, los que se encargan de degradar la materia orgánica que utilizan como fuente de alimento, energía para sus procesos metabólicos y una fracción que pasa a formar parte de su masa corporal. Las lombrices luego de digerir la materia orgánica producen a través de sus deyecciones el denominado humus de lombriz, que cada cierto tiempo puede extraerse y ser utilizado como abono orgánico para el suelo. No produce lodos inestables al degradarse la totalidad de sólidos orgánicos del agua residual , en su lugar se obtiene humus.

“El tratamiento biológico que se realiza en el lombrifiltro tiene el carácter de tratamiento de tipo aeróbico, dado que la acción de la *Eisenia Foetida* ayuda a mantener la permeabilidad del lecho impidiendo la colmatación de éste, debido a que las lombrices consumen el material orgánico retenido en el filtro integrándolo al suelo en forma de humus, cuya estructura granular de éste (humus) al ir produciéndose aumenta en forma progresiva la porosidad del medio filtrante y facilitando la oxigenación, producto de las constantes excavaciones que realiza en el terreno, en forma de túneles y canales, a través de los movimientos migratorios de ésta” (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2003, p. 70).

Otra característica importante es el alto índice de absorción del lombrifiltro, debido entre otros, a los movimientos migratorios de la lombriz lo que se traduce en una carrera rápida del filtro conllevando a la no producción de olores desagradables y consecuentemente evitando la proliferación de vectores como moscas y otros.

Según A.V.F. Ingeniería Ambiental(2003), indica que, el agua residual de 5 personas requiere solo 1 m<sup>2</sup> de biofiltro para su tratamiento. Posee bajos costos de inversión en obras civiles.

No obstante, por el hecho de ser un tratamiento biológico debe destacarse que su principal desventaja, común en la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, es su sensibilidad a variaciones bruscas de carga orgánica y parámetros químicos de agua residual. Las variaciones bruscas de carga orgánica no constituyen un peligro al sistema a excepción de las variaciones bruscas de parámetros químicos o la descarga clandestina de sustancias tóxicas, que debe ser evitado con adecuadas normas en los sectores industriales.

#### **2.2.11. Parámetros de diseño**

El diseño del lombrifiltro se basa en la realización de un balance de masas que considera: el número de lombrices que puede cohabitar por unidad de área, cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2003).

#### **2.2.12. Descripción del sistema de biodegradación**

Esto es, el agua residual es regada a través de un sistema de aspersión o un dosificador de flujo, sobre un lecho compuesto por distintos estratos, conteniendo en su parte superior un alto número de lombrices. El afluente percola a través de los distintos estratos del filtro, quedando retenida la materia orgánica en las capas superiores del mismo, para luego ser consumida por las lombrices y la flora bacteriana asociada (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2003).

“La materia orgánica del agua es consumida por las lombrices, oxidándola a anhídrido carbónico y agua, pasando una parte menor de ella a constituir masa corporal de las lombrices y otra mayor en deyecciones de las mismas, lo que constituye el humus de lombriz” (Quezada, 2001, p. 56).

Los microorganismos presentes en el agua residual son reducidos en dos órdenes de magnitudes debido a sustancias que son generadas por las lombrices y los demás microorganismos consumidores de materia orgánica que viven junto con las lombrices.

### 2.2.13. Descripción de las capas del sistema de biodegradación

Según A.V.F. Ingeniería Ambiental (2003). Describe el sistema de la siguiente manera:

- El medio filtrante será una capa de humus de espesor teórico 2 cm. de profundidad, en el cual habitan en mancomunidad microorganismos y lombrices de la especie *Eizenia Foetida*.
- El soporte estará constituido por tres capas, la primera de ellas de aserrín o viruta (debajo del humus), la segunda, ripio o grava y la tercera de bolones.
- La primera capa de soporte y que también sirve de filtro, el aserrín o viruta, puede ser de ulmo o tepa (principalmente), cuyo espesor debe ser, por lo menos, de 25 cm. para lograr la franja operativa necesaria de la lombriz. Además, tiene como finalidad principal servir de alimento a las lombrices en el eventual caso que la carga contaminante del afluente no sea suficiente.
- La segunda capa estará constituida por ripio o grava y la tercera capa será de bolones con un espesor aproximado de 25 cm., las piedras de mayor tamaño van en la parte inferior y las de menor en la parte superior, esta capa esta destinada al drenaje y aireación del sistema. En las piedras también se forma flora bacteriana que digiere la materia orgánica del agua que pasa por ella y que no fue retenida en las capas superiores del lombrifiltro.
- Entre los estratos de aserrín y arena se dispone una malla tipo Raschell, que sirve como elemento de separación y retención para el estrato de aserrín y las lombrices.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Sitio del estudio

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo de los Colorados

Parroquia: Luz de América

Los análisis se realizaron en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Equinoccial Campus Santo Domingo.

#### 3.2. Diseño experimental

##### 3.2.1. Unidad experimental

Sustratos sólidos: raquis de palma africana, cascarilla de arroz y viruta de madera.

##### 3.2.2. Tratamientos

**Tabla1. Factores y niveles en estudio.**

Factores	Descripción	Niveles	Descripción
A	Tiempo	A1	50 días
		A2	75 días
		A3	100días
B	Temperatura	B1	25°C
		B2	30°C
		B3	35°C
C	Sustrato	C1	Cascarilla de arroz
		C2	Viruta de madera
		C3	Raquis de palma africana

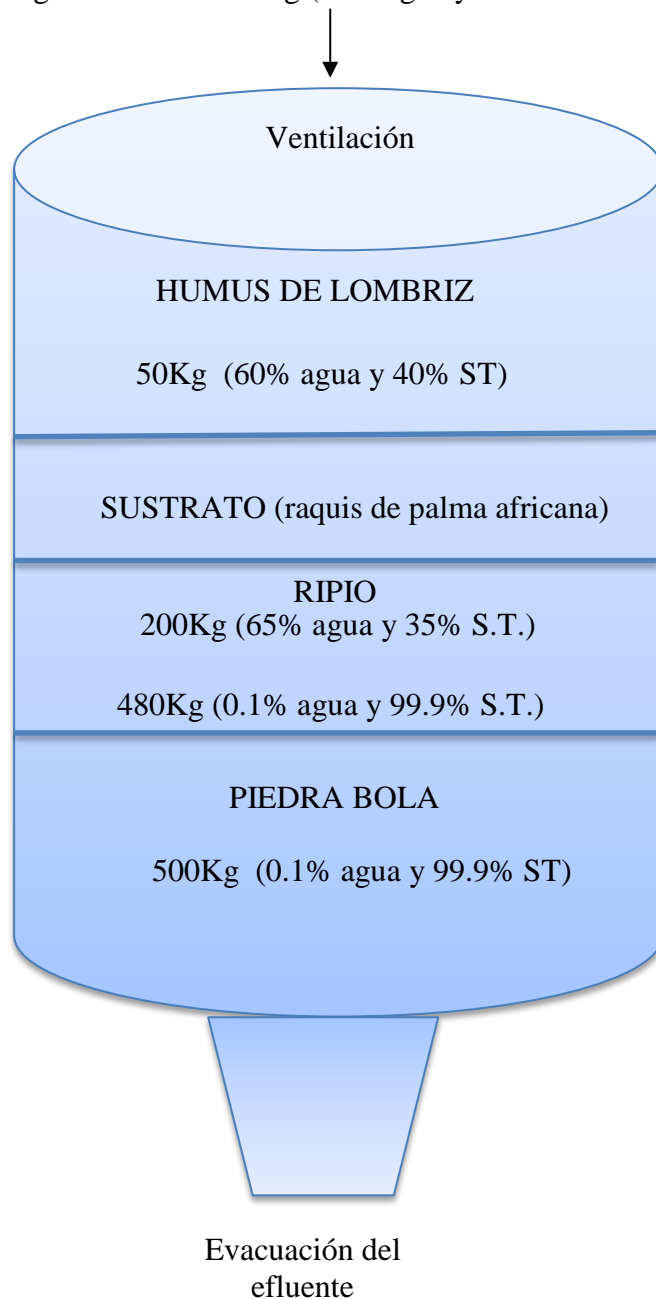




### 3.3. Manejo del experimento

#### 3.3.1. Construcción del sistema

Ingreso agua residual 1300Kg (95% agua y 5% sólidos totales)



**Figura 1. Diseño de componentes del sistema de biodegradación**

### **3.3.2. Medición de variables**

Las muestras se tomaron a los 50, 75 y 100 días de haber puesto en marcha el sistema de biodegradación.

#### **3.3.2.1. Análisis Microbiológicos**

El método que se aplicó para todos los análisis microbiológicos tales como: Coliformes fecales, coliformes totales, reencuentro de bacterias aerobias, conteo total y hongos, fue el método petrifilm. (Ver anexo 1)

#### **3.3.2.2. Azúcares Reductores**

Se trata de determinar el contenido de azúcares reductores, estableciendo como máximo permitido un porcentaje de azúcares reductores del 0.1-0.2%. Dicho contenido se calcula utilizando la fórmula 1 del método PEC/EN/V-058. (Ver anexo 2)

#### **3.3.2.3. Método para determinar el nitrógeno total**

El método se realiza por digestión según las normas (NTE INEN 224:2013 Segunda revisión 2013-05). (Ver anexo 3)

#### **3.3.2.4. Fósforo**

Para la determinación de fósforo se realizó según las normas (NTE INEN 0228, 2013). (Ver anexo 4)

#### **3.3.2.5. Potasio**

Para la determinación de potasio total se realizó según las normas (NTE INEN 235:2013 Primera revisión 2013-05) (Ver anexo 5)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

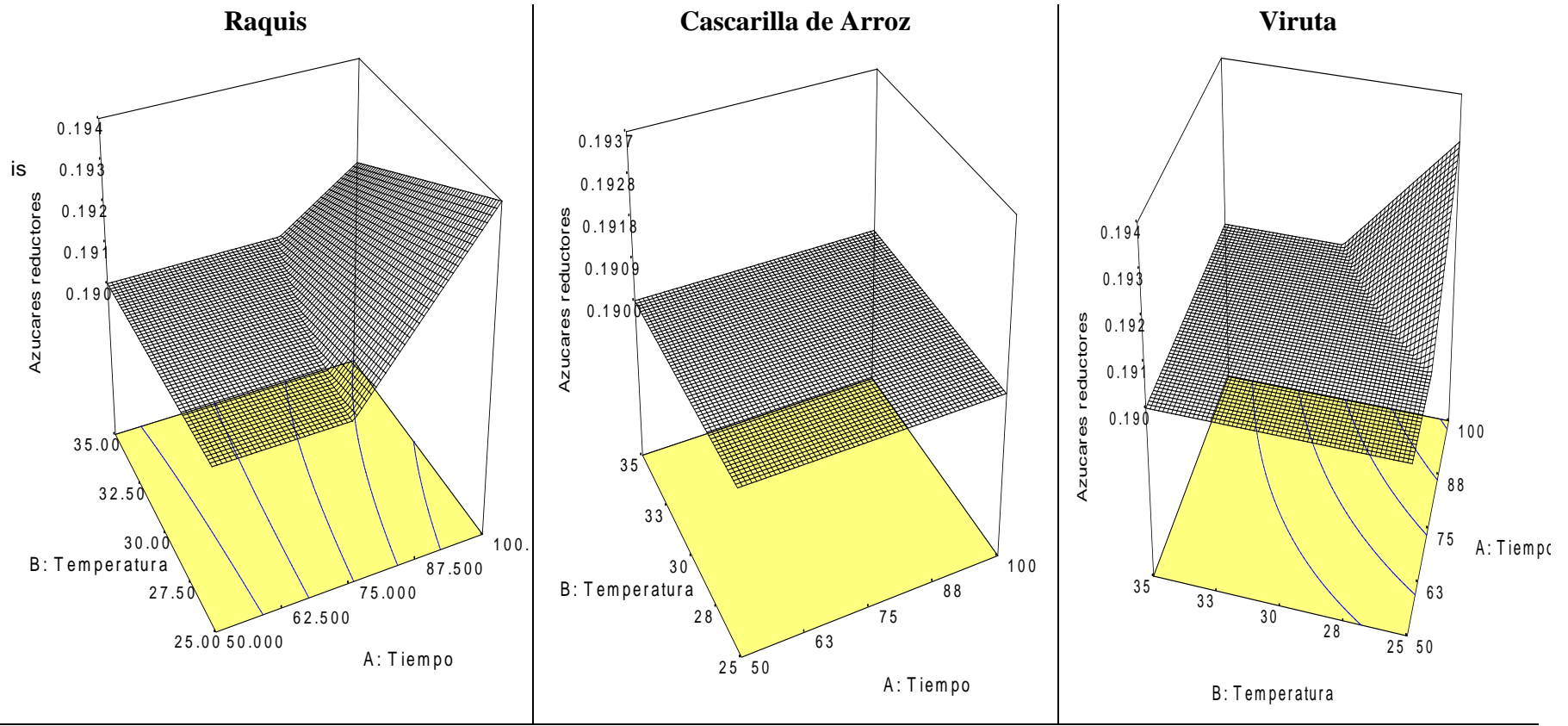
#### 4.1 Azúcares reductores

**Tabla 3. Ecuación de modelo y variable experimental para azúcares reductores**

R <sup>2</sup>	Ecuación del modelo	Valores de probabilidad (p)		
		Tiempo (A)	Temperatura (B)	Sustrato (C)
0.95	$AR = +0.19 + 1.711E-003 * A - 8.349E-004 * B + 2.142E-003 * C[1] - 2.986E-003 * C[2] - 7.962E-004 * AB + 1.085E-003 * AC[1] - 8.587E-004 * AC[2] + 4.337E-004 * BC[1] + 7.467E-004 * BC[2]$	0.0001	0.0039	0.0001

La tabla 3 muestra el comportamiento de los azúcares reductores (AR) en función del tiempo y la temperatura.. Como se aprecia en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.95$ ). De forma general se destaca en el modelo matemático que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de los azúcares reductores, con respecto a la temperatura, y con relación al tiempo de biodegradación.

En la literatura se observa que la mayoría de los procesos biodegradativos se ajustan a modelos lineales y/o cuadráticos manifestándose la correspondencia de esta investigación con estudios similares. (López, E.; Riveros, N.; Veneros, R.; Zavaleta, C. 2012)



**Figura 2. Porcentaje de azúcares reductores en 5 g de muestra para los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**

Como se puede observar en la figura 2, el contenido de azúcares reductores se mantiene estable al inicio en función del tiempo y la temperatura en los tres sustratos. Para el caso del raquis se mantiene constante hasta un punto en el cual se aumenta alcanzando valores máximos de 0.192% en diferentes tiempos. A los 85 días se alcanza el mayor contenido de azúcares reductores a una temperatura de 33°C mientras que a los 25°C el contenido de azúcares reductores se mantiene constante hasta los 75 días.

En cuanto al comportamiento de los azúcares reductores en la biodegradación de la cascarilla de arroz. Tuvieron una función constante de un porcentaje 0.19%, durante todo el periodo de biodegradación es decir, no hubo variación alguna en función del tiempo y la temperatura como nos indica la tabla 3.

Por su parte la viruta se mantiene constante (0.190%), durante casi todo el tiempo de biodegradación, pero al cabo de los 63 días aproximadamente los AR se incrementan rápidamente llegando a un punto máximo de 0.194%.

Según Canché, G., De los Santos, J., Andrade, S. y Gómez, R. (2005), señalan que los materiales lignocelulósicos son ricos en fibra; sin embargo, debido a su compleja estructura son de difícil degradación en caso de su utilización como sustrato alimenticio para lombriz roja californiana, por lo que es necesario someterlos a tratamientos que conduzcan a la disminución o eliminación de las barreras físicas y químicas, tales como la cristalinidad de la celulosa, los grupos acetilos de la hemicelulosa y los enlaces entre la hemicelulosa y la lignina.

En mi investigación la biodegradación se acelera después de un estudio preliminar de 50 días y en comparación al estudio de la investigación cubana sobre el bagazo de caña. El tiempo depende del sustrato, por la presencia de microorganismos que ayudaron a la formación de azúcares reductores una vez biodegradadas las paredes lignocelulósicas.

Las diferencias obtenidas de AR entre los sustratos pudo deberse a diferencias en el contenido lignocelulósico, siendo de todos, la viruta el que más contenido posee. En general, los tratamientos buscan reducir la cristalinidad de la celulosa, disociar el complejo

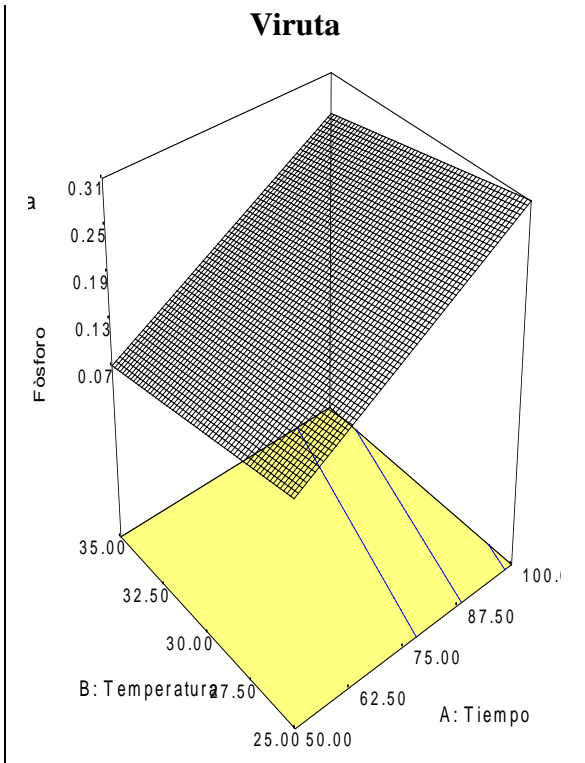
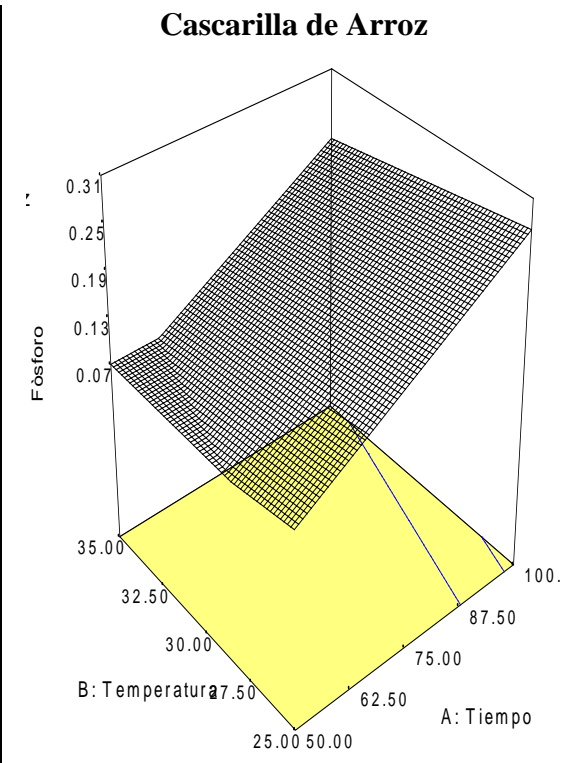
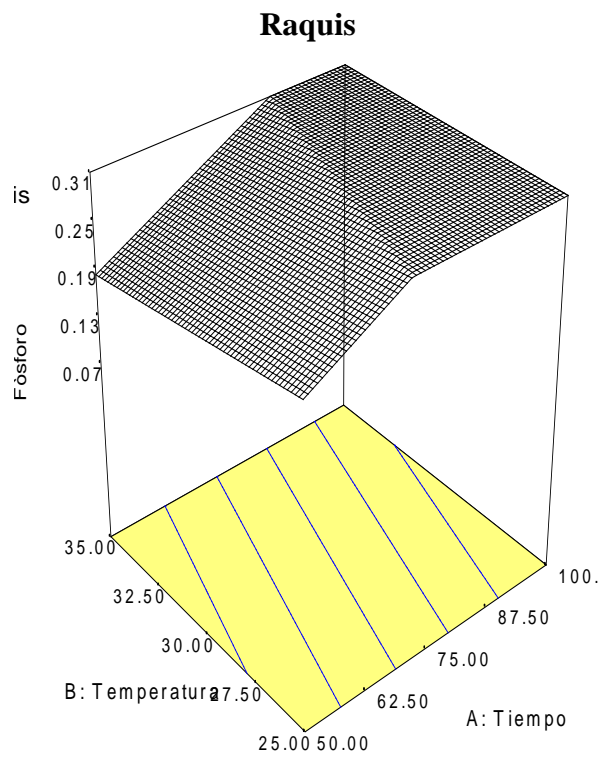
celulosa-lignina, aumentar el área superficial y eliminar o disminuir la presencia de sustancias que interfieren o dificultan la hidrólisis. (Sun y Cheng, 2002).

## 4.2 Fósforo

**Tabla 4. Ecuación de modelo y variable experimental para fósforo**

<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación del modelo</b>	<b>Valores de probabilidad (p)</b>		
		<b>Tiempo (A)</b>	<b>Tempera t. (B)</b>	<b>Sustrato (C)</b>
0.78	$P = +0.22 + 0.092 * A - 0.028 * B + 0.088 * C[1] - 0.063 * C[2]$	0.0001	0.1160	0.0017

En la tabla 4, nos indica el comportamiento del fósforo (P) en función del tiempo y la temperatura. Como se aprecia en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.78$ ). De forma general, se destaca en el modelo matemático, que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). en la variación del porcentaje de fósforo, con respecto a la temperatura, y al tiempo de biodegradación.



**Figura 3. Porcentaje de fósforo en 5 gr de muestra en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**

Como puede observarse en la figura 3, el contenido de fósforo aumenta en función del tiempo y la temperatura en los tres sustratos. Para el caso del raquis este aumento se manifiesta hasta un punto en el cual se hace constante ( 0.31% ) a los 75 días, alcanzando posteriormente valores máximos de 0.3% en diferentes tiempos ( 50-100 días). Un aspecto notable es que a los 87,5 días se alcanza el mayor contenido de fósforo a una temperatura de 35°C , mientras que a los 25°C el contenido máximo de fósforo se obtiene a los 75 días.

En cuanto al comportamiento del fósforo en la biodegradación de la cascarilla de arroz (fig. 3) se manifiesta igualmente un incremento en función del tiempo y la temperatura. Se observa que a la temperatura de 25°C este incremento es rápido en todos sus puntos, sin embargo a la temperatura de 35°C el incremento se hace mas lento al inicio, alcanzando un incremento acelerado a los 63 días, donde el fósforo aumenta de valores mínimos de 0.07% hasta un máximo de 0.24% a los 100 días, a esa temperatura ( 35°C). Se destaca además que el fósforo alcanza valores superiores de 0.27% de. a la temperatura de 35°C.

Por su parte la viruta muestra una función lineal típica donde existe un rápido incremento del fósforo en función del tiempo y la temperatura, desde valores mínimos de 0.07 % al inicio, hasta un máximo de 0.25 % los 100 días. Es notable que este incremento es rápido, alcanzando el mayor valor de su concentración ( 0.31 %) a los 100 días (Gráf. 3).

Según Romero L. (2007), la mayor actividad de los microorganismos se realiza desde la superficie del suelo hasta unos 20 centímetros de profundidad, las colonias de microorganismos permanecen adheridas a las partículas de arcilla y humus (fracción coloidal) y a las raíces de las plantas que les suministran sustancias orgánicas que les sirven de alimento y estimulan su reproducción.

Según Burés, S. (2007), las exudaciones dependen del buen estado nutricional de la planta y así favorecen el crecimiento de los microorganismos que son importantes para ella. Su actividad y desarrollo están asociados a la disponibilidad de sustratos a transformar. La colonización de algunos grupos microbianos sobre las fracciones orgánicas e inorgánicas, dependen de la función que se esté cumpliendo en la transformación (degradación de carbohidratos o de proteínas, amonificación, nitrificación, oxidación, reducción,



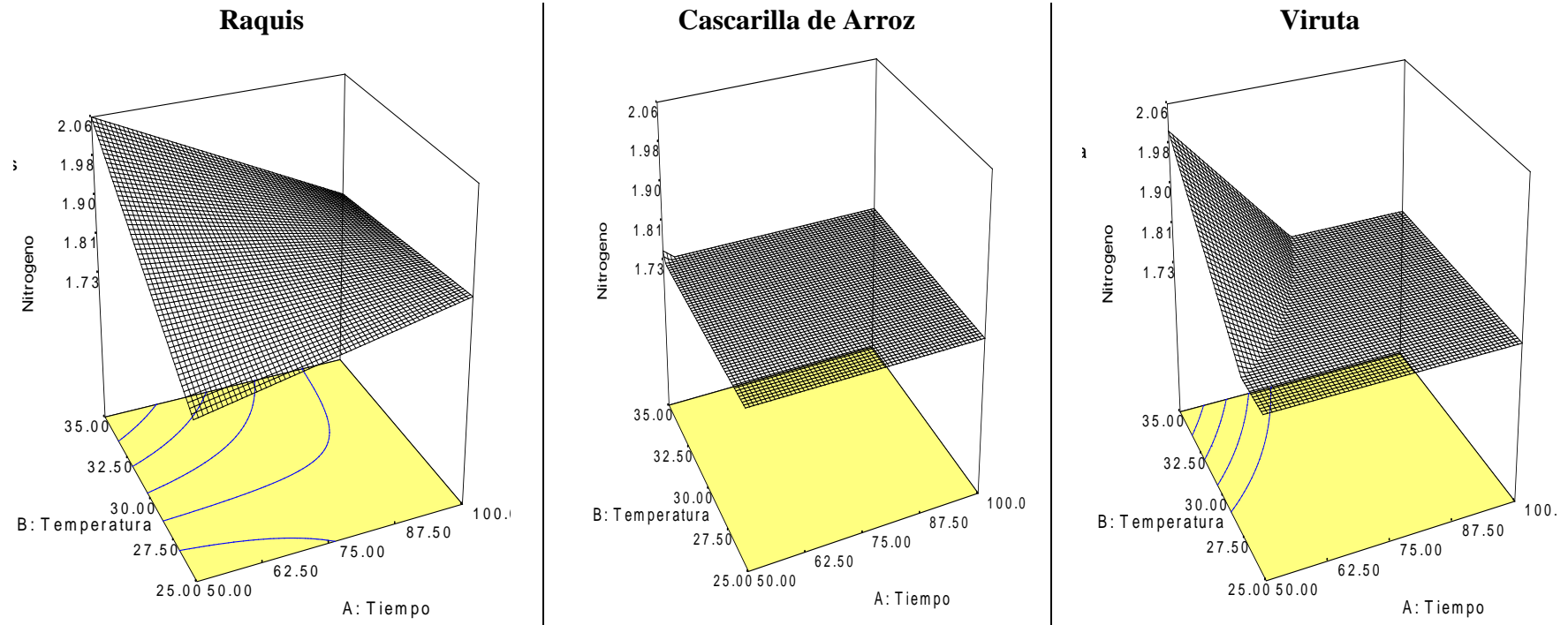
mineralización, solubilización). Por lo tanto, mientras algunos microorganismos actúan sobre un sustrato, otros se desarrollan en los productos de la transformación y esto produce un incremento de fósforo.

### 4.3 Nitrógeno

**Tabla 5. Ecuación de modelo y variable experimental para nitrógeno**

R <sup>2</sup>	Ecuación del modelo	Valores de probabilidad (p)		
		Tiempo (A)	Temperatura (B)	Sustrato (C)
0.92	$N = +1.63 - 0.11 * A + 0.11 * B + 0.23 * C[1] - 0.24 * C[2] - 0.093 * AB + 0.068 * AC[1] + 9.666E-003 * AC[2] - 0.037 * BC[1] + 0.063 * BC[2]$	0.0049	0.0052	0.0001

La tabla 5, muestra el comportamiento del nitrógeno (N) en función del tiempo y la temperatura. Como se observa en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.92$ ). De forma general se destaca en el modelo matemático que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de los porcentajes de nitrógeno con respecto a la temperatura y al tiempo de biodegradación.



**Figura 4. Porcentaje de nitrógeno en 5 gr de muestra, en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**

Se observa en la figura 4, que el comportamiento del nitrógeno en el raquis, en función al tiempo y la temperatura decrece. A los 50 días, empieza con un valor de 2.06%, a una temperatura de 35°C, luego se observa una disminución paulatina, hasta un valor aproximado de 1.79% a la temperatura de 25°C a los 100 días.

Seguidamente en la viruta se muestra (fig. 4) que el valor estimado de inicio (50 días) es de 2.00%, contenido que empieza a decrecer según van pasando los días (91 días) aproximadamente, llegando a un valor mínimo de 1.73% a una temperatura de 35°C a los 75 días tiempo en el cual se mantiene constante hasta el final del proceso de biodegradación (100 días).

Muchos microorganismos comunes del suelo, poseen la habilidad para utilizar las formas orgánicas de nitrógeno allí presente, incluyendo las especies *Bacillus*, *Serratia*, *Arthrobacter*, *Streptomyces*, *Aspergillius*, *Penicillium*, *Rhizopus* y otros (Benavides, G. 2009).

Según Butler. (2007) Un alto porcentaje de la población microbiana del suelo tiene tal habilidad, con valores promedios del orden del 50%; en esto hay diferencia con respecto a la transformación del Nitrógeno dependiendo del tipo de microorganismos siendo las bacterias las que más hacen uso de este nutriente. En tal sentido es lógico el decrecimiento de este nutriente en función del contenido microbiano.

El nitrógeno (N) es el elemento encontrado en mayores cantidades en el estiércol según Keeney y Hatfi (2001), el cuál durante muchos años ha sido utilizado como una forma para mejorar la fertilidad del suelo y la producción de los cultivos. En la actualidad, la industria química provee fertilizantes inorgánicos concentrados que son fácilmente distribuidos, utilizados y que pueden suplir la necesidad de este elemento por parte de los cultivos. Esto ha generado una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que la aplicación de fertilizantes inorgánicos, se ha llegado a convertir en un problema ambiental en muchos lugares del mundo.

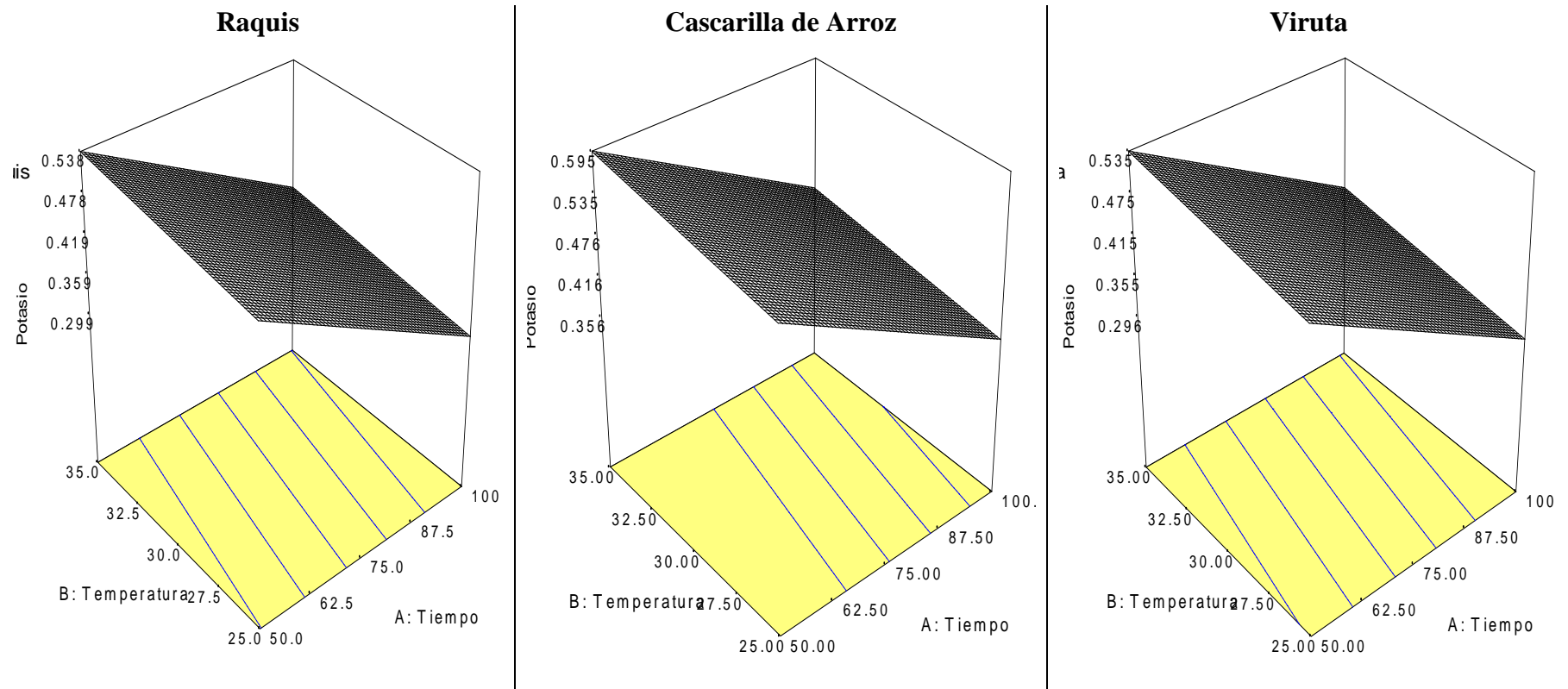
Según Gómez, (2010). El contenido de nitrógeno es una de las principales características usadas para evaluar la calidad de un abono orgánico. En importancia de valoración le sigue el contenido de P, donde valores por encima del 1% se consideran buenos y mayores del 2% excelente. La gallinaza es considerada como el material con más alto contenido de N (entre 4,5 a 6%). Es importante recordar que al usar materiales orgánicos en el abonamiento se conozca la cantidad de nutrientes que puede ser liberada en la descomposición.

#### 4.4 Potasio

**Tabla 6. Ecuación de modelo y variable experimental para potasio**

<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación del modelo</b>	<b>Valores de probabilidad (p)</b>		
		<b>Tiempo (A)</b>	<b>Temperatura (B)</b>	<b>Sustrato (C)</b>
0.80	$K = +0.44 - 0.10 * A + 0.019 * B - 0.018 * C[1] + 0.039 * C[2]$	0.0001	0.1644	0.0945

En la tabla 6, se muestra el comportamiento del potasio (P) en función del tiempo y la temperatura. En los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.80$ ). De forma general se destaca en el modelo matemático, que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de los porcentajes de potasio con respecto a la temperatura y tiempo de biodegradación.



**Figura 5. Porcentaje de potasio en 5gr de muestra, en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**

Se puede apreciar en la figura 5, el comportamiento del potasio en las tres evaluaciones realizadas para los diferentes sustratos. Se observa un rápido decrecimiento desde los 50 días hasta los 100 días, lo que permite plantear que mientras el sustrato es biodegradado, produciendo potasio los microorganismos lo utilizan ya que este componente es esencial para el buen funcionamiento de sus funciones vitales.

En cuanto al raquis su porcentaje máximo durante los días de biodegradación fue de 0.538%, por otra parte la casacrilla de arroz alcanzó un máximo de 0.595 y la viruta de 0.535%. En los tres casos de sustrato, existe un resultado similar en contenido de potasio, al final del proceso biodegradativo.

Según Pedrera, B. (2005). El potasio es uno de los principales macronutrientes primarios presente en el abono orgánico, el contenido de potasio en los sustratos y su empleo, además de aportar unidades fertilizadoras orgánico-naturales, conseguimos la actuación directa de una riquísima flora bacteriana beneficiosa, que potencia la liberación de sustancias nutritivas del sustrato, la transformación de elementos contaminantes en elementos aprovechables y el control y eliminación de residuos tóxicos medio ambientales de lenta degradación.

Según García, A. (2005). El raquis proviene de una gramínea, con mecanismo fisiológico C4, lo que la hace sumamente eficiente en la utilización del agua y la luz en la asimilación del CO<sub>2</sub> para la producción de azúcares, proceso en el cual absorbe cantidades considerables de potasio. Por ello, este elemento es el menos abundante en la descomposición del raquis.

Estudios también describen microorganismos, los cuales pertenecen, en general, a levaduras de los géneros *Candida* y *Pichia* (Hirsch. 2012), que pertenecen a los Saccharomycetes y a géneros de bacterias como *Bacterioidetes*, *Burkholderia*, *Caedibacter*, *Clostridia*, *Enterobacter*, *Lactobacillus*, *Phenylbacterium*, *Serratia*, *Spiroplasma*, entre otros (Lehman. 2009).

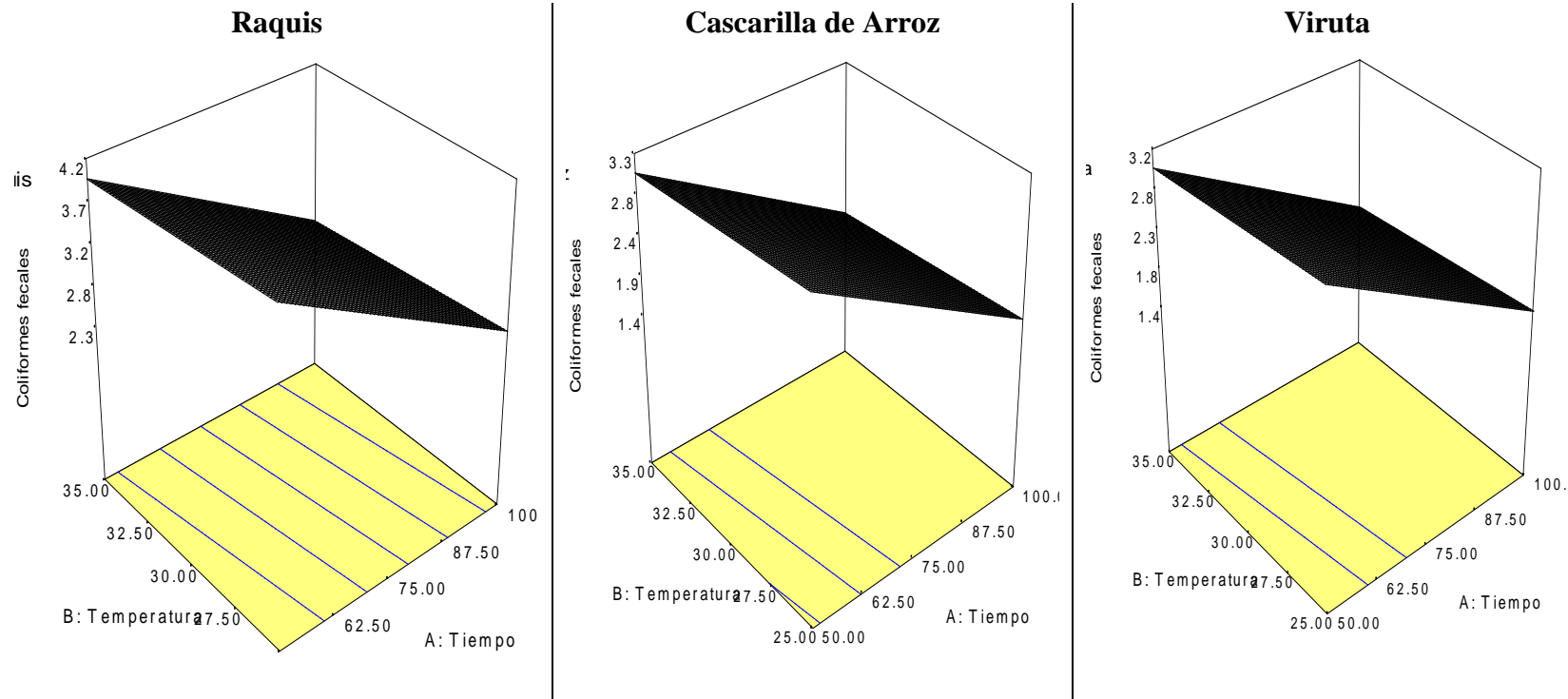
Estos microorganismos, como se ha mencionado arriba, pueden tener un papel importante en la degradación y asimilación de diferentes nutrientes como el potasio. (Rajagopal 2005).

#### 4.5 Coliformes fecales

**Tabla 7. Ecuación de modelo y variable experimental para coliformes fecales**

<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación del modelo</b>	<b>Valores de probabilidad (p)</b>		
		<b>Tiempo (A)</b>	<b>Temperatura (B)</b>	<b>Sustrato (C)</b>
0.78	$CF = +2.63 - 0.82 * A - 0.11 * B + 0.60 * C[1] - 0.28 * C[2]$	0.0001	0.4043	0.0058

En la tabla 7, muestra el comportamiento de los coliformes fecales (CF) en función del tiempo y la temperatura. Como se aprecia en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.78$ ). De forma general se destaca en el modelo matemático que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de coliformes fecales, con respecto al tiempo y no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) respecto a la temperatura de biodegradación.



**Figura 6. Contenido en ciclo Log. de coliformes fecales en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**



En la figura 6, se observa en general que existe una rápida disminución en los tres tipos de sustratos, en el contenido de coliformes fecales, según se varía el tiempo. Este hecho manifiesta, que el efluente que ingresa, va disminuyendo su contenido fecal.

Esta reducción de los microorganismos, puede deberse tanto al efecto de filtración de los sustratos, la utilización de la materia orgánica que realiza la *Eisenia foétida* y la competencia microbiana que se van desarrollando en el tiempo .

En cuanto al raquis (fig. 6), se demuestra un contenido inicial de 4.2 ciclo Log a los 50 días, valor que decrece hasta un contenido mínimo de 2.3 en 100 días de biodegradación.

De igual manera para la cascarilla de arroz ocurre una disminución del contenido fecal de un valor inicial de 3.3 ciclo Log hasta un valor mínimo de 1.4 ciclo Log a los 100 días. Con respecto a la viruta hubo un valor inicial de 3.2 ciclo Log en el contenido fecal a los 50 días, que llega a un valor mínimo de 1.4 ciclo Log a los 100 días.

En investigaciones realizadas por Amat, (2004); Begon. (2006). Los organismos detritívoros, aquellos que se alimentan de materia orgánica en descomposición requieren microcomunidades en el tracto digestivo, compuestas generalmente de bacterias y hongos (levaduras y otros ascomycetes), los cuales permiten la absorción de ciertos nutrientes.

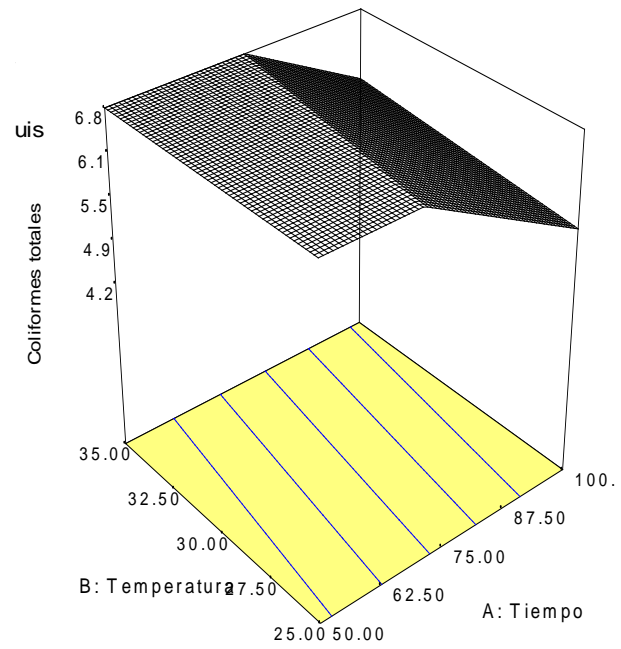
#### 4.6 Coliformes totales

**Tabla 8. Ecuación de modelo y variable experimental para coliformes totales**

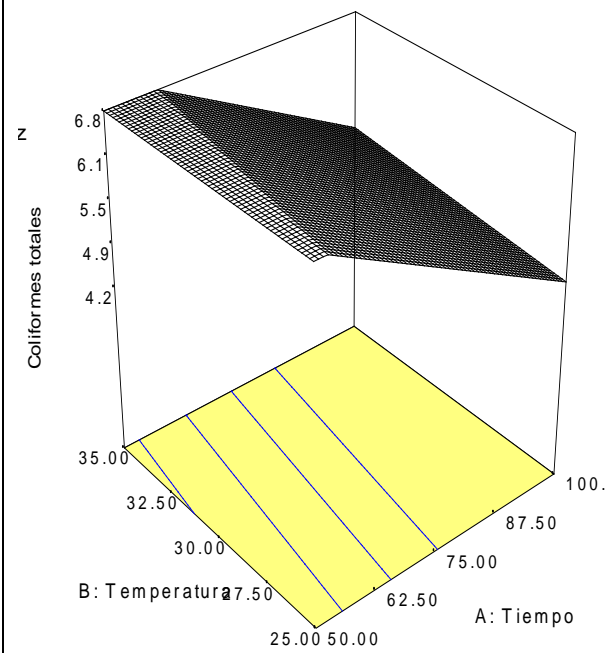
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación del modelo</b>	<b>Valores de probabilidad (p)</b>		
		<b>Tiempo (A)</b>	<b>Temperatura (B)</b>	<b>Sustrato (C)</b>
0.76	$CT = +6.03 - 1.10 * A + 0.16 * B + 0.62 * C[1] - 0.093 * C[2]$	0.0001	0.3472	0.0236

La tabla 8, muestra el comportamiento de coliformes totales (CT) en función del tiempo y la temperatura. Como se aprecia en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.76$ ). De forma general se destaca en el modelo matemático que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de coliformes totales con respecto al tiempo y no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) respecto a la temperatura de biodegradación.

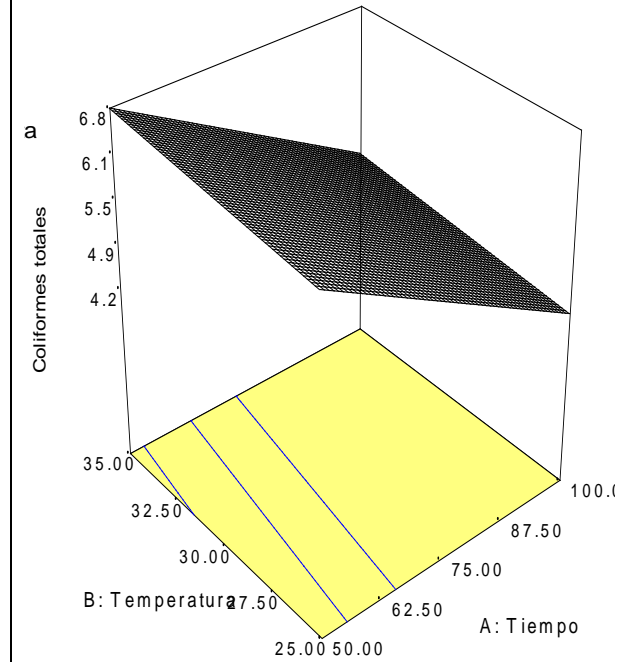
### Raquis



### Cascarilla de Arroz



### Viruta



**Figura 7. Contenido en ciclo Log. de coliformes totales en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**

El número de microorganismos coliformes totales presente en la descarga del efluente de cada uno de los sustratos decreció, se puede apreciar en el gráfico 7 que, tanto para raquis, cascarilla de arroz y viruta existe un decrecimiento del contenido de microorganismos.

En el caso del raquis, el contenido de M.O se mantuvo constante hasta aproximadamente los 75 días para después decrecer hasta 4.2 ciclo Log a los 100 días .

En la casacrilla de arroz y la viruta contenido total de M.O disminuye igualmente según pasan los días de biodegradación, hasta el mismo valor al final de los 100 días (4.2 ciclo Log).

En citas de Amat. (2004), nos dice que algunos microorganismos, involucrados en la degradación de materia orgánica, se pueden encontrar en el tracto digestivo de organismos detritívoros, ya que estos requieren microcomunidades, compuestas generalmente de bacterias y hongos (levaduras y otros ascomicetes), que les permitan la absorción de ciertos nutrientes.

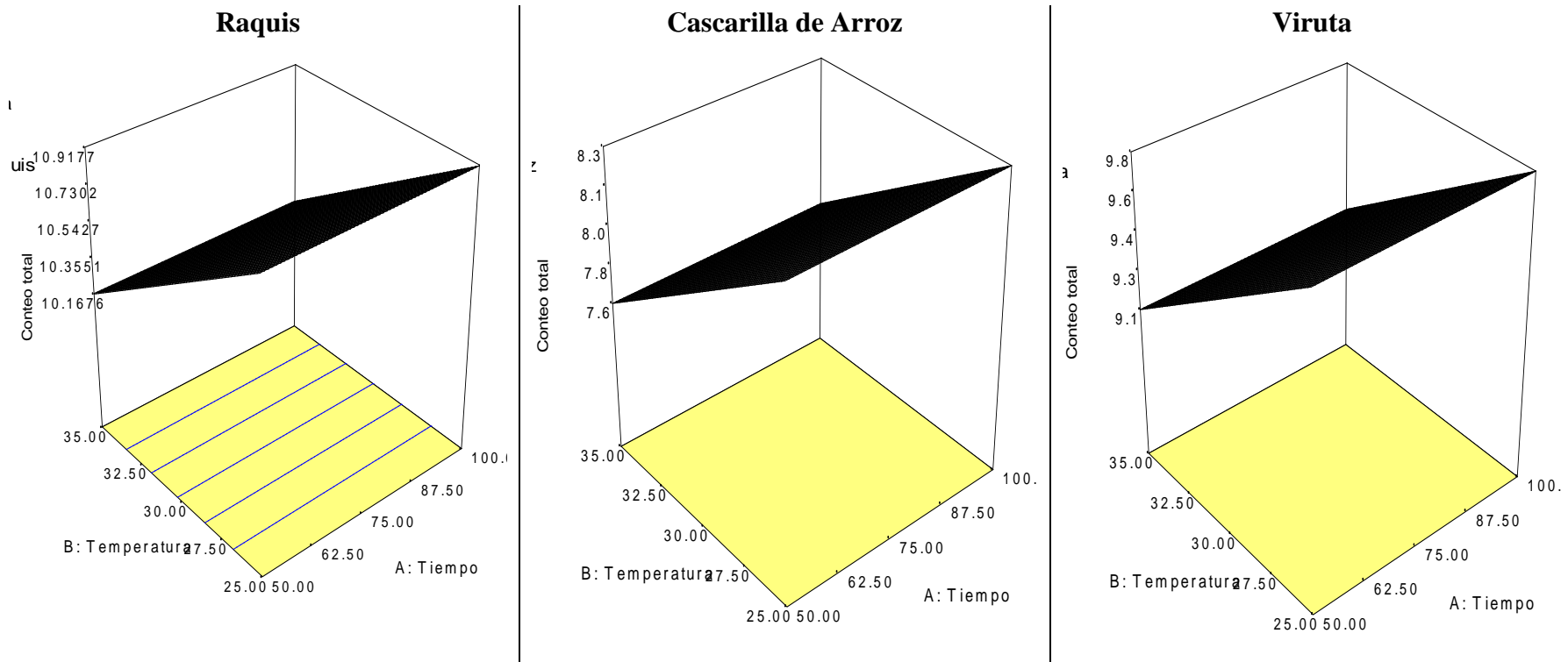
Para Munn (2007). Las E. Coli. son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias interbacteriaceas se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

#### 4.7 Conteo total

**Tabla 9. Ecuación de modelo y variable experimental para conteo total**

<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación del modelo</b>	<b>Valores de probabilidad (p)</b>		
		<b>Tiempo (A)</b>	<b>Temperatura (B)</b>	<b>Sustrato (C)</b>
0.52	<b>CnT</b> =+9.32+9.574E-004* A-0.37* B+1.23	0.9976	0.2459	0.0050

La tabla 9, muestra el comportamiento de conteo total (CnT) en función del tiempo y la temperatura. Como se aprecia en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder con suficiente calidad ( $R^2 = 0.52$ ). De forma general se destaca en el modelo matemático que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de conteo total con respecto al tiempo y no existen diferencia significativas ( $p > 0.05$ ) respecto a la temperatura de biodegradación.



**Figura 8. Contenido en ciclo Log. de conteo total en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura**

Al observar el contenido microorganismos mesófilos aerobios (conteo total) presente en la descarga del efluente de cada uno de los sustratos, se puede apreciar en el fig. 8 que, tanto para raquis, cascarilla de arroz y viruta existe un incremento del crecimiento.

En el caso del raquis, el mayor contenido (10 ciclo Log) se obtuvo a los 100 días . En la casacrilla de arroz contenido total de M.O se incrementa de igual forma según pasan los días de biodegradación hasta 8.3 ciclo de Log al final de los 100 día. Por su parte, la viruta a los 100 días llega a un contenido 9.8 un ciclo Log.

En sentido general, el mayor contenido es el del raquis, lo cual resulta lógico al tenerse en cuenta que el raquis absorbe en gran cantidad el agua residual descargada y los residuos de este elemento son los que predominan en la biodegradación.

Algunos autores coinciden que al realizar análisis de conteo total de M.O nos permite caracterizar en este caso el agua ya que estos son un grupo muy grande de organismos, que cumplen multitud de funciones en el sustrato y mantienen en orden los ciclos normales de múltiples sustancias.

Esta investigación se relaciona a la teoría de Fundases, (2007). En que la labor de los organismos es permanente y gracias a ella, la vida en el sustrato se mantiene. Los organismos viven naturalmente en sustancias elementales orgánicas y cumplen múltiples funciones, especialmente degradando y/o transformando diversos materiales para que sean aprovechados en la nutrición de las plantas. Intervienen además en los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza.

#### 4.8 Hongos .

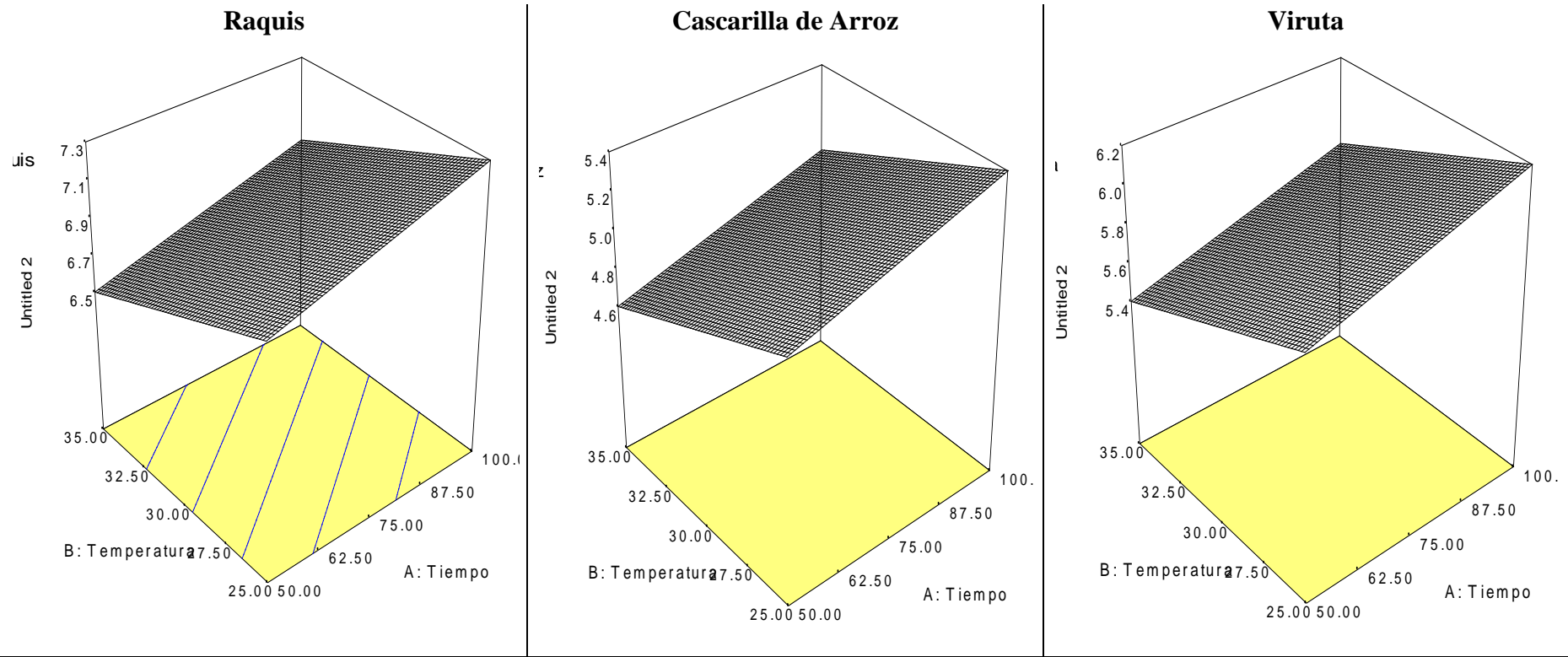
**Tabla 10. Ecuación de modelo y variable experimental para hongos y levaduras**

<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Ecuación del modelo</b>	<b>Valores de probabilidad (p)</b>		
		<b>Tiempo (A)</b>	<b>Temperatura (B)</b>	<b>Sustrato (C)</b>
0.65	$H = +5.91 + 0.18 * A - 0.25 * B + 1.00 * C[1] - 0.90 * C[2]$	0.3474	0.1847	0.0006

La tabla 10, muestra el comportamiento de hongos (H) en función del tiempo y la temperatura. Como se aprecia en los resultados obtenidos, el comportamiento de los tres sustratos (raquis, viruta, cascarilla de arroz) se ajustaron a una ecuación lineal que explica su proceder, aunque no con suficiente calidad ( $R^2 = 0.65$ ).

De forma general se destaca en el modelo matemático que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la variación de hongos y con respecto al tiempo de biodegradación; y no existen diferencia significativas ( $p > 0.05$ ) respecto a la temperatura de biodegradación.





**Figura 9. Contenido en ciclo Log. de hongos en los diferentes sustratos, variando tiempo y temperatura.**

En la figura 9, se observa que en los tres sustratos existe un incremento continuo de hongos. En el raquis llega a un contenido máximo a los 100 días de 7.3 ciclo Log.

Al observar el gráfico de la viruta nos indica que existe incremento continuo de hongos como los casos anteriores llegando a existir 6.2 un ciclo Log al final de la biodegradación.

En cuanto a la biodegradación de la cascarilla de arroz alcanza de 5.4 ciclo Log de M.O pero en este caso, se obtiene menos cantidad de hongos que los anteriores sustratos.

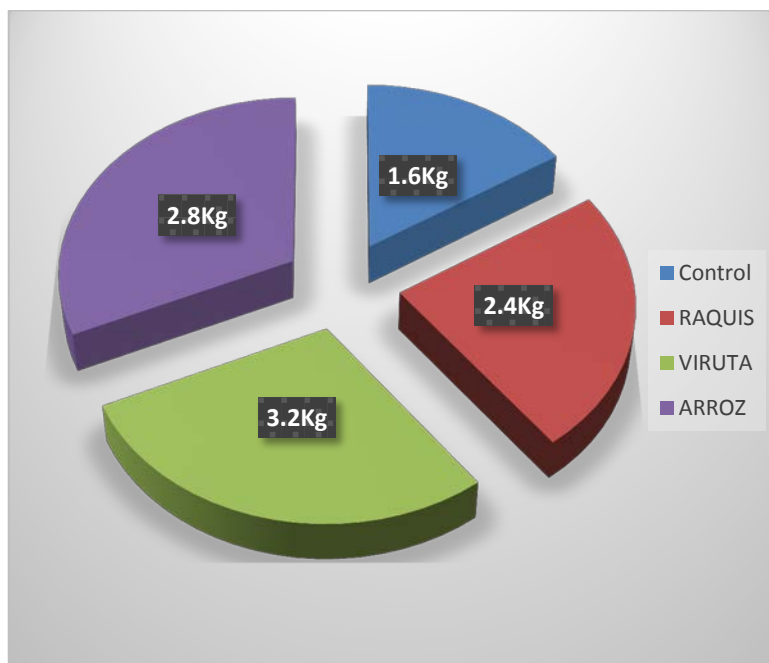
Cabe señalar que aunque las variaciones de temperatura no fueron significativas ( $p > 0.05$ ) siempre se manifestó un mayor incremento de los hongos a su temperatura óptima de crecimiento  $25^{\circ}\text{C}$ .

Esta interpretación nos indica que gracias a la existencia incrementada de hongos en los tres sustratos se logra una biodegradación por lo que en la bibliografía encontrada nos dice que por lo que se presenta como alternativa los pretratamientos biológicos, basados en la capacidad de los hongos para degradar los materiales lignocelulósicos debido a su sistema enzimático altamente eficiente y selectivo hacia la remoción de lignina.

Según Sánchez O; Cardona C; (2005), es necesario explorar el comportamiento de los diversos hongos en los diferentes materiales para poder establecer selectividades hacia la remoción de lignina y condiciones operacionales que evidencien la posibilidad de esta alternativa.

#### 4.9. Eisenia foétida

**Figura 10. Valores del peso en Kg de *Eisenia foétida* al final de la biodegradación**



La reproducción y supervivencia al final de la investigación fue diferente para cada uno de los sustratos utilizados, siendo el de viruta el que presentó los mayores valores en población final (3.2Kg de los 1Kg inoculados inicialmente).

En la literatura encontrada, menciona que a pesar de la adaptabilidad que presentan las diferentes especies de lombriz, las características del sustrato o material de crecimiento, afectan directamente el estado y multiplicación de este organismo (Bollo 2004, Ferruzi 2006).

Con base en lo anterior, se llevó a cabo esta investigación para evaluar la adaptación, el crecimiento y reproducción de *E. foétida* en 3 sustratos sólidos generados comúnmente en algunas actividades tanto de origen agrícola como urbano.

Según Durán y Henríquez (2007). Una de las opciones que existen para el tratamiento de este tipo de desechos es la lombricultura. Esta técnica consiste en la elaboración de abono orgánico a través de la utilización de varias especies de lombrices, de las cuales la más conocida y usada es *Eisenia foetida*, conocida también como “lombriz roja” o “californiana”.

Según Henríquez y Cabalceta. (2006), mediante el uso de la lombricultura, es posible convertir casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final denominado genéricamente como lombricompost el cual es utilizado en la agricultura. Los abonos orgánicos, mejoran tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas, contribuyendo igualmente a la solución del problema de la contaminación del ambiente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Al finalizar la investigación del presente trabajo se concluye:

- El mejor sustrato para ser utilizado como abono orgánico es el raquis debido a su contenido de NPK donde se obtuvo valores de 1.85%N; 0.32% P; 0.51K, cumplen con el criterio establecido en las normas referencial comparativa INEN 224:2013; 233:2013;235:2013. Requisitos.
- En los tres sustratos evaluados se obtuvieron diferentes grados de biodegradación debido a las diferentes composiciones químicas de los mismos y a la diversidad microbiana metabólicamente capaz de biodegradarlo.
- Aunque la temperatura de biodegradación no fue significativa para los modelos, en la mayoría de los casos se evidenció un mayor contenido de M.O boidegradativos (hongos) a 25<sup>0</sup>C; consistente con su temperatura optima de crecimiento.
- El incremento de *Eisenia foetida* al final de la biodegradacion fue alto en todos los sustratos evidenciando el alto grado de adaptación y reproducción de este espécimen entomológico.
- Se evidenció que el contenido fecal va disminuyendo en el tiempo hasta niveles no contaminantes y permitidos para los abonos orgánicos.
- El crecimiento y reproducción de la lombriz *E. foétida* están directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual vive y se desarrolla.

## 5.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- Continuar los estudios en un periodo mas prolongado de tiempo para verificar la total biodegradación de los sustratos.
- Analizar el comportamiento de otros sustratos biodegradables.
- Valorar otros rangos de temperatura para verificar la significación de este parametro.
- Utilizar sustratos frescos, es decir que no tengan periodo de degradación antes de ser utilizados por lo que podría variar el contenido de material orgánico.
- Es preferible emplear agua residual libre de detergentes, es decir tomar la descarga de los inodoros, para que esta no afecte el metabolismo de las lombrices en su reproducción.
- Remover frecuentemente de forma manual, el sustrato para se liberen los gases producidos en la biodegradación.
- Los residuos orgánicos necesitan ser tratados para estabilizar su materia orgánica, o higienizarlos ya que en la mayoría de los casos dificilmente se pueden aplicar directamente como sustratos.
- Cambiar la escala del trabajo de ésta investigación, tomando en cuenta los controles y precauciones para no disminuir la calidad del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abad, B., Noguera, P., Carrión, B. (2004). *Los Sustratos en los cultivos sin suelo*.
- Alexander, M.(2005). *Introduction to soil microbiology*.
- Álvarez, C. (2005). *La calidad de aguas continentales españolas*. Ediciones Geoforma.
- Allaby, M. (2004) *Diccionario del Medio Ambiente*. Madrid-España.
- Amat, E. (2004). *Diversidad taxonómica y ecológica de la entomofauna micófaga en un bosque altoandino de la cordillera Oriental de Colombia*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Ansorena, J. (2010). *Sustratos: Propiedades y caracterización*. 1ra. edición. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- A.V.F. Ingeniería Ambiental. (2003). *Tecno ambiente: Revista profesional de tecnología y equipamiento de ingeniería ambiental*, ISSN 1133-4665, N° 59, p. 69 71.
- Begon, M. (2006). *Decomposers and detritivores. En: Ecology - From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing. Malden, USA.
- Benavides, G. (2009). *Adsorción del fósforo en suelos de la Amazonía colombiana determinada mediante la isoterma de Langmuir*. Suelos Ecuatoriales.
- Bollo, E. (2009). *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. Quito. Soboc Grafic.
- Bravo, M.; Moreno, A. (2003). *Implementación y Monitoreo de la Etapa Inicial del Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales del Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Universidad EARTH*. Tesis Lic. Ing. Agr. Guácimo.
- Burés, S. (2007). *Sustratos*. Ediciones Agrotécnicas. Madrid. España.
- Butler, D.; Ranells, N.; Franklin, D.; Poore, M.; Green, J. (2007). *Ground cover impacts on nitrogen export from manured riparian pasture*. J. Environ. Qual
- Canché, G., De los Santos, J. Andrade, S. y Gómez, R. (2005). *Obtención y caracterización de celulosa de los desechos agrícolas del banano*. Información Tecnológica.
- Canter. (2008). *Manual de investigación del impacto ambiental*.
- Capistran, F., Aranda, E., Romero, J. (2005). *Manual de reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje*. México.

- Cruz N., Castellanos D., Argüello H. (2009). *Degradación de celulosa y xilano por microorganismos aislados de dos tipos de compost de residuos agrícolas en la Sabana de Bogotá*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.
- Chacón, A., Blanco, J., (2009). *Manual práctico para la fabricación de abono orgánico utilizando lombrices*. San José. Costa Rica.
- Delfín, I. (2008). *Estudios de biodegradación de residuos lignocelulósicos: pasto, paja, algodón y residuo celulósico de pañal desechable*. Tesis de Maestría en Ciencias Químicas (Química Ambiental). UNAM. México D.F.
- Durán, L., Henríquez, C., (2007). *Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos*. Agronomía Costarricense.
- Ferruzzi, C. (2006). *Manual de lombricultura*. Madrid. España. Mundi-Prensa
- FUNDASES. Fundación de Asesorías para el Sector Rural.(2007). *Microorganismos*
- Galvis J., Quiñones R., Jimenez P. (2009). *Aislamiento de Microorganismos del Tracto Digestivo de Larvas de Coleópteros y Lepidópteros Detritívoros y Evaluación, In vitro, de su Efecto Antagónico en una Cepa de Fusarium oxysporum*. Revista Facultad de Ciencias Básicas.
- Garcés E., Amézquita M., Bautista G., Valencia H. (2007). *Fusarium oxysporum El Hongo que nos Falta Conocer*. Acta Biológica Colombiana.
- García, A. (2005). *Hacia la desmitificación de la Materia Orgánica*. Memorias Primera Jornada Científica Académica Internacional y II Festival Agropecuario y Agroindustrial. Universidad de Pamplona Santander.
- González, A., Jiménez, I., Rodríguez, S., Restrepo, S., Gómez, J. (2008). *“Biocombustibles de segunda generación y Biodiesel: Una mirada a la contribución de la Universidad de los Andes”*. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- Gomez, M. (2010). *Isloment desouches a partir de nodosites de legumineuses*. Tesis Doctor de la Universite de Bourgogne, France.
- Guerrero, J. (2010). *Abonos orgánicos: tecnología para el manejo ecológico de suelos*. Perú. Ed. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos.
- Henríquez C., Cabalceta G. (2006). *Guía para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola*. San José. CR. ACCS.
- Kayla, A. (2007) *Biological Absorption of Phosporus*. Soil Science
- Labrador, M. (2006). *La materia orgánica en los agrosistemas*. Madrid, España.



- López, E., Riveros, N., Veneros, R., Zavaleta, C. (2012). *Efecto de diferentes niveles de aplicación de potasio sobre el contenido de azúcares reductores en los tubérculos de papa*. Universidad de Gottingen. Disponible en: [http://www.kalimbh.com/eses/fertiliser/advisory\\_service/crops/potatoht](http://www.kalimbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/crops/potatoht).
- Llurba, M. (2007). *Parámetros a tener en cuenta en los sustratos*. Revista Horticultura N° 125.
- Mara, D. (2006). *Tratamientos biológico de aguas residuales-lagunas de estabilización*. ABES, Rio de Janeiro, p 15.
- Marin, R. (2005). *Análisis de aguas y ensayos de tratamiento*. Gestión y Promoción Editorial S.A.
- Mathur, B. (2010). *Release of Nitrogen and Phosporus from compost charged and rock phosphate*. Soil Science.
- Medina, E., Riveros, N., Veneros, R., Zavaleta, C. (2012) *efecto de diferentes concentraciones de sulfato de potasio sobre el contenido de azúcares reductores en tubérculos de solanum tuberosum l. v. única, para procesamiento industrial*
- Mena, E., Tapia, V.(2004). *Diseño de un proceso industrial para degradar el raquis de palma africana por acción biológica para obtener abono orgánico*. Tesis inédita de ingeniería. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo.
- Metcalf, Eddy, INC. (2005). *Ingeniería de Aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición.
- Mogollon, J. (2002). *Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales*. Venezuela, p. 48-56.
- Mulder, E. (2007). *Biology and Soil Fertility en Soil Biology*. UNESCO.
- Munn. (2007). *Evaluación Ambiental del Sistema Tohá en la Remoción de Salmonella en aguas servidas Domésticas*. Santiago. Universidad de Chile., Facultad de Ingeniería. 2003.
- Norma Técnica Ecuatoriana, *Fertilizantes o abonos. Determinación del nitrógeno total*. (2013), Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 224:2013 Segunda revisión 2013-05, Quito Ecuador.
- Norma Técnica Ecuatoriana, *Fertilizantes determinación del fosforo total (método volumétrico, 2013)*, Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 0228, Quito Ecuador.
- Norma Técnica Ecuatoriana, *Fertilizantes o abonos. Determinación potasio soluble en*

- agua. (2013), Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 235:2013 Primera revisión 2013-05, Quito Ecuador.
- Pedreira, B., Lambert. (2005). *Estudio de la fertilización mineral NPK en viveros y plantación de mango en suelos Ferralíticos Rojos*. Resúmenes I Simposio Internacional sobre Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana.
- Rodríguez, G., Piñeros, C. (2007). *Producción de complejos enzimáticos celulolíticos mediante el cultivo en fase sólida de Trichoderma sp. Sobre los racimos vacíos de palma de aceite como sustrato*. Revista de la facultad de química farmacéutica, Vol. 14 No 2, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Romero, L. (2007). *Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales*. Agrocienca.
- Sánchez, V., Guiza, B. (2008) *Glosario de términos sobre medio ambiente*. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe , UNESCO.
- Sánchez, O; Cardona, C. (2005). *Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas*. Interciencia. Caracas
- Santamaría, S., Ferrera, R., (2002). *Dinámica poblacional de Eisenia andrei en diferentes residuos orgánicos*. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art303-310.pdf>.
- Satchell, J.E. (2009). *Lombrices. En biología del suelo*. Editado por Alan Burger, y Frank Raw. Ed. Omega, Barcelona. 307-308p.
- Seoanez, M. (2010). *Aguas residuales urbanas: tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento*. Segunda edición. Madrid.
- Shegel, (2008). *Efecto de las condiciones de proceso de obtención de celulosa sobre sus propiedades fisicoquímicas*, Tesis de Licenciatura, UADY, México.
- Schuldt, M. (2008). *Iniciación de lombricultivos de Eisenia fetida (y E. andrei) (Oligochaeta, Lumbricidae) con siembras de baja densidad*. Disponible en: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDarticulo=2027>.
- Tragsatec. (2008). *Tratamiento de aguas residuales, basuras y escombros en el ámbito rural*. Editorial Agrícola Española. Serie técnica.
- Sun, Y., Cheng, J. (2002). *Hidrólisis de materiales lignocelulósicos para producción de etanol*. Bioresource Technology.
- Terres, V., Artetxe, A., Beunza, A. (2009). *Caracterización física de los sustratos de cultivo*. Revista Horticultura N° 125.

Urrestarazu, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo*. 2nd ed. Mundi-Prensa. España.

Valverde, A., (2006). *Estudio sobre el uso de la cascarilla de arroz en los molinos del Departamento del Tolima*. Tesis de Maestría en Eficiencia Energética, CEEMA, UCF.

Vargas, H. (2012). *Uso de la lombriz roja en la transformación de residuos agrícolas*.

Manizales, Colombia. p. 45.

**ANEXOS**

## ANEXO N°1.

### MÉTODO PETRIFILM PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

#### **Inoculación:**

- Coloque la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la lámina semitransparente superior.
- Con la pipeta perpendicular a la Placa Petrifilm, coloque 1 ml de la muestra en el centro de la película cuadrículada inferior.
- Libere la película superior dejando que caiga sobre la dilución. No la deslice hacia abajo.
- Con el lado rugoso hacia abajo, coloque el dispersor o esparcidor sobre la película superior, cubriendo totalmente la muestra.
- Presione suavemente el dispersor o esparcidor para distribuir la muestra sobre el área circular. No gire ni deslice el dispersor. Recuerde distribuir la muestra antes de inocular una siguiente placa.
- Levante el dispersor o esparcidor. Espere por lo menos 1 minuto a que se solidifique el gel proceda a la incubación.

#### **Incubación**

- Incube las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

#### **Interpretación**

- Las Placas Petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz. Consulte la Guía de interpretación para leer los resultados.
- Las colonias pueden ser aisladas para su identificación posterior. Levante la película superior y recoja la colonia del gel.

## ANEXO N° 2

### MÉTODO PEC/EN/V-058 NEIKER PARA DETERMINAR AZÚCARES REDUCTORES

- Se prepara disolución de ácido dinitrosalicílico: diluyendo 4.8 g de NaOH en 60 ml de agua destilada. A esta disolución se le añaden 3 g de ácido dinitrosalicílico y 150 ml de agua destilada. Se diluye totalmente y se añaden 90 g de Sal de Rochelle, enrasando a un volumen total de 300 ml.
- Se toman 300 µl de cada una de las muestras líquidas, diluyéndolos en 1 ml de agua destilada en un tubo de ensayo.
- Posteriormente se adicionan en el tubo 2 ml de la disolución de ácido dinitrosalicílico preparada anteriormente. Se prepara también, los patrones y el blanco para el espectrofotómetro en un tubo 1 ml de agua destilada y 2ml de ácido dinitrosalicílico.
- Se coloca las muestras y el blanco al baño maría durante 5 minutos.
- Posteriormente se coloca a un baño de agua fría durante 2 minutos agitando y 10 minutos más dejando reposar.
- Se diluyen las muestras y el blanco cogiendo 1ml y diluyendo en 5 ml de agua destilada.
- Se introduce en el espectrofotómetro el blanco y los patrones, se mide a la longitud de onda de 546nm. Por último, se procede a la medida de las muestras a la misma longitud de onda.
- Para el cálculo del contenido total de azúcares reductores, se aplica la relación existente entre la absorbancia y el porcentaje en azúcares:

$$\% \text{ Azúcares Reductores} = (\text{Absorbancia} - 0.00385) \times 1.07893 \text{ (Fórmula 1)}$$

## ANEXO N°3

### MÉTODO PARA DETERMINAR NITRÓGENO TOTAL

#### Equipos y materiales:

- Aparato kjeldahl (Para digestión y destilación).
- Balanza analítica, sensible a 0,1 mg
- Balón Matraz Kjeldahl de 500ml a 800 ml
- Matraz Erlenmeyer de 500 ml
- Tapón de caucho
- Bureta de 25 ml
- Equipo eléctrico
- Probetas de 25 ml y 100 ml 5.9 Pipetas volumétricas de 5 ml y 50 ml.

#### Reactivos :

- Sulfato de potasio, óxido de titanio y Sulfato de cobre pentahidratado para mezcla catalizadora
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Hidróxido de sodio al 45% m/v
- Tiosulfato de sodio o solución de sulfuro alcalino al 4% m/v
- Solución alcohólica de rojo de metilo al 0,5% m/v
- Granallas de zinc
- Solución de NaOH normalizada (0,1 N) o solución de hidróxido de potasio

#### Preparación de la muestra:

- Si la muestra es líquida o pulverulenta, se le homogeniza invirtiendo varias veces el

recipiente que la contiene.

- Si la muestra se presenta en forma granular u otra forma, moler el material y hacer pasar el producto a través de un tamiz de abertura de 250  $\mu\text{m}$  (ver NTE INEN 154) y homogenizar.
- El material que se utilice para el ensayo debe estar libre de impurezas, y sin contaminación.

## **Procedimiento**

- La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- Preparar la mezcla catalizadora con 10,4 g de sulfato de potasio, 0,3 g de sulfato de cobre pentahidrado y 0,3 g de óxido de titanio.
- Pesar, con aproximación a 0,1 mg, aproximadamente de 0,7 g a 2,2 g de muestra y transferir al matraz Kjeldahl.
- Para muestras con nitratos. Agregar 40 ml de ácido sulfúrico que contenga 2 ml de ácido salicílico. Mezclar y dejar reposar 30 min, agitando periódicamente. Agregar 5 g de tiosulfato de sodio, agitar, dejar en reposo durante 5 min y calentar suavemente hasta que disminuya la espuma. Agregar al balón Kjeldahl 2,0 g de mezcla catalizadora. Hervir vivamente hasta que clarifique la solución y durante 30 min más. Continuar con el proceso de destilación.
- Para muestras libres de nitratos. Agregar 2,0 g de mezcla catalizadora y 25 ml de ácido sulfúrico. Si la muestra es mayor a 2,2 g colocar 10 ml/g de ácido sulfúrico. Colocar el balón en posición inclinada y calentar suavemente hasta que disminuya la espuma, añadir una pequeña cantidad de parafina.
- De ser necesario hervir vivamente la solución hasta que se aclare y durante 30 min más. Para abonos o muestras con materia orgánica hervir por 2 h. Continuar con el proceso de destilación.
- Destilación. Enfriar a temperatura ambiente y agregar 200 ml de agua. Añadir granallas de zinc para regular la ebullición, inclinar el balón y colocar 60 ml de solución de hidróxido de sodio o potasio al 45 %, o la cantidad suficiente para hacer el medio fuertemente alcalino.
- Prontamente conectar el balón al refrigerante y éste a una trampa de vapor, dejando el



extremo del refrigerante sumergido en una cantidad conocida de solución de ácido sulfúrico o clorhídrico. Calentar hasta destilar todo el amoníaco: mínimo 150 ml de destilado o probar con papel tornasol rosado de resultado negativo de amonio.

- Retirar el tubo de salida del destilado, enjuagando el exterior del tubo en el destilado para evitar el arrastre de vapor.
- Valorar el exceso de ácido:
- Titular con 2 gotas de indicador rojo de metilo. Se titula el exceso de la solución de ácido con la solución alcalina valorada de hidróxido de sodio o potasio. Se corrige el resultado efectuando el ensayo en blanco, con los reactivos sometiendo a digestión y destilación.
- Titulación con potenciómetro. Calibrarlo con buffers pH 4.00 y pH 7.00. Colocar un Erlenmeyer con un agitador magnético y el electrodo sumergido en la solución. Se titula con hidróxido de sodio o de potasio 0,3 - 0,5 N hasta pH de 5,0. Se corrige el resultado efectuando el ensayo en blanco, con los reactivos sometiendo a digestión y destilación.

### **Cálculos:**

El contenido de nitrógeno total en el fertilizante se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$N = \frac{1,4 (V1N1 - V2N2) - (V3N1 - V4N2)}{m}$$

### **Donde:**

N= contenido de nitrógeno total, en porcentaje de masa

V1= volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado de la muestra, en ml.

N1= normalidad de la solución de ácido sulfúrico

V2= volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en ml.

N2= normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V3= volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado del ensayo en blanco, en ml.

V4= volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco, en ml.

m= masa de la muestra del fertilizante, en gramos.

## ANEXO N°4

### DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL

#### Instrumental:

- Balanza analítica. Sensible al 0,1 mg.
- Matraz volumétrico, de 250cm<sup>3</sup>.
- Matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup>.
- Plancha eléctrica de calentamiento, con regulador de temperatura.
- Aparato para filtración al vacío.
- Embudo de porcelana, para filtración.
- Bureta, de 50 cm<sup>3</sup>.
- Vaso de precipitación, de 250 cm<sup>3</sup>.

#### Reactivos:

- Ácido nítrico concentrado, reactivo para análisis.
- Solución al 10% de ácido nítrico.
- Solución 0,183 15 N de ácido nítrico, debidamente estandarizada.
- Solución 0,366 3 N de hidróxido de sodio, debidamente estandarizada.
- Solución al 70-72% de ácido perclórico.
- Reactivo quimociac. Disolver 70 g de molibdato de sodio dihidratado en 250 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Aparte, disolver 60 g de ácido cítrico en una mezcla de 85 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico y 150 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Gradualmente añadir la solución de molibdato a la mezcla de ácidos cítrico y nítrico con una pequeña agitación. Añadir a 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada 35 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico y 5 cm<sup>3</sup> de quinolina sintética. Añadir la solución de quinolina a la mezcla de molibdato, ácido nítrico y ácido cítrico, mezclar bien y dejaren reposo durante 24 h. Filtrar y añadir 280 cm<sup>3</sup> de acetona y diluirlo en 1 000 cm<sup>3</sup> con agua destilada.

- Solución alcohólica de azul timol. Disolver 0,1 g de azul timol en 2,2 cm<sup>3</sup> de una solución de 0,1 N de hidróxido de sodio y diluir con 100 cm<sup>3</sup> de una solución de alcohol etílico al 50%.
- Solución al 0,1% de fenolftaleína. Disolver 0,1 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 50%.
- Solución indicadora mezclada. Mezclar conjuntamente 90 cm<sup>3</sup> de la solución indicadora azul timol y 60 cm<sup>3</sup> de la solución indicadora de fenolftaleína.
- Papel filtro (pulpa). Mezclar con agua el papel filtro y agitar durante dos minutos.

### **Preparación de la muestra:**

- Si la muestra es líquida, se la homogeniza invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.
- Si la muestra es pulverulenta, se la homogeniza.
- Si la muestra es cristalina, en grano o mineral, moler el material rápidamente y hacer pasar el producto a través de un tamiz de abertura de 250 μm, y homogeneizar.
- La cantidad de muestra de fertilizante extraída de un lote determinado deberá ser representativa y no deberá exponerse al aire ni a la humedad por mucho tiempo.
- El material que se use para el ensayo debe estar completamente limpio, seco y exento de contaminación.
- La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- Pesar, con aproximación al 0,1 mg, aproximadamente 1 g de muestra, y colocar en el vaso de precipitación de 250cm<sup>3</sup>.
- Agregar 30 cm<sup>3</sup> de ácido nítrico concentrado y hervir por 45 min.
- Enfriar y añadir 20 cm<sup>3</sup> de la solución
- Hervir lentamente el vaso de precipitación y su contenido, hasta que la solución se vuelva incolora y empiece a aparecer humos blancos (no hervir hasta sequedad).
- Enfriar, añadir 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada y volver a hervir por pocos minutos.
- Filtrar en un matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup> y llevar a volumen con agua destilada.
- Transferir a un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> una alícuota del líquido filtrado según que contenga no más de 30 mg de anhídrido fosfórico y diluir a 100cm<sup>3</sup> con agua destilada.

- Añadir 60 cm<sup>3</sup> del reactivo quimociac, cubrir con un vidrio de reloj, calentar y hervir durante un minuto.
- Retirar de la plancha eléctrica y, mientras se enfría, agitar la solución.
- Preparar el lecho filtrante, de aproximadamente 0,7 cm de espesor, sobre el disco perforado del embudo de porcelana, mediante dos incrementos iguales de pulpa de papel filtro; secar mediante succión entre cada una de las adiciones.
- Transferir al embudo filtrante el precipitado y lavar el matraz cinco veces, cada vez con porciones de 15 cm<sup>3</sup> de agua destilada.
- Inmediatamente, lavar las paredes del embudo con aproximadamente 15 cm<sup>3</sup> de agua destilada, para separar la acetona residual.
- Usando la solución 0,366 3N de hidróxido de sodio, titular el contenido en el vaso de precipitación, hasta que desaparezca el color amarillo.
- Agregar un exceso de 3 a 5 cm<sup>3</sup> de la solución 0,366 3 N de hidróxido de sodio y 1 cm<sup>3</sup> de la solución indicadora mezclada y, usando la solución 0,183 15 N de ácido nítrico, titular hasta obtener un color azul gris, que será el punto final de la titulación.

### **Cálculos:**

- El contenido del fósforo total en el fertilizante se calcula mediante la ecuación siguiente:
- Siendo:
- $$P_{2O5} = \frac{(V_1 - 2 V_2) \cdot N}{m \times V_3} \cdot 25$$
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= contenido de anhídrido fosfórico total, en el fertilizante, en porcentaje de masa.
- V<sub>1</sub>= volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado para disolver el precipitado de la muestra en cm<sup>3</sup>.
- V<sub>2</sub>= volumen de la solución de ácido nítrico empleado en la retrotitulación, en cm<sup>3</sup>.
- V<sub>3</sub>=volumen de la alícuota empleada para precipitar el anhídrido fosfórico.
- m=masa de la muestra del fertilizante, en g.

## ANEXO N°5

### DETERMINACIÓN DE POTASIO

#### Equipos y materiales

- Balanza analítica con precisión a 0,1 mg
- Placa para calentar - Matraces volumétricos de 100 ml y 250 ml
- Pipetas de 15 ml y 50 ml
- Probeta graduada de 5 ml
- Buretas de 10 ml y 50 ml
- Matraz Erlenmeyer de 100 ml y 125 ml
- Papel filtro Whatman No. 12, 30 y 42 o equivalentes

#### Reactivos

- Solución de hidróxido de sodio al 20%
- Solución de formaldehído al 37%
- Indicador de amarillo Clayton. Disolver 40 mg en 100 ml de agua.
- Solución de oxalato de amonio al 4%
- Carbón activado libre de potasio.
- Solución de tetrafenilborato de sodio (T.F.B.S) al 1,2%.
- Disolver 12 g de tetrafenilborato de sodio en 800 ml de agua. Agregar de 20 g a 25 g de hidróxido de aluminio. Agitar por 5 min y filtrar con papel Whatman No. 42 o su equivalente, en un matraz volumétrico de 1000 ml. Lavar el recipiente con agua y filtrar. Al filtrado agregar 2 ml de solución de hidróxido de sodio al 20%. Diluir con agua hasta el volumen y mezclar. Reposar por 48 h y titular la solución.

### **Salas de amonio cuaternarias (S.A.C):**

- Cloruro de cetiltrimetilamonio (cloruro de zefirán ) al 0,625. Diluir 50 ml de cloruro de zefirán al 12,8% con agua hasta 1litro. Mezclar y titular.
- Bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB). Disolver 6,5 g de CTAB en agua en un matraz de 1000 ml, diluir hasta la marca y titular.
- Fosfato monopotásico
- Hidróxido de aluminio
- Titulación de soluciones S.A.C. y T.F.B.S
- S.A.C. En un matraz erlenmeyer de 125 ml colocar 2 ml de solución tetrafenilborato de sodio con 40 ml a 50 ml de agua destilada y 2 ml de solución de hidróxido de sodio al 20%, 5 ml de formaldehido, 3 ml de solución de oxalato de amonio al 4 % y 6 a 8 gotas de indicador de amarillo Clayton. Titular con la solución de sal de amonio cuaternaria (cloruro de zefirán o CTAB) hasta un punto final de color rosado, Usar una bureta de 10 ml. Ajustar la solución de tal forma que:  $1\text{ml T.F.B.S} = 2 \pm 0,02 \text{ ml S.A.C.}$
- T.F.B.S. Disolver 2,5 g de fosfato monopotásico en agua en un matraz de 250 ml, colocar 50 ml de la solución de oxalato de amonio al 4%, diluir con agua hasta el volumen y mezclar. Tomar 15 ml (51,92 mg K<sub>2</sub>O; 43,1 mg K) en un matraz de 100 ml. Agregar 2 ml de solución de hidróxido de sodio al 20%, 5 ml de formaldehido y 43 ml de solución de tetrafenilborato de sodio. Diluir con agua al volumen. Mezclar y dejar reposar de 5 min a 10 min. Filtrar con filtro Whatman No. 12 o su equivalente. Colocar 50 ml de filtrado en un matraz erlenmeyer de 125 ml, agregar 6 a 8 gotas de indicador de amarillo Clayton y titular el exceso con la solución de la sal cuaternaria.

### **Se calcula la titulación con:**

$$F = 34.61 / (V1 - V2)$$

Donde:

F = factor equivalente al % de ml K<sub>2</sub>O de solución de T.F.B.S

V1 = 43 ml de T.F.B.S. adicionado

V2 = ml de SAC usado en la titulación

## Procedimiento

- Preparación de la solución muestra - Fertilizantes mezclados (hasta el 60 %) y sulfato de potasio o magnesio (22 %)
- Pesar 1,5058 g de muestra y colocarla en un matraz aforado de 250 ml. Agregar 125 ml de agua y 50 ml de solución al 4% de oxalato de amonio. Hervir por 30 min. Agregar 2 g de carbón activado antes de la ebullición si hay materia orgánica. Cloruro de potasio (60%) y sulfato de potasio (50%).
- Pesar 1,5058 g de muestra, colocarla en un matraz de 250 ml, agregar 250 ml de agua.
- Agitar hasta la disolución completa. Llevar al volumen y homogenizar.
- Determinación
- Tomar un alícuota de 15 ml de la solución muestra, colocarla en un matraz de 100ml. Agregar 2ml de solución al 20% de hidróxido de sodio y 5 ml de solución de formaldehído al 37%. Mezclar por rotación.
- Agregar 1ml de tetrafenilborato de sodio por cada 1% de K<sub>2</sub>O que contenga la muestra, más un exceso de 8 ml para asegurar completa precipitación. No rotar ni mezclar la solución al agregar el tetrafenilborato de sodio, porque puede formar mucha espuma. Diluir a volumen y mezclar.
- Dejar en reposo de 5 min a 10 min y filtrar con papel Whatman No. 12 o su equivalente.
- Tomar una alícuota con la pipeta de 50 ml y colocarla en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, agregar de 6 a 8 gotas de amarillo Clayton.
- Titular el exceso de solución de tetrafenilborato de sodio hasta el punto de viraje que lo indica una coloración rosada. Usar una bureta de 10 ml.

## Cálculos

$$K_2O = (V_1 - V_2) \times F \times 2,5$$

Donde:

K<sub>2</sub>O = % del contenido de óxido de potasio

V<sub>1</sub> = volumen en ml de la solución de tetrafenilborato de sodio agregado

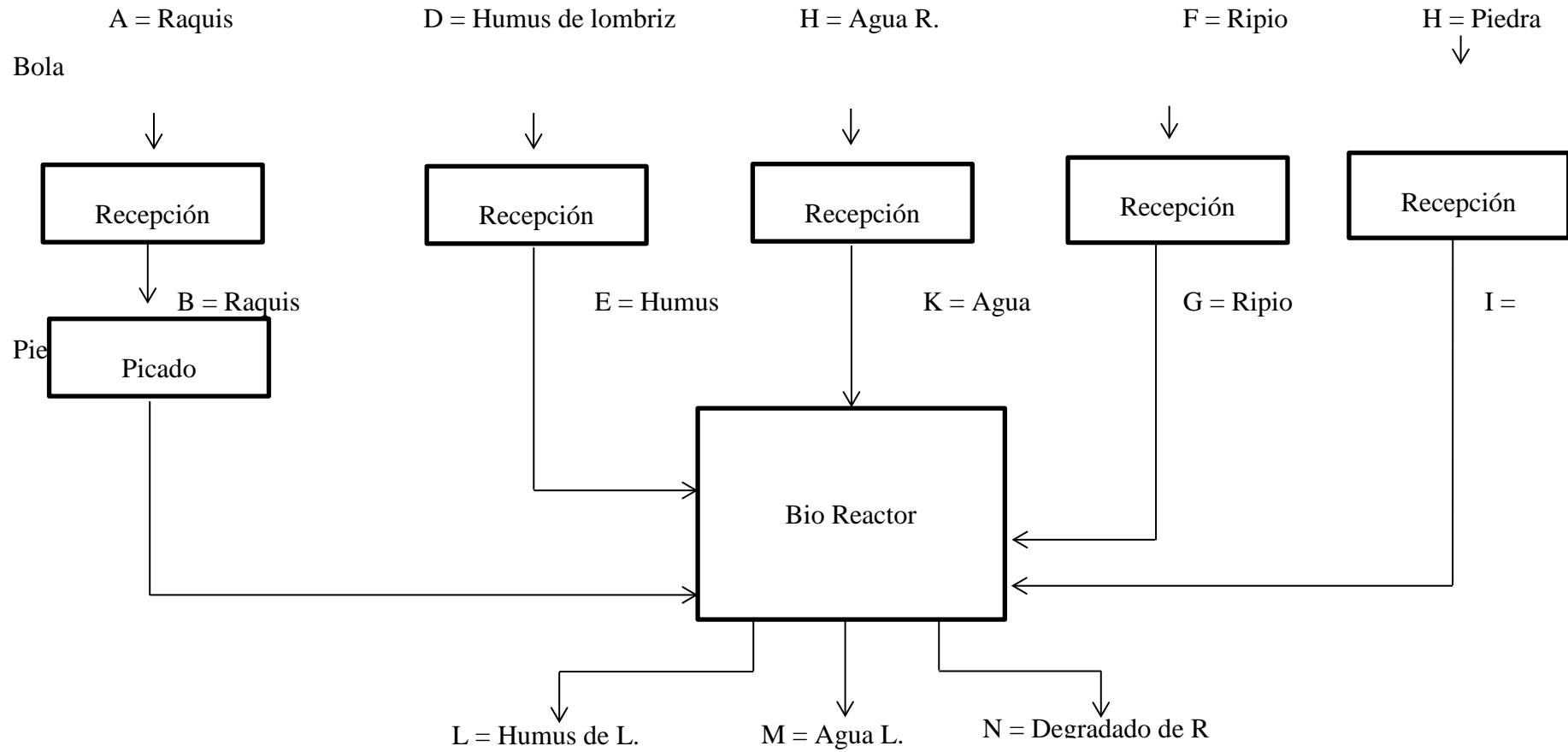
V<sub>2</sub> = volumen en ml de la solución de sales de amonio cuaternario de la titulación

F = factor de la solución de tetrafenilborato de sodio

M = masa de la muestra en gramos

## ANEXO N°6

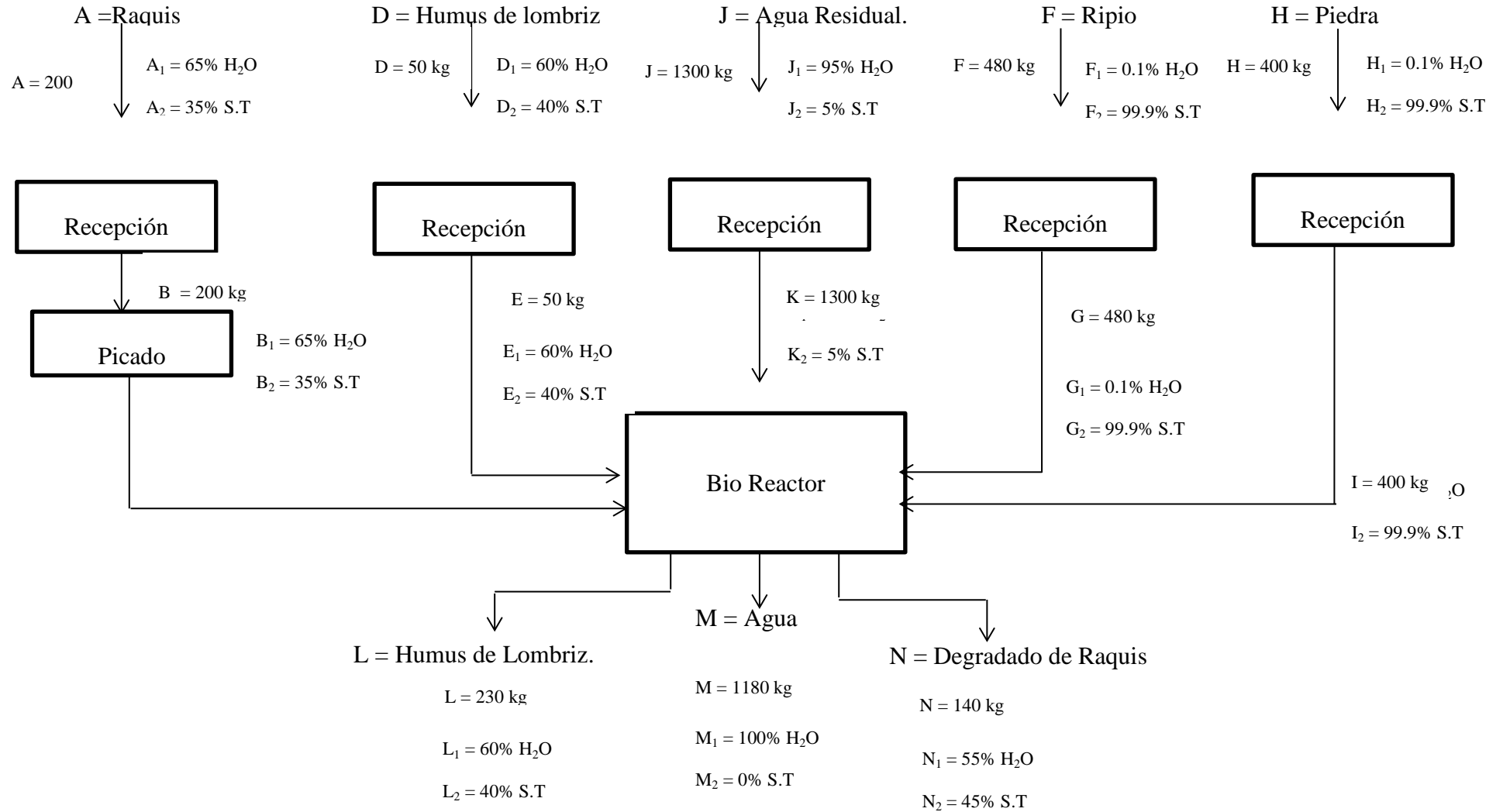
Diagrama de flujo cualitativo para la biodegradación del sustrato sólido “raquis de palma”.





## ANEXO N° 7

**Diagrama de flujo cuantitativo para la biodegradación del sustrato sólido “raquis de palma”.**

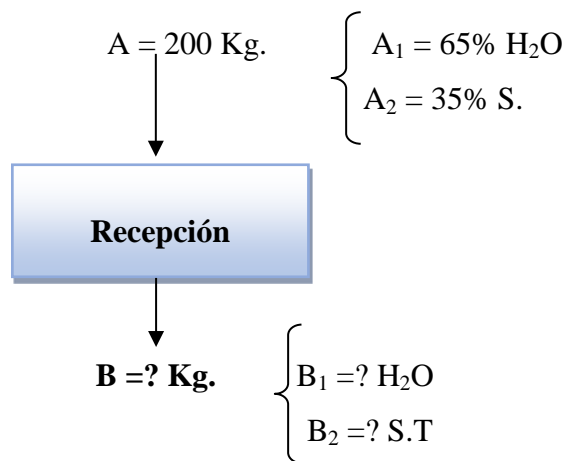


## ANEXO N°8

Balance masa a nivel de laboratorio para la biodegradación del sustrato sólido “raquis”.

### Materia Prima: Raquis

Balance para la recepción del raquis.



**Balance general:**

$$A = B$$

$$B = 200 \text{ Kg.}$$

**Balance parcial de agua**

$$A (A_1) = B (B_1)$$

$$200 (0.65) = 200 (B_1)$$

$$B_1 = \frac{130}{200}$$

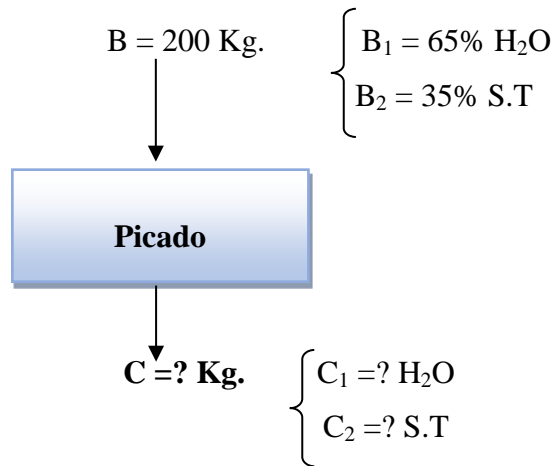
$$B_1 = 0.65 * 100\%$$

$$B_1 = 65\% \text{ de H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de sólidos totales

$$\begin{aligned}A (A_2) &= B (B_2) \\200 (0.35) &= 200 (B_2) \\B_2 &= \frac{70}{200} \\B_2 &= 0.35 * 100\% \\B_2 &= 35\% \text{ de S.T}\end{aligned}$$

### Balance para el picado del raquis.



### Balance general:

$$\begin{aligned}C &= B \\C &= 200 \text{ Kg.}\end{aligned}$$

### Balance parcial de agua

$$\begin{aligned}B (B_1) &= C (C_1) \\200 (0.65) &= 200 (C_1)\end{aligned}$$

$$C_1 = \frac{130}{200}$$

$$C_1 = 0.65 * 100\%$$

$$C_1 = 65\% \text{ de H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de sólidos totales

$$B (B_2) = C (C_2)$$

$$200 (0.35) = 200 (C_2)$$

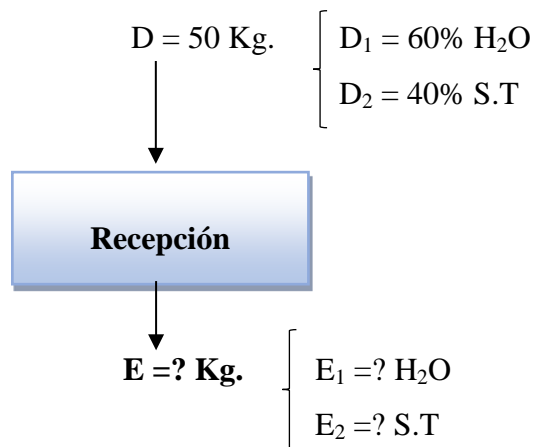
$$C_2 = \frac{70}{200}$$

$$C_2 = 0.35 * 100\%$$

$$C_2 = 35\% \text{ de H}_2\text{O}$$

### Balance de materia para los componentes del bio reactor

### Balance de materia para la recepción de humus de lombriz



**Balance general:**

$$\mathbf{D = E}$$

$$E = 50 \text{ Kg.}$$

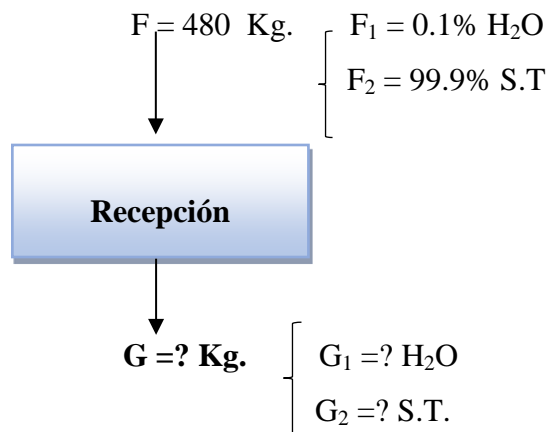
### Balance parcial de agua

$$D (D_1) = E (E_1)$$
$$50 (0.60) = 50 (E_1)$$
$$E_1 = \frac{30}{50}$$
$$E_1 = 0.6 * 100\%$$
$$E_1 = 60\% \text{ H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de sólidos totales

$$D (D_2) = E (E_2)$$
$$50 (0.4) = 50 (E_2)$$
$$E_2 = \frac{20}{50}$$
$$E_2 = 0.4 * 100\%$$
$$E_2 = 40\% \text{ S.T}$$

### Balance de materia para el ripio



### Balance general:

$$\mathbf{F = G}$$
$$G = 480 \text{ Kg.}$$

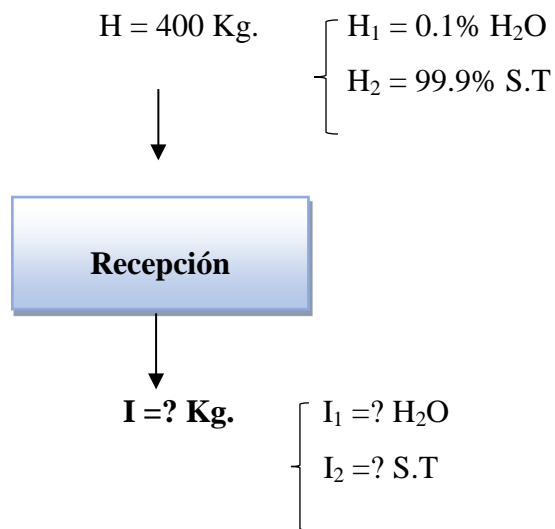
### Balance parcial de agua

$$F (F_1) = G (G_1)$$
$$480 (0.001) = 480 (G_1)$$
$$G_1 = \frac{0.48}{480}$$
$$G_1 = 0.001 * 100\%$$
$$G_1 = 0.1\% \text{ H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de sólidos totales

$$F (F_2) = G (G_2)$$
$$480 (0.999) = 480 (G_2)$$
$$G_2 = \frac{479.52}{480}$$
$$G_2 = 0.999 * 100\%$$
$$G_2 = 99.9\% \text{ S.T}$$

### Balance de materia para la piedra bola



**Balance general:**

$$H = I$$

$$I = 400 \text{ Kg.}$$

**Balance parcial de agua**

$$H (H_1) = I (I_1)$$

$$400 (0.001) = 400 (I_1)$$

$$I_1 = \frac{0.4}{400}$$

$$I_1 = 0.001 * 100\%$$

$$I_1 = 0.1\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de sólidos totales**

$$H (H_2) = I (I_2)$$

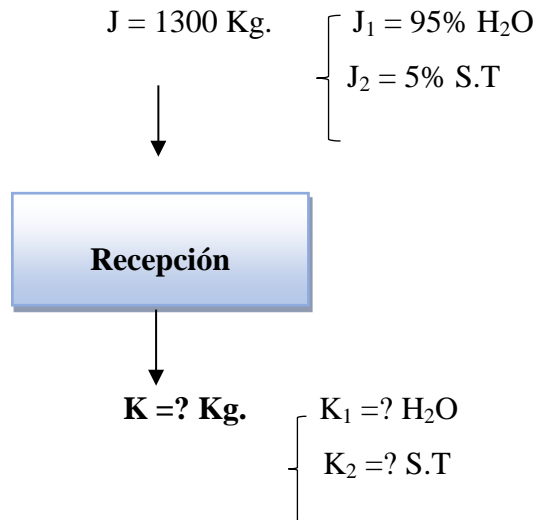
$$400 (0.999) = 400 (I_2)$$

$$I_2 = \frac{399.6}{400}$$

$$I_2 = 0.999 * 100\%$$

$$I_2 = 99.9\% \text{ S.T}$$

**Balance de materia para el material de biodegradación.  
Balance de materia para la recepción del agua residual.**



**Balance general:**

$$J = K$$

$$K = 1300 \text{ Kg.}$$

**Balance parcial de agua**

$$J (J_1) = K (K_1)$$

$$1300 (0.95) = 1300 (K_1)$$

$$K_1 = \frac{1235}{1300}$$

$$K_1 = 0.95 * 100\%$$

$$K_1 = 95\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de sólidos totales**

$$J (J_2) = K (K_2)$$

$$1300 (0.05) = 1300 (K_2)$$



$$K_2 = \frac{65}{1300}$$

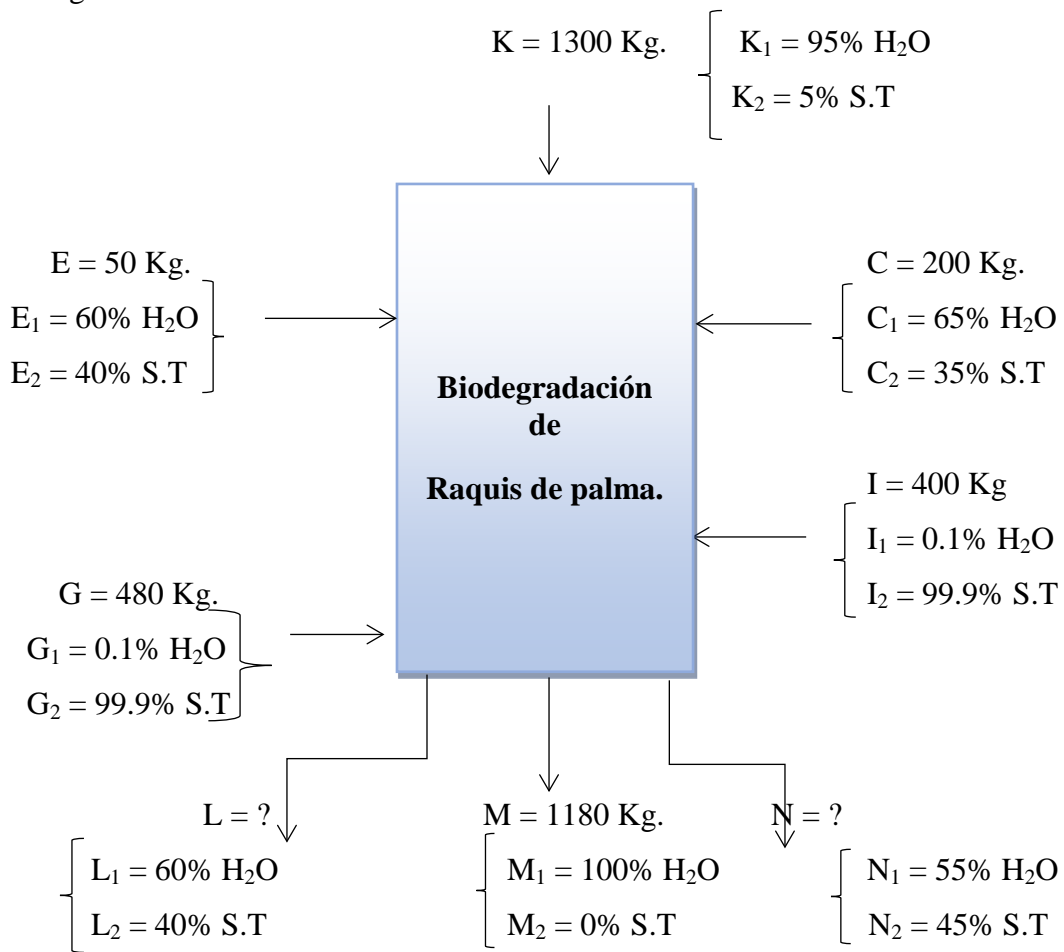
$$K_2 = 0.05 * 100\%$$

$$K_2 = 5\% \text{ S.T}$$

**Balance de materia para el proceso de biodegradación del raquis de palma.**

**Nomenclatura:**

- C:** Raquis de palma.
- E:** Humus de lombriz.
- G:** Ripio.
- I:** Piedra bola.
- K:** Agua residual.



## Nomenclatura

**L:** Humus de lombriz después del proceso de degradación.

**M:** Agua limpia.

**N:** Biodegradado de raquis de palma.

**Nota:** Se usan solo los componentes orgánicos, ya que estos son los que sufren cambios debido al proceso de biodegradación.

### Balance general:

$$\begin{aligned}K + E + C &= L + M + N \\1300 + 50 + 200 &= L + 1180 + N \\1550 &= L + 1180 + N \\1550 - 1180 &= L + N \\L &= 370 - N\end{aligned}$$

### Balance parcial de agua.

$$\begin{aligned}K + E + C &= L + M + N \\K (K_1) + E (E_1) + C (C_1) &= L (L_1) + M (M_1) + N (N_1) \\1300 (0.95) + 50 (0.6) + 200 (0.65) &= (370 - N) (0.6) + 1180 (1) + N (0.55) \\1235 + 30 + 130 &= 222 - 0.6N + 1180 + 0.55N \\1395 - 222 - 1180 &= -0.6N + 0.55N \\-7 &= -0.05N \\N &= \frac{7}{0.05} \\N &= 140\end{aligned}$$

**Balance general:**

$$K + E + C = L + M + N$$

$$1300 + 50 + 200 = L + 1180 + N$$

$$1550 = L + 1180 + N$$

$$1550 - 1180 = L + N$$

$$L = 370 - 140$$

$$L = 230$$

## ANEXO N°9

**Diseño del bio reactor utilizado a nivel de planta piloto para biodegradación de sustrato sólido (Raquis de palma africana).**

### **Datos para los componentes del bio-reactor**

Humus de lombriz = 50 Kg

$$\delta = 1040 \text{ kg/m}^3$$

Sustrato sólido = 200 Kg

$$\delta = 1090 \text{ kg/m}^3$$

Ripio = 480 Kg

$$\delta = 1370 \text{ kg/m}^3$$

Piedra Bola = 400 Kg

$$\delta = 1375 \text{ kg/m}^3$$

**Tiempo** = 50 días.

$$T_1 = 24 \text{ C}$$

### **Datos para el efluente usado**

Agua residual = 1300 Lts.

$$\delta = 1100 \text{ kg/m}^3$$

Agua residual de salida = 1180 Lts.

### **Nomenclatura**

$T_1$  = Temperatura del raquis.

**Calculo de la masa de cada uno de los componentes.**

**Humus de lombriz**

$$\delta = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{50 \text{ kg}}{1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen} = 0.0480 \text{ m}^3$$

**Sustrato sólido**

$$\delta = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{200 \text{ kg}}{1090 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen} = 0.1834 \text{ m}^3$$

**Ripio**

$$\delta = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{480 \text{ kg}}{1370 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen} = 0.3503 \text{ m}^3$$

## Piedra bola

$$\delta = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{400 \text{ kg}}{1375 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen} = 0.2909 \text{ m}^3$$

**Volumen total** = Volumen del humus de lombriz + volumen de raquis + volumen del ripio + volumen de la piedra bola

$$\text{Volumen total} = 0.0480 \text{ m}^3 + 0.1834 \text{ m}^3 + 0.3503 \text{ m}^3 + 0.2909 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 0.8726 \text{ m}^3 * 1.3 \text{ estimado volumen de agua en 50 dias}$$

$$\text{Volumen total} = 1.1344 \text{ m}^3$$

Se asume un diámetro de 1000 mm → 100 cm → 1m.

**Cálculo de la altura** → Por no ser una esfera completa

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$H = \frac{V}{\pi * r^2}$$

$$L = \frac{1.1344 \text{ m}^3}{\pi * (0.5 \text{ m})^2}$$

$$L = 1.4443 \text{ m}$$

$$L = 144.44 \text{ cm}$$

**Calculo del volumen**

$$V = \pi * r^2 * L$$

$$V = \pi * (0.5 \text{ m})^2 * 1.4443 \text{ m}$$

$$V = 1.1334 \text{ m}^3$$

**Cálculo del largo del cono a la altura inclinada.**

**Dónde:**

**D1** = Es el diámetro del cilindro.

**r** = Radio.

**hs** = Altura del cono.

**hi** = Es la medida que indica el largo del cono o la altura inclinada.

**Cálculo del hi del cono mediante teorema de Pitágoras.**

$$V_{cilindro} = \pi * \frac{D_1^2}{4} * h$$

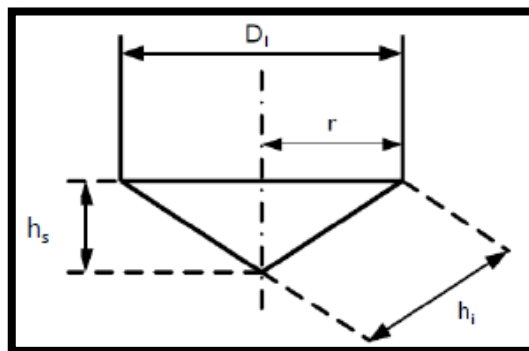
$$1.1344 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} D^2 * \frac{D}{2}$$

$$1.1344 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{8} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{1.1344 \text{ m}^3 * 8}{\pi}}$$

$$D = 0.3598 \text{ m}$$

$$r = 0.1799 \text{ m}$$



### **Cálculo de la altura del cono**

$$h_s = \frac{D}{2}$$
$$h_s = \frac{0.3598 \text{ m}}{2}$$
$$h_s = 0.1799 \text{ m}$$

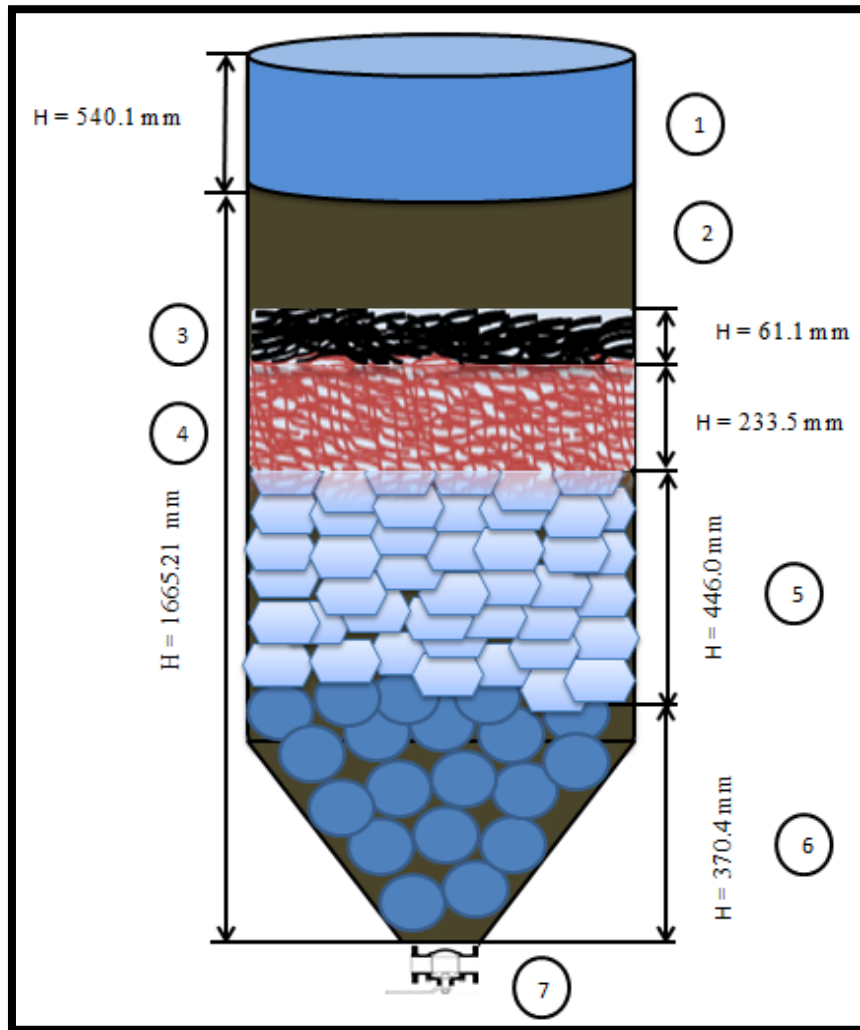
### **Cálculo de la altura inclinada del cono.**

$$h_i = \sqrt{r^2 + h_s^2}$$
$$h_i = \sqrt{(0.1799\text{m})^2 + (0.1799\text{m})^2}$$
$$h_i = 0.2523 \text{ m}$$

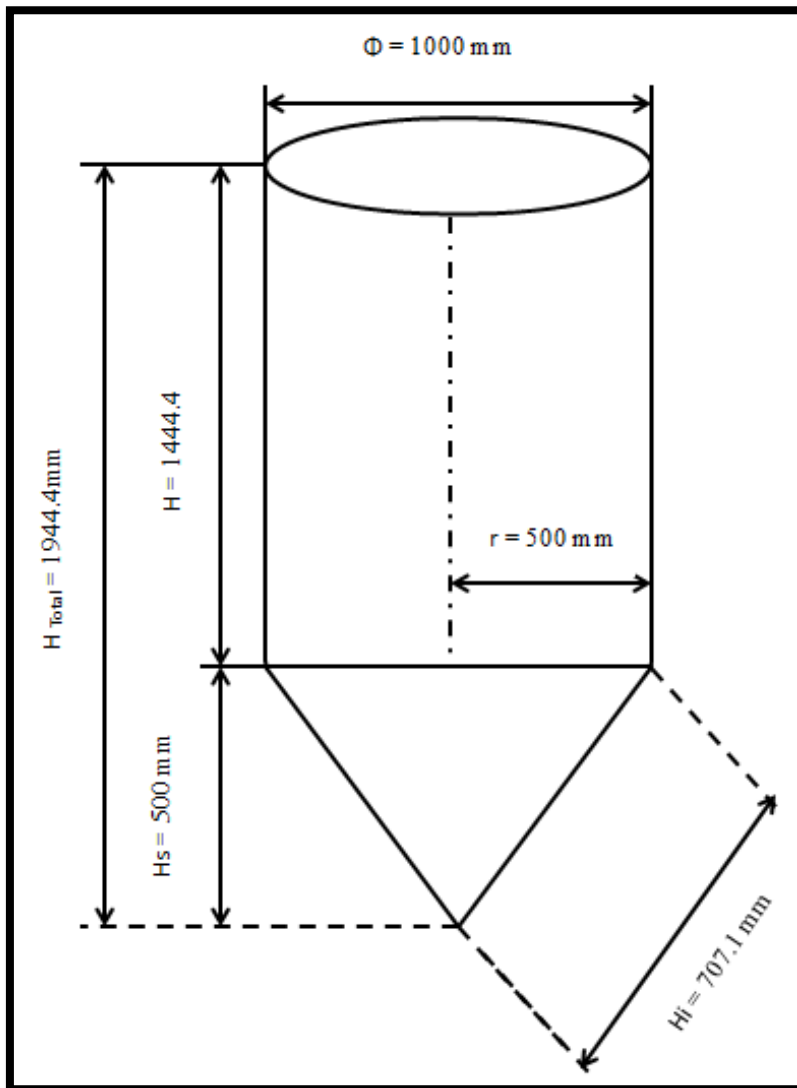


## ANEXO 28

### DISEÑO DEL BIOREACTOR



N°	Estado
1	Altura de ventilación.
2	Altura del agua residual.
3	Altura de humus de lombriz.
4	Altura del sustrato sólido.
5	Altura del ripio.
6	Altura de la piedra bola.
7	Llave de desfogue del agua tratada.



Simbología	Estado
$\Phi$	Diámetro del Bio reactor
$r$	Radio del Bio reactor
$H_i$	Altura inclinada del cono
$H_s$	Altura del cono
$H_{total}$	Altura total del Bio reactor

### UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

<b>Proyecto:</b> Bio reactor	Vista Frontal del Bio reactor y Dimensionamiento	<b>Fecha:</b> 16/10/14
<b>Dibujo:</b> Lissette Vásquez		<b>Escala:</b> 1:100
<b>Aprobó:</b> Dr. Tania A.		<b>Plano:</b> N° 1

## ANEXO N°10

### Reporte análisis N,P,K de raquis a 25°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

#### DATOS DEL PROPIETARIO

NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .  
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO  
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA  
TELEFONO:0995021544

#### DATOS DE LA PROPIEDAD

EMPRESA: TESIS  
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO  
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA  
PROVINCIA : TSACHILA

#### PARA USO DEL LABORATORIO

TIPO DE MUESTRA: RAQUIS DE PALMA T -1 R  
FECHA DE MUESTREO:  
FECHA DE INGRESO:21/04/2014  
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)

METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA

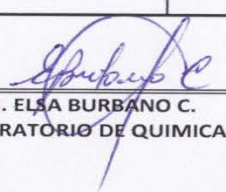
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO

T 1 a 25°C

T 2 a 30°C

T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1085	RAQUIS DE PALMA (T-1R)	1,76	0,48	0,23

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



LABORATORIO DE QUÍMICA  
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA

## ANEXO N°11

### Reporte análisis N,P,K de raquis a 30°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

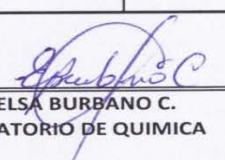
DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: RAQUIS DE PALMA T -2 R
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO  
T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
✓ 1088	RAQUIS DE PALMA (T-2R)	1,79	0,53	0,24

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



LABORATORIO DE QUÍMICA  
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA

## ANEXO N°12

### Reporte análisis N,P,K de raquis a 35°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

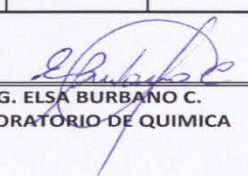
DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: RAQUIS DE PALMA T -3 R
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO  
T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

Nº Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1091	RAQUIS DE PALMA (T-3R)	2,10	0,57	0,22

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°13

### Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 35°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: CASCARILLA T -3 A
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)

METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA

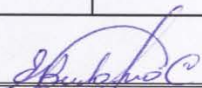
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO

T 1 a 25°C

T 2 a 30°C

T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1089	CASCARILLA DE ARROZ T-3 A	1,51	0,52	0,14

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°14

### Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 30°C a los 100 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

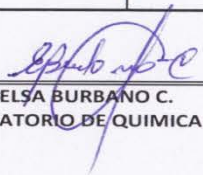
DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: CASCARILLA T-2 A
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO  
T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1086	CASCARILLA DE ARROZ T-2 A	1,65	0,42	0,03

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°15

### Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 30°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

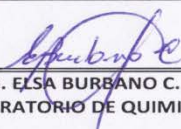
DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: CASCARILLA T -1 A
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO  
T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1083	CASCARILLA DE ARROZ T-1 A	1,15	0,45	0,06

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



LABORATORIO DE QUÍMICA  
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA



## ANEXO N°16

### Reporte análisis N,P,K de viruta a 35°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

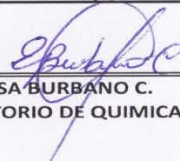
DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: VIRUTA T -3 V
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO  
T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1090	VIRUTA T-23V	1,93	0,50	0,15

  
ING. ELSA BURBAÑO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°17

### Reporte análisis N,P,K de viruta a 30°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :


DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: VIRUTA T-2 V
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO  
T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
✓ 1087	VIRUTA T-2 V	1,82	0,48	0,09

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°18

### Reporte análisis N,P,K de viruta a 25°C a los 50 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544


DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: 1084 T-1 V
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:21/04/2014
FECHA DE SALIDA : 30/04/2014

DIGESTION : HUMEDA (NITRICA-PERCLORICA)  
METODO DE ANALISIS: KENDHAL Y ABSORCION ATOMICA  
TEMPERATURA DE TRATAMIENTO

T 1 a 25°C  
T 2 a 30°C  
T 3 a 35°C

Nº Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1084	VIRUTA T-1 V	1,65	0,51	0,11

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°19

### Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 25°C a los 75 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

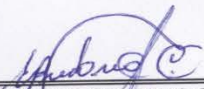
### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ . DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: VIRUTA T 1-Z(T1 a 25°C) FECHA DE MUESTREO: FECHA DE INGRESO:03/06/2014 FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1098	CASCARILLA T-1 Z (75 días )	1,15	0,39	0,22

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°20

### Reporte análisis N,P,K de viruta a 35°C a los 100 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES


### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: VIRUTA T 3V(T1 a 25°C)
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:03/06/2014
FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1097	VIRUTA T-3 V (100 días )	1,45	0,32	0,31

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°21

### Reporte análisis N,P,K de viruta a 25°C a los 100 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

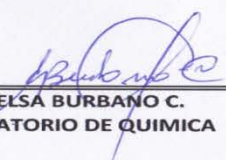
### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ . DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: VIRUTA T 1-V(T1 a 25°C) FECHA DE MUESTREO: FECHA DE INGRESO:03/06/2014 FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1096	VIRUTA T-1 V (100 días )	1,40	0,28	0,34

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUÍMICA



## ANEXO N°22

### Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 30°C a los 100 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

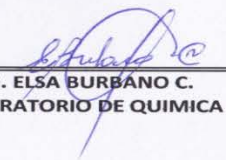
### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: CASCARILLA T 2-A(T1 a 35°C)
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:03/06/2014
FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1095	CASCARILLA T-2 A(100 días )	1,34	0,40	0,25

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N°23

### Reporte análisis N,P,K de cascarilla a 25°C a los 100 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES


### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ . DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: CASCARILLA T 1-A(T1 a 35°C) FECHA DE MUESTREO: FECHA DE INGRESO:03/06/2014 FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

Nº Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1094	CASCARILLA T-1A (100 días	1,26	0,41	0,26

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA





## ANEXO N°24

### Reporte análisis N,P,K de raquis a 35°C a los 100 días de biodegradación



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

## REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

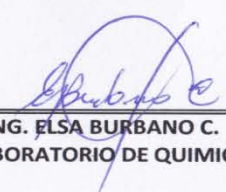
### RESULTADOS :

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA:RAQUIS T 3-R(T1 a 30°C)
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:03/06/2014
FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1093	RAQUIS T-3R (100 días )	1,80	0,28	0,28

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



ANEXO N°25

Reporte análisis N,P,K de raquis a 25°C a los 100 días de biodegradación



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
CAMPUS ARTURO RUIZ MORA SANTO DOMINGO

**REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES**

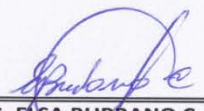
**RESULTADOS :**

DATOS DEL PROPIETARIO
NOMBRE DEL SOLICITANTE: SRTA LISSETTE VASQUEZ .
DIRECCION: KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
TELEFONO:0995021544

DATOS DE LA PROPIEDAD
EMPRESA: TESIS
DIRECCION:KM 23 VIA QUEVEDO
CIUDAD: PARROQUIA LUZ DE AMERICA
PROVINCIA : TSACHILA

PARA USO DEL LABORATORIO
TIPO DE MUESTRA: RAQUIS T 1-R(T1 a 30°C)
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE INGRESO:03/06/2014
FECHA DE SALIDA : 20/06/2014

N° Muestra Laboratorio	Identificación	% DE MATERIA SECA		
		N	P	K
1092	RAQUIS T-1 R (100 dias )	1,85	0,32	0,51

  
ING. ELSA BURBANO C.  
LABORATORIO DE QUIMICA



## ANEXO N° 26

### Reporte análisis microbiológicos



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
Sede Santo Domingo  
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



#### LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUA Y ALIMENTOS INFORME DE RESULTADOS

<b>FECHA:</b>	Santo Domingo de 29 de julio del 2014
<b>SOLICITANTE:</b>	VASQUEZ VIVAR LIDIA LESSETTE
<b>MUESTRA:</b>	AGUAS SERVIDAS
<b>UNIDADES:</b>	80 UNIDADES MUESTREALES DE 50ML ( 240 análisis)
<b>OBSERVACIONES:</b> Se recibieron tres muestras con olor y color característico (TRABAJO DE TESIS)	

INDICADORES MICROBIOLÓGICOS	MÉTODOS DE ENSAYO
<b>CONTEO TOTAL DE MESOFILOS AEROBIOS UFC/ML</b>	PLACA PETRIFILM 3M™ PARA RECUENTO DE AEROBIOS TOTALES
<b>COLIFORMES TOTALES UFC/ML</b>	PLACA PETRIFILM 3M™ PARA RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES
<b>COLIFORMES FECALES CONTEO DE UFC/ML</b>	PLACA PETRIFILM 3M™ PARA RECUENTO DE COLIFORMES FECALES
<b>DETERMINACION DE COLIFORMES FECALES y E.coli</b>	PLACA PETRIFILM 3M™ PARA RECUENTO DE E. COLI

VARIABLES	TIEMPO		LOG UFC CONTEO TOTAL				
	(días)	TEMP (°C)				X	DS
RAQUIS	50	25	10.4	10	10.8	10.4	0.4
RAQUIS	50	35	10	10.1	10.6	10.2	0.3
RAQUIS	62.5	30	9.1	9.4	9	9.2	0.2
RAQUIS	100	25	15	14.7	15	14.9	0.2
RAQUIS	100	35	10	9.9	8.9	9.6	0.6
VARIABLES	TIEMPO		LOG UFC CONTEO TOTAL				
	(días)	TEMP (°C)				X	DS
VIRUTA	50	25	9.7	9.8	9.8	9.8	0.1
VIRUTA	50	35	10	9.8	9.5	9.8	0.3
VIRUTA	75	30	7.9	9.2	9	8.7	0.7
VIRUTA	100	25	8.5	10	9.7	9.4	0.8
VIRUTA	100	35	8.6	8.9	10	9.2	0.7
VARIABLES	TIEMPO	TEMP (°C)	LOG UFC CONTEO TOTAL			X	DS



LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUA Y ALIMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

	(días)						
ARROZ	50	25	8.5	8.3	9.2	8.7	0.5
ARROZ	50	30	7.9	7.8	9	8.2	0.7
ARROZ	75	35	7.8	7.9	9	8.2	0.7
ARROZ	75	25	9.2	8.9	7.9	8.7	0.7
ARROZ	100	25	6.8	8.1	7.4	7.4	0.7
ARROZ	100	30	6.7	6.8	7.8	7.1	0.6

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES TOTALES			X	DS
RAQUIS	50	25	8.1	7.9	7.4	7.8	0.4
RAQUIS	50	35	7.4	7.7	6.6	7.2	0.6
RAQUIS	62.5	30	8.5	6.7	6.5	7.2	1.1
RAQUIS	100	25	4.5	5.4	5.8	5.2	0.7
RAQUIS	100	35	8.6	6.1	7.7	7.5	1.3

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES TOTALES			X	DS
VIRUTA	50	25	5.8	6.9	7.9	6.9	1.1
VIRUTA	50	35	5.8	5.9	7.8	6.5	1.1
VIRUTA	75	30	6.4	4.8	4	5.1	1.2
VIRUTA	100	25	3.5	3.7	5.4	4.2	1.0
VIRUTA	100	35	4	4.7	5.9	4.9	1.0

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES TOTALES			X	DS
ARROZ	50	25	5.9	7.3	7.9	7.0	1.0
ARROZ	50	30	6.5	7.9	6.9	7.1	0.7
ARROZ	75	35	4.7	6.2	5.2	5.4	0.8
ARROZ	75	25	5.7	6.6	6.8	6.4	0.6
ARROZ	100	25	5	3.8	3.8	4.2	0.7
ARROZ	100	30	4.8	4.9	3.9	4.5	0.6

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC HONGOS			X	DS
RAQUIS	50	25	7.7	6.9	7.8	7.5	0.5
RAQUIS	50	35	6	5.9	6.9	6.3	0.6
RAQUIS	62.5	30	4.9	5.8	6.4	5.7	0.8
RAQUIS	100	25	7.9	7.7	7.7	7.8	0.1
RAQUIS	100	35	6.9	7.2	7	7.0	0.2
VARIABLES	TIEMPO	TEMP (°C)	LOG UFC HONGOS			X	DS



LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUA Y ALIMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

	(días)						
VIRUTA	50	25	6.5	6	6.6	6.4	0.3
VIRUTA	50	35	4.6	4.9	5.2	4.9	0.3
VIRUTA	75	30	6	5	5	5.3	0.6
VIRUTA	100	25	6.4	7.5	6.5	6.8	0.6
VIRUTA	100	35	6	5	4.7	5.2	0.7
VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC HONGOS			X	DS
ARROZ	50	25	5.5	6	6.2	5.9	0.4
ARROZ	50	30	4.5	4.4	5.4	4.8	0.6
ARROZ	75	35	5.4	5.8	4.4	5.2	0.7
ARROZ	75	25	3.9	3.8	4.8	4.2	0.6
ARROZ	100	25	4.8	4.3	4.9	4.7	0.3
ARROZ	100	30	4.9	4.5	6.6	5.3	1.1

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES FECALES			X	DS
RAQUIS	50	25	3.9	4.7	4.8	4.5	0.5
RAQUIS	50	35	3.8	4	4.4	4.1	0.3
RAQUIS	62.5	30	1.9	2.4	2.9	2.4	0.5
RAQUIS	100	25	3	2.7	2.9	2.9	0.2
RAQUIS	100	35	1.5	1.8	2	1.8	0.3

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES FECALES			X	DS
VIRUTA	50	25	3.7	3.8	3.8	3.8	0.1
VIRUTA	50	35	4	3.8	3.4	3.7	3.7
VIRUTA	75	30	2.2	1.9	1.9	2.0	2.0
VIRUTA	100	25	0.9	1.1	1.3	1.1	1.1
VIRUTA	100	35	1.2	1.4	1.8	1.5	1.5

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES FECALES			X	DS
ARROZ	50	25	2.7	3	3.1	2.9	0.2
ARROZ	50	30	3.8	3.1	2.8	3.2	0.5
ARROZ	75	35	1.9	3.1	2.3	2.4	0.6
ARROZ	75	25	1.5	2.8	2.9	2.4	0.8
ARROZ	100	25	1.9	0.9	1.9	1.6	0.6
ARROZ	100	30	1.9	1.2	1.5	1.5	0.4



LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUA Y  
ALIMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC HONGOS			X	DS
RAQUIS	0	0	2.3	1.5	2.1	2.0	0.4
VIRUTA	0	0	2.1	2.8	1.4	2.1	0.7
ARROZ	0	0	2.1	2.2	3.2	2.5	0.6
CONTROL	0	0	1.2	1	1.3	1.2	0.2
VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC CONTEO TOTAL			X	DS
RAQUIS	0	0	5.4	3.5	4.8	4.6	1.0
VIRUTA	0	0	6.2	3.8	4.9	5.0	1.2
ARROZ	0	0	3.5	4.5	4.8	4.3	0.7
CONTROL	0	0	14.5	13.9	12.7	13.7	0.9
VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC CCOLIFORMES TOTALES			X	DS
RAQUIS	0	0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.1
VIRUTA	0	0	1	0.9	0.4	0.8	0.3
ARROZ	0	0	0.2	1	0.3	0.5	0.4
CONTROL	0	0	9.1	8.4	9.5	9.0	0.6
VARIABLES	TIEMPO (días)	TEMP (°C)	LOG UFC COLIFORMES FECALES			X	DS
RAQUIS	0	0	0	0	0	0.0	0.0
VIRUTA	0	0	0	0	0	0.0	0.0
ARROZ	0	0	0	0	0	0.0	0.0
CONTROL	0	0	5.8	4.5	7.1	5.8	1.3

ANALISTA:	Tania María Guzmán Armenteros
EVALUADOR:	Tania María Guzmán Armenteros
FIRMA AUTORIZADA:	



**Tania María Guzmán**  
LIC. EN MICROBIOLOGÍA  
MASTER EN NUTRICIÓN  
E HIGIENE DE LOS  
ALIMENTOS

## ANEXO N° 27

### Fotografías del sistema de biodegradación de los sustratos

Lombrices (*Eisenia foétida*) en el sustrato viruta de madera



Biodegradación sustrato (raquis de palma africana)



Biodegradación sustrato (viruta de madera) al inicio



Biodegradación sustrato (cascarilla de arroz) al inicio



Sistema Biodegradación de los tres sustratos a 30°C



Sistema Biodegradación de los tres sustratos a 35°C





Toma de muestra para análisis microbiológicos



Sistema de biodegradación de los tres sustratos a 25°C



Raquis (25°C) totalmente biodegradado a los 100 días.

