



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE INGENIERO QUÍMICO**

**TEMA:**

**OBTENCION DE UN FERTILIZANTE ORGANICO A PARTIR DE LA  
BIODEGRADACION DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO CON APLICACIÓN DE  
MICROORGANISMOS**

**AUTORA: ADRIANA ELENA ESTRADA LEÓN**

**TUTOR: ING. QCO. RAUL SERRANO CARLIN**

**Guayaquil, Agosto de 2014**

## **DEDICATORIA**

Le dedico mi trabajo a dios por ofrecerme fortaleza y sabiduría, además por ser mi guía y ayudarme durante todo este trayecto.

A mi padre, el Ing. Domingo Estrada Bonilla, por estar siempre pendiente de mi progreso y por su ayuda constante hasta el final.

A mi madre, la Ing. Sandra León Traverso, por su apoyo brindado durante toda esta etapa de mi vida, y por sus consejos valiosos.

A mis hermanos, Andrés y Paúl, quienes han estado siempre presente en las épocas más importantes de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le concedo mis agradecimientos eternos a dios ya que sin el nada en la vida es posible.

A mis padres, Domingo y Sandra, quienes desde el inicio de la carrera me brindaron su ayuda, sus consejos y sabiduría; y quienes durante el desarrollo de este trabajo pudieron entenderme y ofrecerme su respaldo incondicional.

A mi tutor, el Ing. Qco. Raúl Serrano Carlín, quien aceptó orientarme y brindarme su apoyo durante todo el desarrollo de la tesis, y a quien además agradezco por el aporte en los conocimientos adquiridos, lo cual fue fundamental en este trabajo.

Al Ing. Qco. Daniel Cisneros Veintimilla, quien me impulsó en el progreso de la tesis y además por su colaboración antes las dificultades presentadas.

Al Dr. Ing. Raúl Ricardo Fernández Concepción, por su cooperación en el avance de la tesis.

A la facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, por todo el apoyo que me dieron en el transcurso de la carrera, y especialmente a todos los docentes por sus conocimientos inculcados.

## **DECLARACION DE AUDITORIA**

Las interpretaciones que se obtienen en este trabajo de investigación, son de absoluta responsabilidad de la autora.

---

**ADRIANA ELENA ESTRADA LEÓN**

## **CERTIFICADO DEL AUTOR**

La investigación de grado titulado **“OBTENCION DE UN FERTILIZANTE ORGANICO A PARTIR DE LA BIODEGRADACION DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO CON APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS”** fue realizado en su totalidad por la egresada Adriana Elena Estrada León, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Químico.

---

**ING. QCO. RAÚL SERRANO CARLÍN**  
**DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN**

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DECLARACION DE AUDITORIA.....	III
CERTIFICADO DEL AUTOR.....	IV
CONTENIDO.....	V
INDICE.....	VI
LISTADO DE TABLAS.....	XI
LISTADO DE FIGURAS.....	XII
LISTADO DE DIAGRAMAS.....	XII
LISTADO DE GRAFICOS.....	XIII
LISTADO DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI

## INDICE

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1 CAPITULO N°1: LA INVESTIGACION (EL PROBLEMA) .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 TEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 LIMITACION DEL ESTUDIO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 ALCANCE DEL TRABAJO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.6 OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
1.6.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
<b>1.7 IDEA A DEFENDER .....</b>	<b>9</b>
<b>1.8 PREGUNTAS A CONTESTAR.....</b>	<b>10</b>
<b>1.9 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA (BENEFICIARIOS).....</b>	<b>10</b>
<b>1.10 HIPOTESIS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.11 VARIABLES .....</b>	<b>11</b>
<b>1.12 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>12</b>
<b>2 CAPITULO N°2: REVISION BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 COCO .....</b>	<b>14</b>
2.1.1 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE COCO. ....	15
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DE COCO .....	15
<b>2.2 ESTUDIOS REALIZADOS .....</b>	<b>16</b>
2.2.1 MÉTODO ACELERADO DE COMPOSTAJE PARA EL POLVO DE ESTOPA DE COCO.....	16

<b>2.3</b>	<b>CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO</b> .....	<b>19</b>
2.3.1	PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO. ....	19
2.3.2	PROPIEDADES QUÍMICAS DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO.....	20
<b>2.4</b>	<b>COMPOSTAJE</b> .....	<b>21</b>
2.4.1	PROCESO DE COMPOSTAJE.....	21
2.4.2	TRANSFORMACIONES QUÍMICAS.....	22
2.4.3	MICROBIOLOGÍA.....	24
2.4.4	PATÓGENOS.....	25
2.4.5	CONTROLES DEL PROCESO EN EL COMPOSTAJE.....	26
a)	PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO.....	26
1)	TEMPERATURA.....	26
2)	pH.....	26
3)	HUMEDAD.....	27
4)	AIREACIÓN.....	28
b)	PARÁMETROS RELATIVOS A LA NATURALEZA DEL SUSTRATO.....	28
1)	TAMAÑO DE PARTÍCULA.....	28
2)	RELACIÓN C/N.....	29
3)	NUTRIENTES.....	29
4)	MATERIA ORGÁNICA.....	30
5)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).....	30
<b>2.5</b>	<b>ABONOS ORGÁNICOS</b> .....	<b>31</b>
2.5.1	TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS.....	31
2.5.2	CALIDAD DE UN ABONO ORGÁNICO.....	32

2.5.3	EFFECTOS DE LOS ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	33
<b>2.6</b>	<b>DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE UN COMPOST.....</b>	<b>33</b>
2.6.1	COMPONENTES DE UNA MEZCLA EN UN COMPOST .....	34
2.6.2	DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE UN COMPOST.....	34
2.6.3	DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN C: N DE LA MEZCLA DE COMPOST .....	35
<b>3</b>	<b>CAPITULO N°3: DESARROLLO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>37</b>
3.1.1	TIPO DE ENFOQUE METODOLÓGICO.....	37
3.1.2	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	37
3.1.3	NORMAS.....	39
<b>3.2</b>	<b>CALIDAD DEL PRODUCTO .....</b>	<b>41</b>
3.2.1	CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO EN FUNCIÓN DE SU CALIDAD. ...	41
3.2.2	REQUISITOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL COMPOST .....	41
<b>3.3</b>	<b>PARÁMETROS DE ACUERDO A LAS VARIABLES .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>44</b>
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	44
3.4.2	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS .....	44
3.4.3	TÉCNICAS DE LA EXPERIMENTACIÓN .....	45
a)	PROCESAMIENTO DE LAS ESTOPAS DE COCO.....	46
1)	RECOLECCIÓN DE LAS ESTOPAS DE COCO. ....	46
2)	SECADO DE LAS ESTOPAS DE COCO. ....	46
3)	MOLIENDA DE LAS ESTOPAS DE COCO.....	47

4)	CARACTERIZACIÓN DEL POLVO DE LA ESTOPA DE COCO.....	49
b)	ELABORACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	49
1)	FORMULACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN C/N DE PARTIDA DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	50
2)	PREPARACIÓN DE LAS PLATAFORMAS.....	53
3)	MEZCLA DE LOS MATERIALES.....	53
4)	MONTAJE Y AIREACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	54
5)	INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS.....	58
6)	MUESTREO PARA CONTROLES DE PROCESO.....	59
<b>3.5</b>	<b>INGENIERÍA DE PROCESOS.....</b>	<b>60</b>
3.5.1	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESAMIENTO DE LA ESTOPA DE COCO.....	60
3.5.2	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO.....	60
<b>4.</b>	<b>CAPITULO N°4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b>BALANCE DE MATERIA .....</b>	<b>62</b>
4.1.1	PROCESAMIENTO DE LA ESTOPA DE COCO.....	62
4.1.2	PILAS DE COMPOSTAJE.....	62
<b>4.2</b>	<b>RESULTADOS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>68</b>
4.2.1	RENDIMIENTO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	68
4.2.2	SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	69
a)	PERFIL DE TEMPERATURA DE LAS PILAS.....	70
b)	PERFIL DE PH DE LAS PILAS.....	70
c)	EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN C/N EN LAS PILAS.....	70

d) EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO TOTAL (%) EN LAS PILAS. ....	71
e) PERFIL DE HUMEDAD DE LAS PILAS .....	71
f) POBLACIÓN MICROBIANA PRESENTE EN LAS PILAS.....	71
4.2.3 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL COMPOST. ....	77
a) DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS REALIZADAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL COMPOST.....	77
b) DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS REALIZADAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL COMPOST.....	79
<b>4.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>80</b>
4.3.1 RENDIMIENTO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	80
4.3.2 SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE .....	80
a) TEMPERATURA .....	80
b) pH.....	82
c) RELACIÓN C/N.....	83
d) % NITRÓGENO TOTAL .....	84
e) HUMEDAD .....	85
f) POBLACIÓN BACTERIANA.....	86
4.3.3 CALIDAD DEL COMPOST .....	88
a) DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS COMPOST OBTENIDOS .....	88
1) GRANULOMETRÍA.....	88
2) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	88
3) MATERIA ORGÁNICA.....	89

b) DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS DE LOS COMPOST OBTENIDOS.....	90
<b>4.4 COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.....</b>	<b>90</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>

### LISTADO DE TABLAS

TABLA NO. 1.1: DISPONIBILIDAD DE UNIDADES DE ESTOPA DE COCO EN MANTA (2013).....	7
TABLA NO. 1.2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	12
TABLA NO. 2.1: RESULTADOS DE UN ESTUDIO DE COMPOSTAJE DEL POLVO DE ESTOPA DEL COCO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE AIREACIÓN.....	18
TABLA NO. 2.2: RESULTADOS DE UN ESTUDIO DE COMPOSTAJE DEL POLVO DE ESTOPA DEL COCO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA CONVENCIONAL.....	19
TABLA NO. 2.3: PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLVO DE LA ESTOPA DEL COCO. ....	20
TABLA NO. 2.4: CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL POLVO DE LA ESTOPA DEL COCO. ....	21
TABLA NO. 3.1: MÉTODO DE MEDICIÓN EMPLEADO PARA LAS VARIABLES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.....	38
TABLA NO. 3.2: REQUISITOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL COMPOST. ....	42
TABLA NO. 3.3: DISPONIBILIDAD DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO EN MANTA (2013).....	49
TABLA NO. 3.4: DETERMINACIÓN DEL PESO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS Y RELACIÓN C/N DE PARTIDA PARA P1 Y P2. ....	51
TABLA NO. 3.5: DETERMINACIÓN DEL PESO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS Y RELACIÓN C/N DE PARTIDA PARA P3, P4 Y P5.....	52
TABLA NO. 4.1: VALOR PORCENTUAL DEL COMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	68
TABLA NO. 4.2: DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS COMPOST OBTENIDOS.	77

TABLA NO. 4.3: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE COLIFORMES FECALES (UFC/G) Y SALMONELLA CUALITATIVA (AUS/PRES) DE LOS COMPOST OBTENIDOS. ....	79
TABLA NO. 4.4: PROLONGACIÓN DE LAS FASES TÉRMICAS EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	81
TABLA NO. 4.5: EQUIVALENCIA DE KG DE UREA EN UNA TONELADA DEL COMPOST OBTENIDO.....	85
TABLA NO. 4.6: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO (EN BASE A LA NORMATIVA NCH2880). ....	91

### LISTADO DE FIGURAS

FIGURA NO. 1.1: PANORÁMICA SATELITAL DE LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR. ....	6
FIGURA NO. 1.2: PANORÁMICA SATELITAL DE LOS CANTONES MANTA Y ROCAFUERTE DE LA PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR. ....	7
FIGURA NO. 2.1: FRUTO Y SEMILLA DEL COCOS NUCIFERA. ....	14
FIGURA NO. 3.1: DISPOSICIÓN FINAL DE LA ESTOPA DE COCO EN UNA REGIÓN CERCANA A SU PUNTO DE VENTA (ROCAFUERTE, MANABÍ). ....	46
FIGURA NO. 3.2: COMPONENTES QUE CONFORMAN LAS MEZCLAS DE COMPOST DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	54
FIGURA NO. 3.3: MOLDE EMPLEADO PARA EL MONTAJE DE LAS PILAS.....	55
FIGURA NO. 3.4: MONTAJE DE LAS PILAS EN PLATAFORMA. ....	56
FIGURA NO. 3.5: VOLTEO DE UNA DE PILAS DE COMPOSTAJE. ....	57
FIGURA NO. 4.1: CLASIFICACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL COMPOST OBTENIDO.....	78

### LISTADO DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA NO. 4.1: RENDIMIENTO EN LA MOLIENDA DE LAS ESTOPAS DE COCO. ....	62
DIAGRAMA NO. 4.2: BALANCE DE MATERIA EN PILA DE COMPOSTAJE P1.....	63
DIAGRAMA NO. 4.3: BALANCE DE MATERIA EN PILA DE COMPOSTAJE P2.....	64
DIAGRAMA NO. 4.4: BALANCE DE MATERIA EN PILA DE COMPOSTAJE P3.....	65
DIAGRAMA NO. 4.5: BALANCE DE MATERIA EN PILA DE COMPOSTAJE P4.....	66
DIAGRAMA NO. 4.6: BALANCE DE MATERIA EN PILA DE COMPOSTAJE P5.....	67

## LISTADO DE GRAFICOS

GRÁFICO NO. 4.1: REDUCCIÓN DE MASA DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	69
GRÁFICO NO. 4.2: PERFILES DE TEMPERATURAS MEDIAS EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE. .....	72
GRÁFICO NO. 4.3: PERFILES DE PH MEDIOS EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	73
GRÁFICO NO. 4.4: EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN C: N EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE. .....	¡Error! Marcador no definido.
GRÁFICO NO. 4.5: EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO EN NITRÓGENO TOTAL EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	74
GRÁFICO NO. 4.6: PERFILES DE HUMEDAD EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.....	75
GRÁFICO NO. 4.7: POBLACIÓN MICROBIANA PRESENTE EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.	76

## LISTADO DE ANEXOS

ANEXO NO. I: POBLACIÓN MICROBIANA DURANTE COMPOSTAJE AEROBIO.	
ANEXO NO. II: MICROORGANISMOS PATÓGENOS AISLADOS DEL COMPOST Y LAS ENFERMEDADES Y/O SÍNTOMAS CAUSADOS POR LOS MISMOS.	
ANEXO NO. III: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS ABONOS ORGÁNICOS.	
ANEXO NO. IV: PORCENTAJE DE ESTOPA HÚMEDA PRESENTE EN EL COCO.	
ANEXO NO. V: PORCENTAJE DE ESTOPA SECA PRESENTE EN EL COCO.	
ANEXO NO. VI: PORCENTAJE DE FIBRA Y POLVO OBTENIDO DE LA MOLIENDA DE ESTOPAS DE COCO.	
ANEXO NO. VII: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO.	
ANEXO NO. VIII: ANÁLISIS DE RELACIÓN C/N Y % DE N TOTAL DE LA GALLINAZA.	
ANEXO NO. IX: PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE MASA (EN BASE SECA) EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.	
ANEXO NO. X: REGISTROS DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS (°C) EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE A LO LARGO DEL PERIODO DE ESTUDIO.	
ANEXO NO. XI: REGISTROS DE LOS VALORES DE PH MEDIOS EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE A LO LARGO DEL PERIODO DE ESTUDIO.	

**ANEXO NO. XII: REGISTROS DE RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO Y % DE NITRÓGENO TOTAL EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.**

**ANEXO NO. XIII: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE RELACIÓN C/N Y % NITRÓGENO TOTAL EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.**

**ANEXO NO. XIV: REGISTROS DE % DE HUMEDAD EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.**

**ANEXO NO. XV: REGISTROS DE LA POBLACIÓN BACTERIANA (UFC/G) EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.**

**ANEXO NO. XVI: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y MATERIA ORGÁNICA DE LOS FERTILIZANTES OBTENIDOS.**

**ANEXO NO. XVII: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LOS FERTILIZANTES OBTENIDOS.**

**ANEXO NO. XVIII: PÉRDIDA DE N TOTAL EN LAS PILAS DE COMPOSTAJE.**

## RESUMEN

La presente investigación consiste en el estudio de la utilización del polvo de la estopa del coco en combinación con proporciones menores de gallinaza y urea, para la obtención de un fertilizante orgánico o compost mediante pilas de compostaje, la cual tiene como propósito otorgar un aprovechamiento a las estopas del coco generadas en la provincia de Manabí, Ecuador.

Las estopas de coco secas fueron molidas mediante el empleo de un molino de martillos (60 hp), en donde se obtuvo un rendimiento del 80% del polvo; las formulaciones en promedio de las pilas de compostaje consistieron en: 20,09% de polvo de estopa de coco, 4,34% de gallinaza, 0,53% de urea y 75,04% de agua, iniciando el proceso de compostaje con relaciones C/N entre 25:1 y 30:1.

La inoculación de microorganismos (*Bacillus Amyloliquefaciens*, *Bacillus Licheniformis* y *Bacillus Subtilis*) en las pilas mejoró el proceso de compostaje, acelerando la biodegradación de la masa.

El fertilizante orgánico obtenido, cuyo rendimiento varió entre el 34,8 y 44,6%, presenta en promedio las siguientes características: relación C/N de  $15,43 \pm 1,02$ , pH neutro, 58,42% de humedad,  $2,21\% \pm 0,21$  de nitrógeno total, granulometría entre 630  $\mu\text{m}$  y 4 mm en un 83,2% y 90,6%, conductividad eléctrica dentro de 1,30 y 1,70 dS/m, y 74,07% de materia orgánica. En base a los resultados generados, en cuanto a la relación C/N y contenido en nitrógeno total del fertilizante, se considera que es posible emplear el polvo de la estopa del coco como una materia prima para la obtención de un fertilizante orgánico.

**PALABRAS CLAVES:** polvo de la estopa del coco, fertilizante orgánico, compost, pilas de compostaje.

## ABSTRACT

The current investigation consists in the study of the use of coir pith from coconut husk in combination with minor proportions of poultry manure and urea, to obtain an organic fertilizer or compost through composting piles, which has as its purpose to give a use to the coconut husks generated in the province of Manabí, Ecuador.

Dried coconut husks were milled through the use of a hammer mill (60 hp), in which it was obtain an 80% production of coir pith; the formulations in average of the composting piles consisted in: 20,09% of coir pith, 4,34% of poultry manure, 0,53% of urea and 75,04% of water, initiating the composting process with ratio C/N of 25:1 to 30:1.

The inoculation with microorganisms (*Bacillus Amyloliquefaciens*, *Bacillus Licheniformis* y *Bacillus Subtilis*) in the piles improved the composting process, accelerating the biodegradation of the mass.

The organic fertilizer obtained, which production vary between 34,8 y 44,6%, presents in average the following characteristics: ratio C: N of  $15,43 \pm 1,02$ , neutral pH, 58,42% moisture,  $2,21\% \pm 0,21$  total nitrogen, the granulometry is between 630  $\mu\text{m}$  and 4 mm in 83,2% y 90,6%, the electrical conductivity is within 1,30 and 1,70 dS/m, and 74,07% of organic matter. Based on the results generated, regarding the ratio C: N and total nitrogen content of the fertilizer it is considered possible to use the coir pith from the coconut husk as raw material to obtain an organic fertilizer.

**KEY WORDS:** coir pith, organic fertilizer, compost, composting piles.

## INTRODUCCION

La estopa de coco es un residuo generado como resultado de la elaboración de productos del fruto del cocotero, que es considerado como un recurso a explotar en algunos países, principalmente en India y Sri Lanka. Al procesar la estopa de coco se obtiene como subproductos la fibra y el polvo.

La fibra de coco, también conocida como “bonote” de acuerdo a la FAO (1984), es utilizada para la manufacturación de sogas, redes de pesca, tela de embalaje, cepillos, tapices, colchones, paneles de aislamiento y empaques; además se emplea en textiles gruesos que se aplican como mantas sobre el terreno de zonas expuestas a la erosión. (FAO, 2013). Como agrotexil, Quintanilla (2010) indica que la fibra de coco es conocida por sus beneficios para el cultivo de hortalizas y otras especies. Quintero y González (2006) plantean el uso de la fibra de estopa de coco como materia prima para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

El polvo de estopa de coco es la biomasa residual que se genera de la extracción de la fibra del coco (Ghosh et al., 2007); la FAO (2013) establece que este producto sirve de cubierta orgánica y fertilizante de alta calidad.

La elección de este tema surgió como respuesta ante el desaprovechamiento de este residuo en Ecuador. El cultivo promedio anual en la última década del cocotero en Ecuador corresponde a 4602 ha., con una producción de 34146 T.M. de su fruto. (Cajas, 2011).

El presente estudio está enfocado en el aprovechamiento del polvo generado en el procesamiento de las estopas de coco, para su utilización como materia prima en la producción de un fertilizante orgánico.

En el procesamiento de las estopas de coco, previo a la elaboración del fertilizante, la gestión del residuo consistió en la recolección, secado y molienda del mismo.

La metodología empleada para la producción del fertilizante fue el compostaje. El compostaje es una técnica empleada para la gestión de residuos sólidos, que involucra procesos físicos, químicos y microbiológicos, ocasionando transformaciones en la materia orgánica en condiciones aerobias; el producto principal generado en el compostaje es el compost.

Para evaluar la metodología aplicada en el tratamiento del polvo de estopa de coco, se analizaron parámetros como temperatura, pH, relación C/N, % N total, humedad y población bacteriana en las pilas de compostaje; además se evaluaron los productos (compost) mediante la determinación de parámetros establecidos en la normativa chilena NCh2880 (2005).

A través de esta investigación se espera obtener resultados que demuestren una disminución en la relación C/N en las pilas de compostaje, además de un contenido de nitrógeno superior a 1,5%; se espera también alcanzar temperaturas termófilas en las pilas que aseguren la destrucción de microorganismos patógenos.

El Capítulo N°1 está conformado por el problema de la investigación, en donde se especifica el planteamiento y formulación acerca de las estopas del coco, la limitación del estudio, el alcance del trabajo, los objetivos trazados, la idea a defender, las preguntas por contestar, la justificación y los beneficiarios del problema, la hipótesis que se pretende demostrar, las variables y operacionalización de variables.

El Capítulo N°2 comprende la revisión bibliográfica de la tesis, que incluye un estudio realizado acerca de un método de compostaje para el polvo de la estopa de coco, y las características físico-químicas del polvo de la estopa del coco; además

contiene la teoría acerca del compostaje y el diseño de las mezclas de un compost. Por último, se detallan aspectos correspondientes a los abonos orgánicos (definición, tipos, calidad y efectos).

En el Capítulo N°3 se describe la metodología de la investigación (tipo de enfoque metodológico, métodos, técnicas y normas), la calidad de los productos basado en la norma chilena NCh2880 (2005), los parámetros de acuerdo a las variables especificadas en el capítulo N°1, el diseño de la experimentación (procesamiento de las estopas del coco, y elaboración de las pilas de compostaje) y el diagrama de flujo de procesos.

En el Capítulo N°4 se detalla el balance de materia de las pilas de compostaje conformadas, además de los resultados experimentales de los controles de seguimiento del proceso de compostaje y de la evaluación de la calidad del compost obtenido, el análisis de los resultados y la comparación de los datos obtenidos en referencia a la normativa chilena NCh2880 (2005).

# **1 CAPITULO N°1: LA INVESTIGACION (EL PROBLEMA)**

## **1.1 TEMA**

Obtención de un fertilizante orgánico a partir de la biodegradación del polvo de estopa de coco con aplicación de microorganismos.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Mediante el procesamiento de las estopas de coco, residuo del aprovechamiento del fruto, se puede obtener la fibra (30%) y el polvo (70%) (Quintanilla, 2010), materiales que actualmente no se aprovechan adecuadamente en nuestro país.

La industria de la fibra de coco está totalmente desarrollada en la India y Sri Lanka, pero es económicamente importante en Brasil, Indonesia, Filipinas y Vietnam. A nivel mundial, se producen anualmente cerca de 650 000 toneladas, principalmente en la India y Sri Lanka. Cerca del 80 por ciento de la fibra se produce en la forma de fibra bruta, cantidades más pequeñas se exportan como hilo, esteras y material esterado. (FAO, 2013)

En referencia a los usos que le compete al polvo de la estopa del coco, ha sido mencionado su utilización como un posible fertilizante, pero debido a su alta relación C/N (100:1), alto contenido de lignina y celulosa (aproximadamente 40% cada una), y su alto contenido de polifenoles, su velocidad de degradación y mineralización son muy lentas bajo condiciones naturales, impidiendo su uso directo como fertilizante orgánico. (Prabhu & Thomas, 2002)

En Ecuador, las estopas de coco son consideradas como residuos sólidos que generan una dificultad en el momento de su disposición final, causando un riesgo

ambiental principalmente en provincias de la costa como Esmeraldas y Manabí que poseen un alto nivel de producción del fruto.

La producción total del coco en la costa en el año 2009 fue de 53771 T.M., de donde se generaron 39125 T.M. en Esmeraldas y 13617 T.M. en Manabí. (Cajas, 2011)

La alta demanda en el país de subproductos elaborados a partir de la capa interna o endocarpio del coco, esencialmente el agua, la copra y el aceite, sustentan los grandes volúmenes generados de estopas de coco.

Las importaciones en Ecuador de los subproductos de estopas de coco en el 2009 fueron de 500 TM/año (Cajas, 2011); al no existir oferta nacional de estos subproductos es necesario estudiar metodologías para el procesamiento de las estopas de coco con la finalidad de tener un aprovechamiento integral del fruto.

La industrialización de las estopas de coco en el país podría suplantar la oferta internacional de los subproductos de la estopa, además de posicionarse como un mercado potencial para la exportación en el caso de que la producción lograra satisfacer toda la demanda nacional.

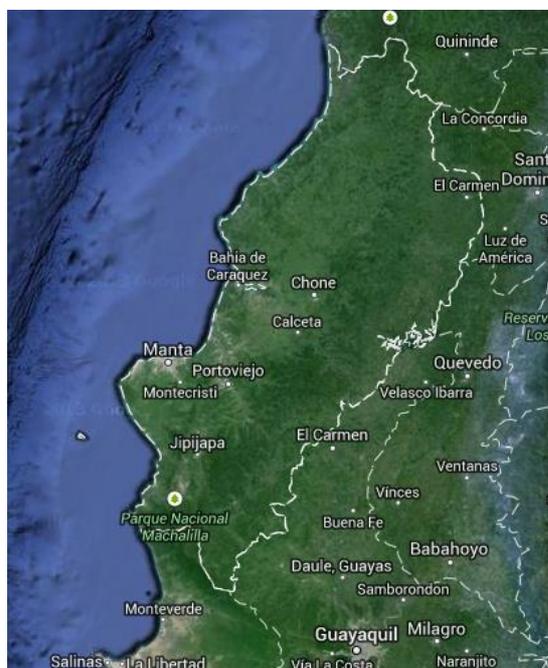
En el exterior del país se aprovechan las estopas de coco para la manufacturación de múltiples productos esencialmente a partir de la fibra, pero la incursión en la utilización del polvo de la estopa aún no ha sido abarcada en su totalidad, razón que motiva la presente investigación.

### **1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Es factible en Manabí en base a la disponibilidad de las estopas de coco, aprovechar el polvo de este residuo para desarrollar un fertilizante orgánico que sea apto para su aplicación en cultivos?

#### 1.4 LIMITACION DEL ESTUDIO

El presente trabajo fue realizado en la provincia de Manabí (17T 561130 S :: 9883692 O), localizada en el centro noroeste del Ecuador.



**Figura No. 1.1: Panorámica satelital de la Provincia de Manabí, Ecuador.**

**Fuente: Google maps.**

La producción de coco en Manabí en el 2009 fue de 13617 TM, en donde esta representó el 25,32% de la producción total de la costa y el 24,94% de la producción total del país. (Cajas, 2011)

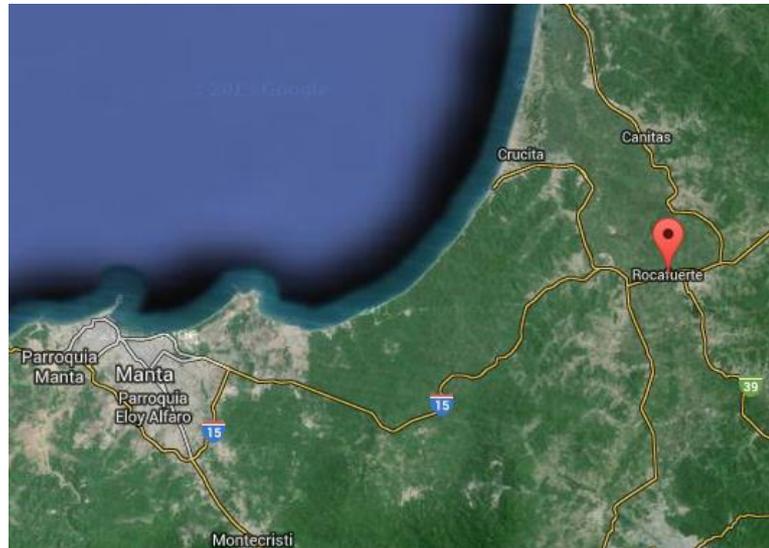
La disponibilidad de las estopas de coco en la ciudad de Manta (Manabí) se presenta en la Tabla No. 1.1, sin tener en consideración la cantidad del residuo generado durante las ventas realizadas en días feriados (Febrero y Marzo), el cual tiende a intensificarse en un 40% a 50%.

La recolección de las estopas de cocos fue realizada en las ciudades de Manta (17T 531576 S :: 9894993 O) y Rocafuerte (17T 559340 S :: 9898676 O). (Figura No. 1.2)

**Tabla No. 1.1: Disponibilidad de unidades de estopa de coco en Manta (2013).**

<b>Puntos de venta</b>	<b>Valor promedio semanal (u)</b>	<b>Valor promedio mensual (u)</b>	<b>Valor promedio anual (u)</b>
1	315	1260	15120
2	525	2100	25200
3	250	1000	12000
4	350	1400	16800
5	175	700	8400
6	190	760	9120
7	100	400	4800
8	70	280	3360
<b>Total</b>	<b>1975</b>	<b>7900</b>	<b>94800</b>

Elaboración: Autora.



**Figura No. 1.2: Panorámica satelital de los cantones Manta y Rocafuerte de la Provincia de Manabí, Ecuador.**

Fuente: Google maps.

Este documento está centrado únicamente en el estudio del aprovechamiento del polvo obtenido a partir de la estopa de coco, manteniéndose fuera del alcance la investigación, el aprovechamiento de la fibra, debido a que se trata de un material no conveniente para la finalidad enfocada de este trabajo.

La metodología empleada en el presente estudio para la obtención del fertilizante es el compostaje de pilas con aireación por volteos con una fase activa entre 20 y 30 días.

El presente trabajo pretende evaluar el potencial del fertilizante obtenido a partir de la estopa de coco mediante el estudio de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del mismo y a través de una comparación entre estas propiedades y los rangos permisibles para fertilizantes orgánicos; la experimentación no atestigua la germinación de ningún tipo de semilla, dejando apertura a posibles temas de investigación para determinar la selectividad de cultivos en donde se podría dar uso a los fertilizantes generados a partir de este residuo.

## **1.5 ALCANCE DEL TRABAJO**

La presente tesis se constituye como un estudio *descriptivo* ya que mide la disponibilidad de la estopa de coco en el lugar de la experimentación con la finalidad de describir al residuo por su contenido promedio en fibra y polvo.

La tesis es también de tipo *exploratorio* debido a que determina la factibilidad del uso del polvo de la estopa de coco como materia prima para la obtención de un fertilizante orgánico o abono a través del compostaje; a nivel nacional los estudios realizados para la obtención de un abono orgánico desde el punto de vista de la utilización de la metodología del compostaje han sido enfocados mayoritariamente

en el empleo de residuos orgánicos de mercados y estiércol, en donde no se evidencia el uso del residuo en cuestión para la finalidad mencionada.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Obtener un fertilizante orgánico, abono o compost a partir del polvo de la estopa de coco mediante el compostaje con gallinaza y urea.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar la disponibilidad de la estopa de coco en la ciudad de Manta, provincia de Manabí.
2. Determinar las condiciones más adecuadas de potencia a utilizarse en la molienda de la estopa de coco.
3. Controlar el proceso de compostaje a través de una serie de indicadores para conseguir un producto esencialmente con una relación C/N y conductividad eléctrica baja.
4. Establecer la mejor formulación empleada para la elaboración de las pilas de compostaje.

## **1.7 IDEA A DEFENDER**

El polvo de la estopa del coco es un residuo sólido orgánico que puede ser utilizado como materia prima para la obtención de un fertilizante orgánico o compost.

## **1.8 PREGUNTAS A CONTESTAR**

- ¿Puede ser considerado el polvo de la estopa del coco como materia prima potencial para la elaboración de fertilizantes orgánicos?
- ¿Qué cantidad de polvo es extraído durante la molienda de las estopas del coco?
- ¿Se obtiene un rendimiento considerable mediante la producción de fertilizantes orgánicos con el uso del polvo de la estopa del coco?

## **1.9 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA (BENEFICIARIOS)**

La importancia de profundizar en este tema es dada ante la necesidad de establecer una metodología que pueda ofrecer una solución para el aprovechamiento de las estopas de coco que generalmente ocasionan inconvenientes en el manejo de su disposición final.

La consideración en aplicar sistemas que logren la biodegradación de residuos orgánicos ha incrementado de manera general, por lo que el aprovechamiento del polvo de la estopa de coco para la obtención de un fertilizante generará un impacto ambiental positivo en nuestro medio ya que será posible combatir la contaminación en suelos y aguas por parte del residuo en cuestión.

Los beneficiarios principales en el desarrollo de una metodología para el aprovechamiento del residuo sólido en cuestión son los fabricantes de los subproductos elaborados a partir del coco, ya que primordialmente son ellos los que generan los grandes volúmenes del residuo y se encuentran ante la problemática de la disposición final del mismo. La generación de una cadena productiva del coco otorgaría al fabricante un aprovechamiento integral del fruto.

Se beneficiará además la sociedad por las plazas de trabajo que se generarían debido a la iniciación de producción de fertilizantes orgánicos a partir del polvo de la estopa de coco.

Otro sector beneficiado de esta investigación es el sector agrícola; el uso constante de fertilizantes químicos puede atentar contra la fertilidad de los suelos, por este motivo el alcance de investigaciones aplicadas a residuos sólidos orgánicos potenciales para su uso como fertilizantes se manifiesta como una alternativa más para este sector.

### **1.10 HIPOTESIS**

Mediante la formulación adecuada de polvo de estopa de coco, gallinaza y urea, se alcanzarán parámetros aceptables en los controles del proceso de compostaje que permitirán la obtención de un fertilizante orgánico libre de patógenos con una relación C/N igual o inferior a 20 y un contenido de nitrógeno total superior a 1,5%.

### **1.11 VARIABLES**

Las variables empleadas que se someterán a medición en orden a evaluar la hipótesis establecida de esta investigación, consisten en los controles generados durante el proceso de compostaje (variable dependiente) a través del empleo de una serie de indicadores como: temperatura, pH, humedad, población bacteriana, relación C/N, % nitrógeno total. En el diseño de la experimentación se precisa de qué manera se manipula la formulación de pilas de compostaje (variable independiente); esta manipulación se realiza con la finalidad de medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente.

## 1.12 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

Tabla No. 1.2: Operacionalización de variables.

Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Categoría	Definición	Indicadores	Nivel de medición	Unidad de medida
1. Disponibilidad de materia prima	Dependiente Discreta	Estima la cantidad de estopa de coco disponible en Manta, para su aprovechamiento	Entrevistas	Es la herramienta empelada para la recolección de datos de la disponibilidad del desecho.	Puntos de venta de coco (Manta)	Numérico	-
2. Molienda de la estopa de coco	Dependiente Continua	Operación empleada para la obtención del polvo de estopa de coco	Potencia	La variación de la potencia en el equipo (molino de martillos) da a conocer la diferencia en el rendimiento de polvo de estopa de coco.	Rendimiento	Numérico	%

Elaboración: Autora.

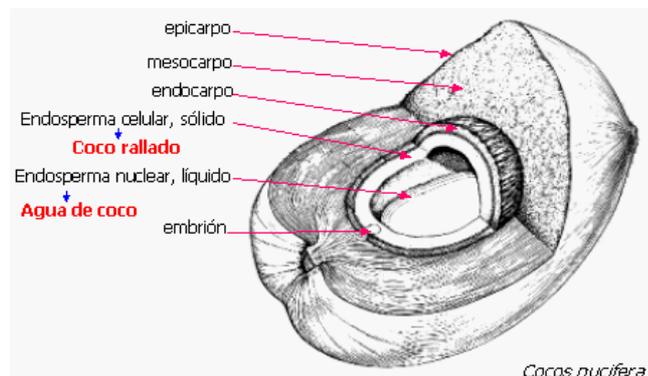
Variable	Tipo de variable	Operacionalización	Categoría	Definición	Indicadores	Nivel de medición	Unidad de medida
3. Controles del proceso de compostaje	Dependiente Continua	Especifica los indicadores más importantes que afectan a los sistemas de compostaje	Parámetros de seguimiento	Son aquellos que deberán ser medidos durante todo el proceso y adecuados en caso de ser necesario	Temperatura pH Humedad Población bacteriana	Numérico	°C - % UFC/g
			Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato	Son aquellos que deberán ser medidos fundamentalmente al inicio del proceso	C/N %nitrógeno total		- %
4. Formulación en las pilas de compostaje	Independiente Continua	Las cantidades de los materiales empleados en las pilas de compostaje son manipuladas en orden a observar el efecto en los controles del proceso de compostaje	Materiales de la mezcla	Corresponde a las cantidades de los materiales que se emplearán para equilibrar la relación C/N deseada	Contenido en carbono orgánico y nitrógeno total de los materiales	Numérico	%
			Inoculación de microorganismos	Actividad que se realiza para obtener una mayor velocidad del proceso de compostaje	Población bacteriana		UFC/g

Elaboración: Autora.

## 2 CAPITULO N°2: REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 COCO

El coco es el fruto del cocotero o *Cocos nucifera*, una palmácea de climas tropicales que puede llegar a vivir más de 100 años. El coco es una drupa formada por una epidermis lisa denominada exocarpo o epicarpio, el mesocarpo (también conocido como estopa) del cual se extrae la fibra. Mas al interior se encuentra el endocarpo que es una capa fina y dura de color marrón llamada hueso o concha, envuelto por él se encuentra el albumen sólido o copra que forma una cavidad grande donde se aloja el albumen líquido. (Lizano, s.f.)



**Figura No. 2.1: Fruto y semilla del Cocos nucifera.**

**Fuente:** <http://www.biologia.edu.ar>

Los cocos se pueden cosechar de la tierra una vez que hayan madurado y caído o pueden ser cosechados mientras que permanecen aún en el árbol; la cosecha del coco varía según el producto a obtener. Si se comercializa como fruta fresca, la cosecha se efectúa cuando el coco tiene entre 5 y 7 meses; en esta época el contenido de azúcar y agua es muy elevado y el sabor es más intenso. Si se destina a la producción de coco rallado, deshidratado o copra para la extracción de aceite, la

cosecha se realiza cuando los cocos caen al suelo o cuando uno de los cocos de un racimo está seco. Estos cocos secos permanecen en la planta durante 12 meses. (Quintanilla, 2010)

### **2.1.1 EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE COCO.**

La fibra puede ser extraída de la cáscara mediante el proceso de *enriado* (retting) o por extracción mecánica. El *enriado* de la cáscara de coco es un proceso microbiológico donde los materiales de unión de la fibra en la cáscara son biodegradados conduciendo a la liberación de la fibra. El enriado tiene como desventaja que es un proceso prolongado (6 a 9 meses), contamina el agua usada en el proceso a través de la liberación que se genera de sustancias fenólicas presentes en la fibra.

La extracción mecánica de la cáscara es instantánea, sin embargo, provee fibra que inicialmente es claro en color, pero este factor es luego inconsistente; la textura de la fibra es áspera y por lo tanto la extracción de la fibra es relativamente inferior en calidad en comparación al enriado. (Ravindranath, 2011). Según FAO (2013) cada vez más son utilizadas las máquinas desfibradoras para la extracción de la fibra de coco. Antes de la extracción de la fibra se realiza el pelado o descascarado mediante una descascaradora, la cual opera triturando el fruto y separando la cáscara de la copra (no rompe la copra). (Quintanilla, 2010)

### **2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DE COCO**

La fibra de la estopa del coco es clasificada de acuerdo a la maduración del fruto y la longitud de la fibra. La fibra de coco se debe clasificar por el grado de madurez del

fruto del coco, ya que mientras más maduro este el fruto, la fibra es más rígida al contener lignina en su estructura. (Gallegos, 2011)

Las cáscaras totalmente maduras de coco producen fibra café; con una fuerte y alta resistencia a la abrasión, su método de procesamiento también protege a la fibra del daño ultravioleta de la luz solar. Por otro lado, la fibra blanca proviene de cáscaras de cocos cosechados un poco antes de su maduración. La fibra de coco de color café claro o blanco es más suave y menos fuerte que la fibra de color café. Ambas, la fibra café y blanca, consisten en fibras con un rango de longitud desde 4 a 12 pulgadas (10-30 cm). Aquellas que por lo menos tienen 8 pulgadas (20 cm) de largo son llamadas *fibras de cerda* (bristle fibers); las fibras más cortas y también más finas son llamadas *fibras colchón* (mattress fibers). (Anbuselvi, 2009)

## **2.2 ESTUDIOS REALIZADOS**

En el compostaje de materiales orgánicos con altos valores de relación C/N, la adición de fuentes de nitrógeno y poblaciones microbianas es requerida para facilitar una apropiada actividad microbiana además de que proporciona una adecuada relación C/N al inicio del compostaje. Esta actividad es conocida como co-compostaje. En el apartado 2.2.2 se detalla el desarrollo y los resultados obtenidos de un estudio de compostaje del polvo de la estopa del coco.

### **2.2.1 MÉTODO ACELERADO DE COMPOSTAJE PARA EL POLVO DE ESTOPA DE COCO**

Esta investigación fue llevada a cabo en el Instituto de investigación central de fibra de coco (CCRI, por sus siglas en inglés) en el estado del sur de Kerala (India) en el año 2007. El estudio experimental involucra el diseño y construcción de un sistema

de aireación mejorado adaptado en el interior de la estructura de la pila de compostaje.

El sistema de aireación se conformó con tuberías perforadas de PVC, con diámetro de 100 mm que fueron instaladas dentro de la pila de compostaje, espaciadas equitativamente unas de otras, a una distancia de 60 cm.

En este proceso el polvo de la estopa del coco fue colocado en una plataforma formando una estructura de multicapas, en donde diferentes capas del material fueron intercaladas entre Pithplus y urea. Pithplus, es derivado de *Pleurotus sajor caju*, una seta de hongos comestibles de rápido crecimiento.

El polvo de la estopa del coco inoculado con Pithplus, y enriquecido con urea manifiesta una reducción definitiva en contenidos de lignina y celulosa y además un incremento en el nitrógeno total y otros nutrientes. La primera capa de polvo es cubierta por una capa de Pithplus, seguido de una capa de urea. La capa de urea es finalmente encabezada por una capa de polvo de estopa de coco y Pithplus, respectivamente.

La capa de Pithplus proporciona los organismos celulares necesarios para descomponer el polvo de estopa de coco. La urea proporciona el medio nutritivo necesario para proliferar el crecimiento de los organismos celulares que ocasionan el compostaje del polvo de estopa de coco.

El montaje final se constituyó como una disposición de seis capas, que se mantuvo continua hasta que la altura de la pila alcanzó un máximo de 1 m. La humedad de la pila se mantuvo a 200% mediante el rocío de agua cada día.

Los variables evaluadas durante el periodo de compostaje del polvo de la estopa del coco fueron: relación C/N, contenido de nitrógeno (%), carbono orgánico (%), pH, conductividad eléctrica (dS/cm). Los resultados obtenidos al evaluar las variables del

compostaje mediante la aplicación del diseño de aireación mejorada están ilustrados en la Tabla No. 2.1.

**Tabla No. 2.1: Resultados de un estudio de compostaje del polvo de estopa del coco mediante la aplicación de un sistema de aireación.**

Variable	Unidad	Días						
		5	10	15	18	19	20	21
Nitrógeno	%	0,31	0,42	0,92	1,13	1,17	1,21	1,24
Carbono orgánico	%	29	27,9	26,9	25,3	25,1	24,9	24,9
pH	-	5,9	6,1	6,3	6,3	6,3	6,5	6,5
Conductividad eléctrica	dS/cm	0,71	0,42	0,31	0,29	0,27	0,23	0,23
Relación C/N	-	94	65	29	23	21	21	20

Fuente: Ghosh et al. (2007)

En la Tabla No. 2.2 se muestran resultados obtenidos mediante el empleo de un método convencional para el compostaje del polvo de la estopa del coco, en donde las pilas dependieron de aireación natural para el proceso de compostaje.

**Tabla No. 2.2: Resultados de un estudio de compostaje del polvo de estopa del coco mediante la aplicación de un sistema convencional.**

Variable	Unidad	Días							
		5	10	15	18	19	20	21	30
Nitrógeno	%	0,28	0,34	0,78	0,82	0,87	0,93	0,93	1,06
Carbono orgánico	%	29,3	28,9	28	27,4	27,2	27	26,9	24,9
pH	-	5,6	5,9	6	6	6,1	6,1	6,1	6,5
Conductividad eléctrica	dS/cm	0,72	0,49	0,39	0,33	0,31	0,31	0,31	0,23
Relación C/N	-	105	82	36	33	31	29	29	20

Fuente: Ghosh et al. (2007)

## **2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO**

### **2.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO.**

Por su cualidad de retención de humedad (absorbe agua en un rango de 400 a 600% de su peso y la libera en el suelo muy lentamente), el polvo de estopa de coco es ideal para variedades de cultivos. (Anbuselvi, 2009)

La Tabla No. 2.3 expone ciertas características físicas del polvo de la estopa de coco.

**Tabla No. 2.3: Propiedades físicas del polvo de la estopa del coco.**

Variable	Unidad	Valor
Conductividad Eléctrica	miliohms/cm	0.4-1
pH	-	5.5-6.1
Porosidad	%	82%
Densidad	(kg/m <sup>3</sup> )	70-80
Macroporos	%	16-20%
Microporos	%	63-70%

Fuente: (Anbuselvi, 2009)

### **2.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL POLVO DE ESTOPA DE COCO.**

El polvo de la estopa de coco es un residuo con elevado contenido lignocelulósico, por lo tanto tiene una degradación lenta en un ambiente natural. En la tabla No. 2.4 se detallan los principales nutrientes que posee el polvo de la estopa del coco.

**Tabla No. 2.4: Contenido de nutrientes en el polvo de la estopa del coco.**

<b>Componente</b>	<b>Contenido (%)</b>
Nitrógeno	0.26
Carbón orgánico	29
Proporción C:N	100:1
Lignina	31
Celulosa	27
Hemicelulosa	47
Potasio	0.78
Fósforo	0.01
Hierro	0.07
Azúcar reductor	4

Fuente: (Anbuselvi, 2009)

## **2.4 COMPOSTAJE**

El compostaje es la descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termofílicas como resultado del calor generado biológicamente, para obtener un producto final estable, libre de patógenos y semillas de plantas, y que puede ser aplicado beneficiosamente a la tierra. (Haug, 1993)

### **2.4.1 PROCESO DE COMPOSTAJE**

El proceso de compostaje es llevado a cabo por una diversa población de microorganismos predominantes aerobios que descomponen el material orgánico con el fin de crecer y reproducirse. El manejo adecuado en el compostaje

incrementa la velocidad de descomposición natural y genera suficiente calor para destruir semillas de malezas, microorganismos patógenos y larvas de moscas.

El proceso de compostaje puede estar dividido en 2 periodos principales: (1) *compostaje activo* y (2) *maduración*.

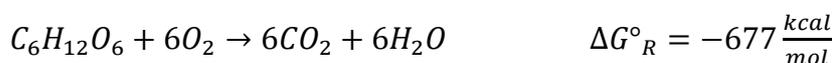
El compostaje activo es el periodo de actividad microbiana vigorosa durante el cual el material degradable es fácilmente descompuesto así como también algo del material con mayor resistencia al deterioro, como la celulosa. La etapa de maduración está caracterizada por tener un menor nivel de actividad microbiana y es responsable por la estabilización de productos resultantes de la primera etapa.

La estabilización incluye descomposición de ácidos orgánicos y de compuestos resistentes al deterioro, la formación de compuestos húmicos y la formación de nitratos-nitrógeno. (Graves et al., 2000)

#### **2.4.2 TRANSFORMACIONES QUÍMICAS**

Durante el proceso de compostaje, microorganismos degradan el material crudo de la mezcla de compost para sintetizar nuevo material celular y obtener energía de estos procesos catabólicos. Las dos maneras posibles de rendimiento de energía en el metabolismo para microorganismos heterotróficos son la respiración y fermentación.

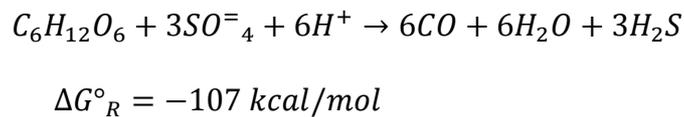
La *respiración* puede ser tanto aerobia como anaerobia. Durante la respiración aerobia, los microorganismos aerobios usan el oxígeno molecular, O<sub>2</sub>, para liberar la carga de la energía de la fuente de carbono, generando dióxido de carbono y agua en el proceso (Graves et al., 2000)



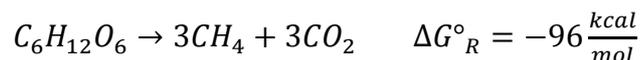
(Haug, 1993)

En este caso, el oxígeno es referido como aceptor de electrones, pero existen otros compuestos que pueden ser usados como aceptor de electrones. Los más notables son compuestos inorgánicos oxidados de nitrógeno y azufre como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ); cuando estos microorganismos usan cualquiera de estos aceptores de electrones para obtener energía se genera una respiración anaerobia. (Graves et al., 2000)

Algunos microorganismos pueden desarrollarse con uno o más de estos aceptores de electrones y son denominados como facultativos. La oxidación de la glucosa usando sulfato como aceptor de electrón, es mostrada a continuación:



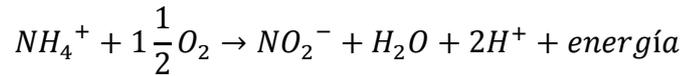
Cuando el aceptor y donante de electrones se originan de la misma molécula las reacciones son fermentativas, a continuación se considera la reacción con la glucosa:



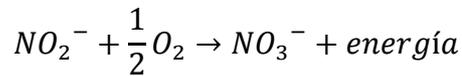
(Haug, 1993)

Una cantidad significativa de nitrógeno es perdida durante el proceso de compostaje lo cual genera una preocupación por su posible contaminación en aguas subterráneas, problemas de olor y contenido final de nitrógeno en el compost.

La *nitrificación* es una transformación química importante durante el proceso de compostaje, durante la cual el amonio o iones de amonio son oxidados a nitratos. En el primer paso se forman los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) a través de la acción de bacterias autótrofas que usan la energía producida durante la siguiente conversión:



En la segunda etapa, los nitritos son rápidamente convertidos a nitratos ( $NO_3^-$ ) por bacterias nitrificantes:



La nitrificación ocurre durante la etapa de estabilización del compostaje. Debido a que los nitritos ( $NO_2^-$ ) son tóxicos para las plantas y los nitratos ( $NO_3^-$ ) representan la forma de nitrógeno más utilizable en el metabolismo de las plantas, se debe permitir suficiente tiempo para la etapa de estabilización para que de esta manera los nitratos sean el producto final de nitrógeno en el compost.

(Graves et al., 2000)

### 2.4.3 MICROBIOLOGÍA

Una variedad de poblaciones microbianas se desarrollan en respuesta a diferentes niveles de temperatura, humedad, oxígeno y pH dentro de una pila de compostaje. Los microorganismos que habitan en una pila de compost son de tres clases: *bacterias*, *hongos* y *actinomicetos*; estos microorganismos pueden ser *aerobios*, *anaerobios* o *facultativos anaerobios*.

Las bacterias son los organismos presentes primordialmente durante las primeras etapas en el periodo de compostaje; estas son responsables de la mayoría de la descomposición inicial estabilizando la mayoría de los nutrientes fácilmente disponibles, como azúcares simples, así como también los productos de la descomposición fúngica.

Los hongos tienden a aparecer en las últimas etapas de compostaje debido a la naturaleza del material que descomponen; la mayoría de los hongos descomponen materiales resistentes como ceras, proteínas, hemicelulosas, lignina y pectina.

Los actinomicetos pueden degradar ácidos orgánicos, azúcares, almidones, hemicelulosas, celulosas, proteínas, poli péptidos, aminoácidos e incluso ligninas; los actinomicetos son más predominantes en las últimas etapas del compostaje cuando la mayoría de los compuestos fácilmente degradables han sido descompuestos. (Graves et al., 2000)

En el Anexo I se muestra la densidad de microorganismos en función a la temperatura durante el compostaje de acuerdo a Haug (1993), en donde las bacterias (incluyendo los actinomicetos) usualmente están presentes en mayor cantidad que los hongos en todas las temperaturas examinadas.

#### **2.4.4 PATÓGENOS**

Uno de los objetivos más importantes del compostaje es el de destruir patógenos que pudieran estar en los sustratos originales. Gómez y González (2004) indican que temperaturas por encima de 53°C durante el compostaje elimina totalmente las bacterias patógenas, los virus y los huevos de áscaris pierden la viabilidad, mientras que Catanhede et al. (1993) establece que las bacterias patógenas se destruyen rápidamente cuando todas las partes de la pila están sujetas a temperaturas de 60°C durante 30 a 60 minutos.

En el Anexo II se especifican los microorganismos patógenos más importantes que pueden encontrarse en un compost tratado inadecuadamente, y las enfermedades causadas por cada uno de ellos.

## **2.4.5 CONTROLES DEL PROCESO EN EL COMPOSTAJE**

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos de parámetros en los que hay que establecer un control; estos parámetros son: *los parámetros de seguimiento y los relativos a la naturaleza del sustrato*. (Márquez et al., 2008)

### **a) PARÁMETROS DE SEGUIMIENTO**

Los parámetros de seguimiento son aquellos que han de ser medidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso.

#### **1) TEMPERATURA**

El indicio más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura en la masa que se está biodegradando. Se observan tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ( $T < 45^{\circ}\text{C}$ ), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ( $T > 45^{\circ}\text{C}$ ); y fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva:  $15-40^{\circ}\text{C}$  para los microorganismos mesófilos y  $40-70^{\circ}\text{C}$  para los termófilos. (Márquez et al., 2008)

#### **2) pH**

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en

algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH.

Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más débil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formarán aún más cantidad de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón. Un proceso de compostaje con aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. (Márquez et al., 2008)

### **3) HUMEDAD**

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacio libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. (Márquez et al., 2008) La humedad óptima de acuerdo a Haug (1993), depende del tipo de residuo; así se ha encontrado que, para la paja de cereales está entre 75 y 85%, para astillas de madera entre 75 y 90% y para residuos sólidos urbano (RSU) entre 50 y 55% .

#### **4) AIREACIÓN**

Las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0,5 y 2%. Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores. Durante el proceso de maduración no deben hacerse aportaciones adicionales de oxígeno, ya que una excesiva aireación podría dar lugar a un consumo de los compuestos húmicos formados y a una rápida mineralización de los mismos. (Márquez et al., 2008)

#### **b) PARÁMETROS RELATIVOS A LA NATURALEZA DEL SUSTRATO**

Los parámetros relativos a la naturaleza del sustrato son aquellos que han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso. (Márquez et al., 2008)

#### **1) TAMAÑO DE PARTÍCULA**

El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimación del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. (Márquez et al., 2008)

## **2) RELACIÓN C/N**

Para un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y del N, la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35.

La relación C/N es un importante factor que influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso, debido a la deficiente disponibilidad de N para la síntesis proteica de los microorganismos. Si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso. La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus. Al tener la relación C/N una gran dependencia de la riqueza inicial de N, un valor concreto de C/N no refleja el estado de madurez de un compost, por lo que es más indicado seguir la evolución de C/N del proceso o calcular la diferencia entre los valores iniciales y finales. (Márquez et al., 2008)

## **3) NUTRIENTES**

Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como la de los lípidos, grasa y carbohidratos. El nitrógeno es un elemento esencial para la

reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como fertilizante está directamente relacionada con su contenido de N. El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano.

Además de C, N y P existen otros nutrientes presentes en menor cantidad (micronutrientes). Estos tienen un importante papel en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos y en los mecanismos de transporte intra y extracelular. (Márquez et al., 2008)

#### **4) MATERIA ORGÁNICA**

Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa biodegradada.

Para predecir la cantidad de producto final es necesario conocer la biodegradabilidad de la materia orgánica de partida. La biodegradabilidad indica la cantidad de materia orgánica que puede descomponerse, o que se ha descompuesto, de una mezcla o de un producto determinado. (Márquez et al., 2008)

#### **5) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)**

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante

el proceso. La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes (Márquez et al., 2008)

## 2.5 ABONOS ORGÁNICOS

Se entiende por abono orgánico todo material de origen orgánico utilizado para fertilización de cultivos o como mejorador de suelos. (Vargas, 2007)

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. (Dimas et al., 2001)

### 2.5.1 TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS

Entre los distintos tipos de abonos orgánicos conocidos se describen los siguientes:

**Compost:** es el resultado de un proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica. Se denomina compost al producto resultante del proceso de compostaje.

**Bokashi:** es el proceso de descomposición fermentativa conocido como *abono orgánico fermentado*. La materia orgánica es fermentada bajo condiciones de escaso aire con acción de microorganismos facultativos fermentadores, tanto nativos provenientes de los materiales mismos como a través de una inoculación

microbiana. Se considera un proceso de compostaje incompleto.

**Vermicompost o lombricompost:** proceso biológico de transformación de materia orgánica a humus, a través de una descomposición aeróbica realizada principalmente por lombrices.

**Biofertilizante:** fertilizantes que aumentan el contenido de nutrientes en el suelo o que aumentan la disponibilidad de los mismos. El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe los nombres de composta o biofertilizante y posee un importante contenido de materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato. (Soto & Meléndez, 2003)

## 2.5.2 CALIDAD DE UN ABONO ORGÁNICO

La calidad de un abono se determina en base a sus características físicas (tamaño de las partículas, textura y color) y químicas como contenido de materia orgánica, humedad, pH, relación carbono/nitrógeno, contenido de sales, presencia de metales, entre otros. Si estos parámetros son bien manejados se tendrá un compost de buena calidad, con las siguientes características:

- Libre de contaminación
- Higienizado
- Alto potencial fitosanitario
- Potencial de fertilización
- Potencial de capacidad de retención de agua
- Potencial de protección de erosión
- Libre de malos olores y estabilidad microbiológica

(Vargas, 2007)

### **2.5.3 EFECTOS DE LOS ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO**

Los abonos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo (fertilidad física); estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados. Por otro lado, las características químicas del suelo que cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales.

Los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y también ejercen efectos directos en el crecimiento de las plantas; la actividad biológica del suelo juega un papel importante en la oxidación y reducción de los elementos esenciales, convirtiéndolos de formas no aprovechables a formas aprovechables por las plantas.

(SAGARPA, s.f)

En el Anexo III se detallan ciertas características de cuatro tipos de abonos orgánicos: vacuno, compost, pulpa de café y paja de arroz.

### **2.6 DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE UN COMPOST**

La mezcla de un compost debe ser diseñada para optimizar las condiciones de una pila en términos de nutrición, oxígeno, contenido de humedad, pH y niveles de temperatura para que así una alta tasa de actividad microbiana sea alcanzada.

(Graves et al., 2000)

### 2.6.1 COMPONENTES DE UNA MEZCLA EN UN COMPOST

Los tres componentes en una mezcla de un compost son el sustrato primario, la enmienda y el agente de carga.

- El *sustrato primario* es el material residuo principal que requiere tratamiento.
- La *enmienda* es cualquier material que puede ser mezclado con el sustrato primario para equilibrar la relación C: N, modificar el pH, mejorar la estabilidad, y alcanzar un contenido adecuado de humedad.
- Un *agente de carga* es un material resistente al deterioro cuyo propósito principal es de proveer estructura y porosidad a la pila. Algunos agentes de carga no sufren descomposición durante el proceso de compostaje y pueden ser separados del compost final y reutilizados. (Graves et al., 2000)

### 2.6.2 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN DE UN COMPOST

Las dos posibilidades para diseñar una mezcla de compost son:

1. Determinar la proporción de cada material necesario para desarrollar una mezcla basada en una relación C: N del material.
2. Determinar la relación C: N de la mezcla basada en la cantidad de material disponible y luego equilibrar la relación C: N y contenido de humedad acordemente. (Graves et al., 2000)

En el marco teórico se considerará únicamente las determinaciones necesarias para el delineamiento número 1 especificado en el párrafo anterior.

### 2.6.3 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN C: N DE LA MEZCLA DE COMPOST

La ecuación 2.1 puede ser ajustada para determinar una mezcla que no posee un agente de carga o que tiene varias enmiendas; cada material en la mezcla de un compost debe ser considerado en esta ecuación.

$$R_m = \frac{W_{cw} + W_{cb} + W_{ca}}{W_{nw} + W_{nb} + W_{na}} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Dónde:

$R_m$  = C: N de la mezcla de compost

$W_{cw}$  = peso de carbono en el material predominante (lb)

$W_{cb}$  = peso de carbono del material de relleno (lb)

$W_{ca}$  = peso de carbono del material de enmienda (lb)

$W_{nw}$  = peso de nitrógeno en el material predominante (lb)

$W_{nb}$  = peso de nitrógeno del material de relleno (lb)

$W_{na}$  = peso de nitrógeno del material de enmienda (lb)

El peso del carbono y nitrógeno en cada material puede ser estimado usando las siguientes ecuaciones:

(Ecuación 2.2)

$$W_n = \frac{\%N \times W_s}{100}$$

(Ecuación 2.3)

$$W_n = \frac{W_c}{C:N}$$

(Ecuación 2.4)

$$W_c = \frac{\%C \times W_s}{100}$$

(Ecuación 2.5)

$$W_c = C:N \times W_n$$

Dónde:

$W_n$  = peso de nitrógeno del material

$W_c$  = peso de carbono del material

%N = porcentaje de nitrógeno

%C = porcentaje de carbono

C: N = relación carbono-nitrógeno

(Graves et al., 2000)

### 3 CAPITULO N°3: DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 3.1 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 TIPO DE ENFOQUE METODOLÓGICO

El enfoque metodológico de la tesis es de tipo cuantitativo, ya que a través de mediciones numéricas se pretende conocer el comportamiento de las variables en los controles del proceso de compostaje, con la finalidad de comprobar la hipótesis establecida para la obtención de un fertilizante orgánico en donde la materia prima esencial consiste en el polvo de la estopa de coco.

##### 3.1.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

Las técnicas empleadas para la recolección de datos, consistieron en la ejecución de:

- *Entrevistas*

Se determina la disponibilidad de la estopa de coco en la ciudad de Manta a través de la consulta del volumen de venta en los puntos comerciales fijos del fruto en la ciudad.

- *Experimentación*

A través de la molienda de las estopas de coco, se estima un promedio en el contenido de fibra y de polvo, para así establecer el requerimiento del residuo en base al rendimiento obtenido del polvo.

Se mantiene registros de las variables generadas en cada indicador establecido para el control del proceso de compostaje, y se determina y recopila los resultados de la evaluación de la calidad del producto.

En la tabla No. 3.1 se especifican los métodos empleados para la medición de variables.

**Tabla No. 3.1: Método de medición empleado para las variables del proceso de compostaje.**

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método de medición</b>
Temperatura	°C	Medidor digital de suelos
pH	-	Medidor digital de suelos
Humedad	%	Gravimétrico
Población bacteriana	UFC/g	Conteo visual con Cámara Neubauer
C/N (Relación entre el contenido en carbono orgánico y nitrógeno total).	-	Carbono orgánico: Titulación Nitrógeno total: Método Kjeldahl
Nitrógeno total	%	Método Kjeldahl

**Elaboración: Autora.**

### 3.1.3 NORMAS

A continuación se mencionan las normativas aplicadas para las determinaciones de las variables: humedad, nitrógeno total (%) y relación C/N.

- **Determinación de Humedad.**

La normativa para la determinación de la humedad empleada por el Laboratorio Aroma (Guayaquil) es la NTE-INEN-0222-2013.

- **Determinación de Nitrógeno total.**

El contenido de nitrógeno total determinado en el Laboratorio Aroma fue realizado bajo la normativa NTE-INEN-0224-2013 y, con referencia en el libro “Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists (AOAC)”, Edición 14.

- **Determinación de C/N**

- **Carbono orgánico (%).**

Para la determinación del contenido de carbono orgánico (%) la normativa empleada se encuentra en el libro de “Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists (AOAC)”. Edición 14.

- **Nitrógeno total (%).**

La normativa para la determinación del nitrógeno total (%) es la NTE-INEN-0224-2013 y, la encontrada en el libro “Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists (AOAC)”. Edición 14.

En lo referente a las normativas aplicadas para los fertilizantes orgánicos se realizan las siguientes contemplaciones:

De acuerdo en lo redactado en la INEN 209 (1998), un fertilizante orgánico natural es toda sustancia orgánica, de origen animal, vegetal o mixto, que se añade al suelo con el fin de mejorar su fertilidad; además, define a un compost como un producto proveniente de los desechos biodegradables, que han sido parcialmente descompuestos o procesados.

El fertilizante que se pretende obtener en esta experimentación corresponde a un *fertilizante orgánico de origen diverso* (compost) en base a lo especificado en la INEN 330 (1998).

Debido a que no existe una normativa específica que haya sido expedida por el INEN en Ecuador para evaluar la calidad de un compost, el análisis de los resultados en la mayoría de los parámetros determinados en los compost obtenidos, se basará en la norma de calidad de compost emitida por el Departamento de Descontaminación, Planes y Normas de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (NCh2880, 2005); en esta normativa se identifican tres clases de compost: compost clase A, compost clase B y compost inmaduro.

Esta norma tiene por objeto establecer la clasificación y requisitos de calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos y de otros materiales orgánicos generados por la actividad humana, tales como los agroindustriales, agrícolas (forestales, cultivos y ganaderos), animales, pesqueros, de mercados y ferias libres en que se comercializan productos vegetales; de la mantención de parques y jardines; residuos domiciliarios verdes; de lodos proveniente de aguas servidas y residuos industriales líquidos. (NCh2880, 2005)

## 3.2 CALIDAD DEL PRODUCTO

### 3.2.1 CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO EN FUNCIÓN DE SU CALIDAD.

De acuerdo a su nivel de calidad, el compost se clasifica de la siguiente manera:

- **Compost clase A:** Relación C/N  $\leq$  25. Producto de alta calidad que cumple con las exigencias para compost clase A en todos los parámetros especificados en la normativa. El producto no presenta ninguna restricción de uso debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación pudiendo ser aplicado a macetas directamente sin mezclarse.
- **Compost clase B:** Relación C/N  $\leq$  30. Producto de calidad que cumple con las exigencias para compost clase B en todos los parámetros especificados en la normativa. El producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado a macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados.
- **Compost inmaduro:** Relación C/N  $>$  30. Es una materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje donde ha sufrido una descomposición inicial pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost clase A o B. Es un producto que se debe mezclar para ser aplicado.

(NCh2880, 2005)

### 3.2.2 REQUISITOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL COMPOST

Los requerimientos establecidos por la normativa chilena NCh2880 (2005) para calificar la calidad de un compost o fertilizante orgánico, se presentan en la Tabla No. 3.2.

**Tabla No. 3.2: Requisitos físicos, químicos y microbiológicos del compost.**

<b>REQUISITOS FISICOS Y QUÍMICOS</b>	
<b>Olores</b>	El compost deber presentar olores característicos de este producto sin olores desagradables como por ejemplo, compuestos sulfurosos, amoniacales, mercaptanos y/o de azufre reducido, entre otros.
<b>Humedad</b>	El compost debe presentar un contenido de humedad entre 30% y 45% de la masa del producto en base húmeda.
<b>Tamaño de partículas</b>	Para todas las clases de compost, el tamaño máximo de las partículas que lo integran debe ser menor o igual a 16 mm, determinado en su mayor dimensión.
<b>Densidad Aparente</b>	Para todas las clases de compost, la densidad aparente debe ser menor o igual a 700 kg/m <sup>3</sup> .
<b>Conductividad Eléctrica (1:5)</b>	Para el <i>compost clase A</i> , la conductividad eléctrica debe ser < a 3 dS/m.  Para el <i>compost clase B</i> , la conductividad eléctrica debe ser a ≤ 8 dS/m.
<b>pH</b>	El pH del compost debe estar comprendido entre 5,0 y 8,5.
<b>Materia Orgánica</b>	El compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20%.
<b>Relación C/N</b>	Para el <i>compost clase A</i> , la relación C/N debe ser ≤ a 25.

	Para el <i>compost clase B</i> , la relación C/N debe ser $\leq$ a 30.
<b>Contenido de nutrientes</b>	El compost debe tener contenidos de nitrógeno total mayor o igual a 0,5%, expresado sobre base seca.
<b>REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS (SANITARIOS)</b>	
<b>Tolerancia de patógenos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coliformes fecales: &lt; a 1 000 NMP por gramo de compost, en base seca</li> <li>• Salmonela sp.: 3NMP en 4 g de compost en base seca.</li> </ul>

Fuente: NCh2880 (2005)

### 3.3 PARÁMETROS DE ACUERDO A LAS VARIABLES

En función a la variable independiente (formulación de las pilas de compostaje), los parámetros manejados son los siguientes:

- La relación C/N de la mezcla de materiales de partida: entre 25 y 30.
- El contenido de nitrógeno total al inicio del compostaje:  $>$  a 1%.

Los parámetros establecidos para los indicadores de la variable dependiente (controles del proceso de compostaje) se indican a continuación:

#### a) Temperatura

- Durante la fase mesófila del compostaje la temperatura deberá encontrarse entre: 10-42°C.
- Durante la fase termófila del compostaje la temperatura deberá encontrarse entre: 45-70°C.

## **b) pH**

El rango de pH durante toda la fase activa del compostaje deberá encontrarse entre valores de 5 y 9.

## **e) Humedad**

Durante la fase activa del compostaje se debe mantener un porcentaje de humedad entre 50 y 70%.

### **3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio fue desarrollado en un espacio terrenal de 200 mt<sup>2</sup>, localizado en la ciudad de Manta (Manabí), en la Ruta del Spondylus a 65 msnm (17T 527660 S: :9894222 O). La precipitación anual de Manta oscila entre 200 a 250 mm, y posee una temperatura promedio máxima entre 27 y 31 °C y mínima entre 15 y 19 °C.

#### **3.4.2 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

Para el desarrollo de la fase experimental de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

##### **Materiales**

- Estopas de coco
- Gallinaza (estiércol de gallina)
- Urea (46-0-0)
- Cultivo microbiano: Qualy Bio Composter
- Agua para humedecer la masa a compostar

- Pallets para las bases de las pilas
- Láminas de polietileno para recubrir las bases de las pilas
- Tramos de tuberías seccionadas por la mitad para recolección de lixiviados generados en las pilas

### **Equipamiento**

- Molino de martillo para la trituración de las estopas de coco

*Molino #1. Especificaciones:*

- a) Potencia: 5 hp
- b) Número de malla: 1/16 in (1.5 mm)

*Molino #2. Especificaciones:*

- a) Potencia: 60 hp
  - b) Número de malla: 1/8 in (3.175 mm)
- Balanza industrial (0-650 lb; 1-300 kg)
  - Estufa
  - Balanza digital (BLC-500; 0,1-500 g)
  - Vibradora-1 (tamices con mallas de: 4 mm, 2,5 mm, 1,25 mm, 800  $\mu$ m, 630 $\mu$ m)

### **3.4.3 TÉCNICAS DE LA EXPERIMENTACIÓN**

La fase experimental estuvo dividida en 2 partes: *el procesamiento de las estopas de coco (molienda, rendimiento y caracterización del polvo), y la elaboración de pilas de compostaje.*

## **a) PROCESAMIENTO DE LAS ESTOPAS DE COCO.**

### **1) RECOLECCIÓN DE LAS ESTOPAS DE COCO.**

Se recolectaron estopas de coco en los puntos de venta del fruto (Manta y Rocafuerte), donde éstas son diariamente desechadas y transportadas por el recolector de basura municipal hacia los rellenos sanitarios.

En la figura No. 3.1 se observa la disposición que se le da a la estopa de coco en uno de los puntos de venta del fruto. En algunos lugares en donde se recolectó el residuo, fue necesario realizar una selección del mismo, ya que éste presentaba residuos plásticos, papeles, entre otros.



**Figura No. 3.1: Disposición final de la estopa de coco en una región cercana a su punto de venta (Rocafuerte, Manabí).**

### **2) SECADO DE LAS ESTOPAS DE COCO.**

Por lo general en los puntos de venta de coco se extrae el agua y la pulpa sin necesidad de separar la capa dura del coco (endocarpio) de la capa media o estopa (mesocarpio); cuando los cocos son verdes, es fácil separar estas dos capas, pero a

medida que el coco empieza a secarse, en un corto periodo de tiempo se dificulta la separación de estas capas.

Lo ideal sería utilizar únicamente la parte media o estopa del coco para esta experimentación, pero al momento de la recolección del residuo, este ya estaba seco de manera que no fue conveniente separar estas dos capas debido a la complejidad de esta actividad y además del tiempo adicional que representaría realizar la misma; la remoción de la capa externa de la estopa (exocarpio) no fue considerada necesaria.

La reducción del contenido de humedad en las estopas de coco es necesaria para facilitar la operación de la molienda. El contenido de humedad de las estopas de coco utilizadas se encontraba entre el 69 y 71%. Para facilitar la operación de secado de las estopas de coco, estas fueron divididas en 2 partes.

- *Secado natural:* Se extendieron las estopas de coco en un área pavimentada y se mantuvieron expuestas al sol durante aproximadamente 2 a 3 semanas. Para disminuir el tiempo del secado de las estopas, estas se seccionaron en fragmentos de menor tamaño (aproximadamente de 15 a 20 fragmentos por estopa), alcanzándose de esta manera una reducción en el tiempo de secado de 10 días máximo.

### **3) MOLIENDA DE LAS ESTOPAS DE COCO.**

El equipo utilizado en la presente investigación para la reducción del volumen de las estopas de coco fue el molino de martillos.

Con el fin de determinar la cantidad de fibra y polvo promedio generado a partir de una estopa de coco se realizaron determinaciones de rendimiento del fruto empleando 2 molinos de martillo, de distintas características.

En el Anexo IV, se muestran los datos obtenidos del procesamiento de 8 muestras de cocos enteros, en donde se indica el peso total del coco, el peso de la estopa húmeda (una vez extraído su jugo y pulpa), el porcentaje de humedad de la estopa y el porcentaje que representa la estopa húmeda del peso total del coco. En continuidad se dejó secar cada una de las muestras de coco durante 10 días a temperatura ambiente promedio de 29°C, determinando como se muestra en el Anexo V, el peso de la estopa seca, el porcentaje de humedad que presentó la estopa y el porcentaje que representa la estopa seca del peso total del coco.

Se emplearon 4 de las muestras de estopa de coco seca para su fragmentación en el Molino #1 y 4 muestras para el Molino #2, en donde se determinó la cantidad de fibra y polvo promedio generado en cada uno de los molinos. (Ver Anexo VI). Las características de los molinos se detallan en el apartado 3.4.2 de este capítulo.

La molienda de las estopas de coco mediante la utilización del Molino #1 genera en promedio 56,37% de fibra y 39,96% de polvo, mientras que a través de la utilización del Molino #2 se genera en promedio 18,44% de fibra y 78,29% de polvo.

El Molino #2 fue el equipo destinado para la molienda de todas las estopas de coco requeridas para la conformación de las pilas de compostaje.

En base a la disposición de las unidades de estopas de cocos presente en los puntos de venta del fruto (ver Tabla No. 1.1), cuyo peso promedio resultó equivalente a 0,26 kg (estopa seca), y tomando en consideración un rendimiento del polvo del 80% durante la molienda de las estopas de coco, se procede a realizar una

estimación de la disponibilidad del residuo. En la Tabla No. 3.3 se estima el valor promedio semanal, mensual y anual generado como estopa seca, fibra y polvo.

**Tabla No. 3.3: Disponibilidad del polvo de estopa de coco en Manta (2013).**

<b>Material</b>	<b>Valor promedio semanal (kg)</b>	<b>Valor promedio mensual (kg)</b>	<b>Valor promedio anual (kg)</b>
<b>Estopa seca</b>	515,83	2063,32	24759,86
<b>Fibra</b>	103,16	412,66	4951,97
<b>Polvo</b>	412,66	1650,65	19807,88

Elaboración: Autora.

#### **4) CARACTERIZACIÓN DEL POLVO DE LA ESTOPA DE COCO.**

Se evaluó la composición química del polvo obtenido de la estopa de coco, determinando los siguientes parámetros: relación C/N, nitrógeno total, fósforo total, potasio total, hierro total, hemicelulosa, celulosa, lignina; los análisis de los parámetros mencionados, fueron realizados en el Laboratorio químico Jozalab, cuyos resultados se presentan en el Anexo VII.

##### **b) ELABORACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE.**

Debido al alto valor de la relación C/N del polvo de la estopa de coco se requiere la adición de materiales orgánicos con un alto contenido en nitrógeno para equilibrar la relación C/N del polvo y además facilitar la actividad microbiana en los sustratos.

Las fuentes de nitrógeno fueron proporcionadas en las pilas de compostaje mediante la adición de gallinaza y urea en cada una de las pilas de compostaje.

Se desarrollaron cinco pilas de compostaje que se designaron como: P1, P2, P3, P4, P5, las cuales se conformaron a través de distintas proporciones de polvo de estopa de coco, gallinaza y urea, para así obtener relaciones carbono-nitrógeno de partida equivalentes a 30:1 (P1,P2) y 25:1 (P3,P4,P5).

El modelo de pila P2 es la réplica del modelo P1, mientras que el modelo de pila P5 es la réplica del modelo P4; P3 es la muestra testigo que se efectuó sin inoculación de microorganismos. Todas las pilas realizadas tuvieron un volumen total de 0,75 mt<sup>3</sup>.

### **1) FORMULACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN C/N DE PARTIDA DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE**

Previo a la aplicación de la ecuación 2.1 para la determinación de la relación C/N de partida de la mezcla del compost, fue necesario determinar el contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y el peso en base seca del *material predominante* (polvo de estopa de coco) y de las *enmiendas* (gallinaza y urea). La relación C/N y % de nitrógeno total del polvo de estopa de coco son 97:1 y 0,62% respectivamente (ver Anexo VII); teniendo en cuenta de que la relación C/N es el resultado del cociente entre el % de carbono orgánico y % de nitrógeno total, el contenido en carbono orgánico del polvo es 60,14%. Así mismo, la relación C/N y % de nitrógeno total de la gallinaza son 10,42 y 1,74% (ver Anexo VIII), por lo que su contenido en carbono orgánico es 18,13%. La proporción empleada de polvo de estopa de coco, gallinaza y urea en P1 y P2 se detalla en la Tabla No. 3.4, y en el caso de P3, P4 y P5, los datos se muestran en la Tabla No.3.5, en donde aplicando la ecuación 2.1 detallada en el capítulo de esta tesis, se obtuvo una relación C/N de partida para P1 y P2 equivalente a 30,17, y en el caso de P3, P4 y P5 equivalente a 26,01.

**Tabla No. 3.4: Determinación del peso de los materiales utilizados y relación C/N de partida para P1 y P2.**

<b>Material</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Proporción %</b>	<b>Volumen (mt3)</b>	<b>Densidad (kg/mt3)</b>	<b>Peso en base húmeda (Kg)</b>	<b>Peso en base seca (Kg)</b>	<b>C/N</b>	<b>%Carbono orgánico</b>	<b>%Nitrógeno Total</b>	<b>C/N de pila</b>
Polvo de estopa de coco	10	92,2	0,6915	250,0	172,88	155,59	97	60,14	0,62	<b>30,17</b>
Urea	0,34	0,8	0,0060	720,0	4,32	4,31	0,5	23,33	46	
Gallinaza	37,99	7	0,0525	510,0	26,78	16,60	10,42	18,13	1,74	
<b>Total</b>	-	100	0,7500	-	203,97	176,50	-	-	-	-

Elaboración: Autora.

**Tabla No. 3.5: Determinación del peso de los materiales utilizados y relación C/N de partida para P3, P4 y P5.**

<b>Material</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Proporción %</b>	<b>Volumen (mt3)</b>	<b>Densidad (kg/mt3)</b>	<b>Peso en base húmeda (Kg)</b>	<b>Peso en base seca (Kg)</b>	<b>C/N</b>	<b>%Carbono orgánico</b>	<b>%Nitrógeno total</b>	<b>C/N de pila</b>
Polvo de estopa de coco	10	87	0,6525	250,0	163,13	146,81	97	60,14	0,62	<b>26,01</b>
Urea	0,34	0,9	0,0068	720,0	4,86	4,84	0,5	23,33	46	
Gallinaza	37,99	12,1	0,0908	510,0	46,28	28,70	10,42	18,13	1,74	
<b>Total</b>	-	100	0,7500	-	214,27	180,36	-	-	-	-

Elaboración: Autora.

## **2) PREPARACIÓN DE LAS PLATAFORMAS.**

Se utilizaron 2 pallets para elaborar la plataforma de cada pila de compostaje, y se formó con la ayuda de ladrillos como base, un desnivel de aproximadamente 30°, en donde se dispuso -anexo a la plataforma- un tramo de tubería seccionado por la mitad para la recolección de lixiviados.

Se empleó aproximadamente 5 mt de longitud en láminas de polietileno para recubrir cada plataforma y disponer de una superficie plana para la colocación de los materiales.

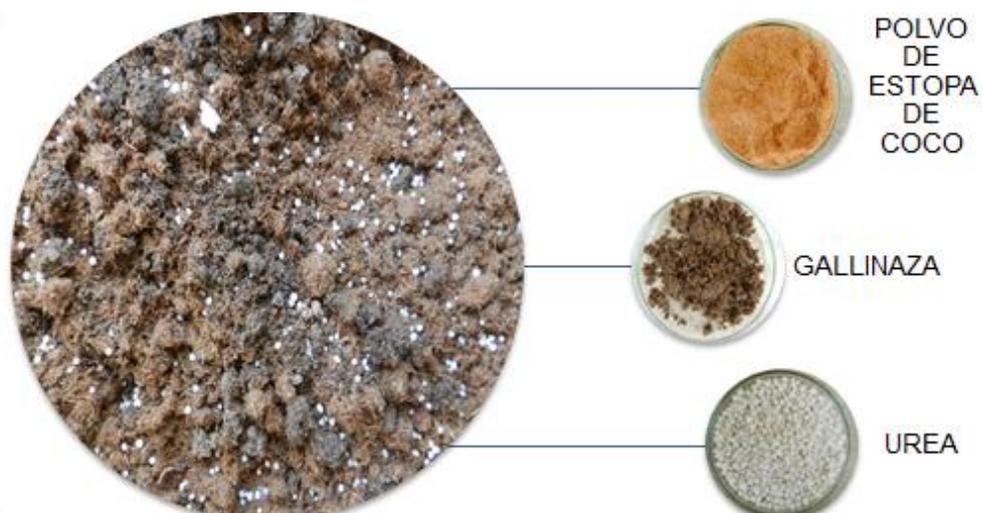
## **3) MEZCLA DE LOS MATERIALES.**

Para las pilas P1 y P2 se pesó y mezcló 172,88 kg de polvo de estopa de coco, 4,32 kg de urea y 26,78 kg de gallinaza (ver Tabla No. 3.4). En el ajuste de contenido de humedad de las pilas, se adicionó 520 lt de agua en P1 y 670 lt en P2; la diferencia en la adición de agua entre P1 y P2 fue necesaria debido a la variación granulométrica del polvo de estopa de coco por la presencia de fibras de tamaño corto de la misma estopa generadas durante la molienda del residuo.

Para las pilas P3, P4 y P5 se pesó y mezcló 163,13 kg de polvo de estopa de coco, 4,86 kg de urea y 46,28 kg de gallinaza (ver Tabla No. 3.5). En el ajuste de contenido de humedad de las pilas, se adicionó 730 lt de agua en P3, 734 lt en P4 y 680 lt en P5; de la misma manera como ocurrió en P1 y P2, el ajuste de la humedad de las pilas estuvo basado en la variación granulométrica de polvo de estopa de coco.

La adición de agua en las mezclas de los compost se realizó conforme se realizaban las mezclas de los materiales.

En la Figura No. 3.2 se muestra una imagen de los componentes que conforman a las mezclas de compost realizadas.



**Figura No. 3.2: Componentes que conforman las mezclas de compost de la experimentación.**

#### **4) MONTAJE Y AIREACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE**

Se construyó un molde de madera prensada (Figura No. 3.3) con dimensiones de 242 cm de longitud y 87 cm de ancho, con la finalidad de agilizar el montaje de las pilas sobre las plataformas.



**Figura No. 3.3: Molde empleado para el montaje de las pilas.**

Una vez realizadas las respectivas mezclas de los componentes formulados, se procedió a colocar cada pila en su plataforma, como se aprecia en la Figura No. 3.4, mediante la ayuda del molde de madera prensada para darle forma y consistencia a la pila durante su colocación.

La aireación proporcionada a las pilas de compostaje se realizó a través del volteo de la mezcla de compost mediante el empleo de palas, como es mostrado en la Figura No. 3.5; se utilizó el molde de madera prensada para montar la pila después de cada volteo.

Los volteos de las pilas de compostaje se ejecutaron 4 veces por semana durante toda la fase activa del compostaje.



**Figura No. 3.4: Montaje de las pilas en plataforma.**



**Figura No. 3.5: Volteo de una de pilas de compostaje.**

## 5) INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS

El producto utilizado para la inoculación de los microorganismos en las pilas de compostaje se encuentra en el mercado bajo el nombre de: Qualy Bio Composter. Este producto es altamente concentrado ( $5 \times 10^9$  UFC/g) en los siguientes bacilos benéficos:

- *Bacillus Amyloliquefaciens*
- *Bacillus Licheniformis*
- *Bacillus Subtilis*

El producto posee una densidad de 0,56 g/cc y está desarrollado para la digestión de desechos en cultivos agrícolas, desperdicios agroindustriales del procesamiento de frutas, alimentos y animales así como del aprovechamiento de otros desechos como estiércol, basura orgánica, etc. El Qualy Bio Composter ayuda a obtener un abono orgánico en menos tiempo y con mayor contenido de nitrógeno.

Para la preparación de la solución de microorganismos se pesó 30 g de Qualy Bio Composter/pila y 30 g de azúcar morena/pila, a continuación se mezclaron ambos y se adicionó 2 gal. de agua en cada preparación. La mezcla se mantuvo en continua agitación durante 8 horas (tiempo necesario para la activación de los microorganismos) antes de realizar la inoculación en cada pila.

La inoculación con Qualy Bio Composter fue realizada en P1, P2, P4 y P5, ya que P3 se constituyó como la pila testigo (sin inoculación).

En P1, P4 y P5, la inoculación de los microorganismos fue realizada conforme se llevaba a cabo el montaje de la pila en la plataforma una vez mezclado todos los materiales, añadiendo equitativamente dosis en los distintos niveles de pila, mientras

que la inoculación ejecutada en P2 se realizó durante la mezcla del polvo de la estopa de coco, gallinaza y urea.

## **6) MUESTREO PARA CONTROLES DE PROCESO.**

El muestreo en las pilas de compostaje para la determinación de la relación C/N, % de nitrógeno total, % de humedad y población bacteriana (UFC/g), consistió en la mezcla de porciones tomadas desde 6 puntos distintos de la pila (2 superiores, 2 intermedios y 2 inferiores).

La determinación de la relación C/N y % de nitrógeno total fue realizada en el Laboratorio Aroma (Biotecnología) de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

El contenido de humedad inicial de las pilas fue determinado en el Laboratorio Aroma (Biotecnología); durante el proceso de compostaje, la determinación de la humedad fue realizada en el Laboratorio de Control de Calidad de Fishcorp S.A. (Manta).

La población bacteriana en las pilas de compostaje fue determinada en el Laboratorio de Control de Calidad de Quality S.A. (Guayaquil, Ecuador).

Los datos recolectados de temperatura y pH se obtuvieron como promedio de los 6 puntos mencionados anteriormente.

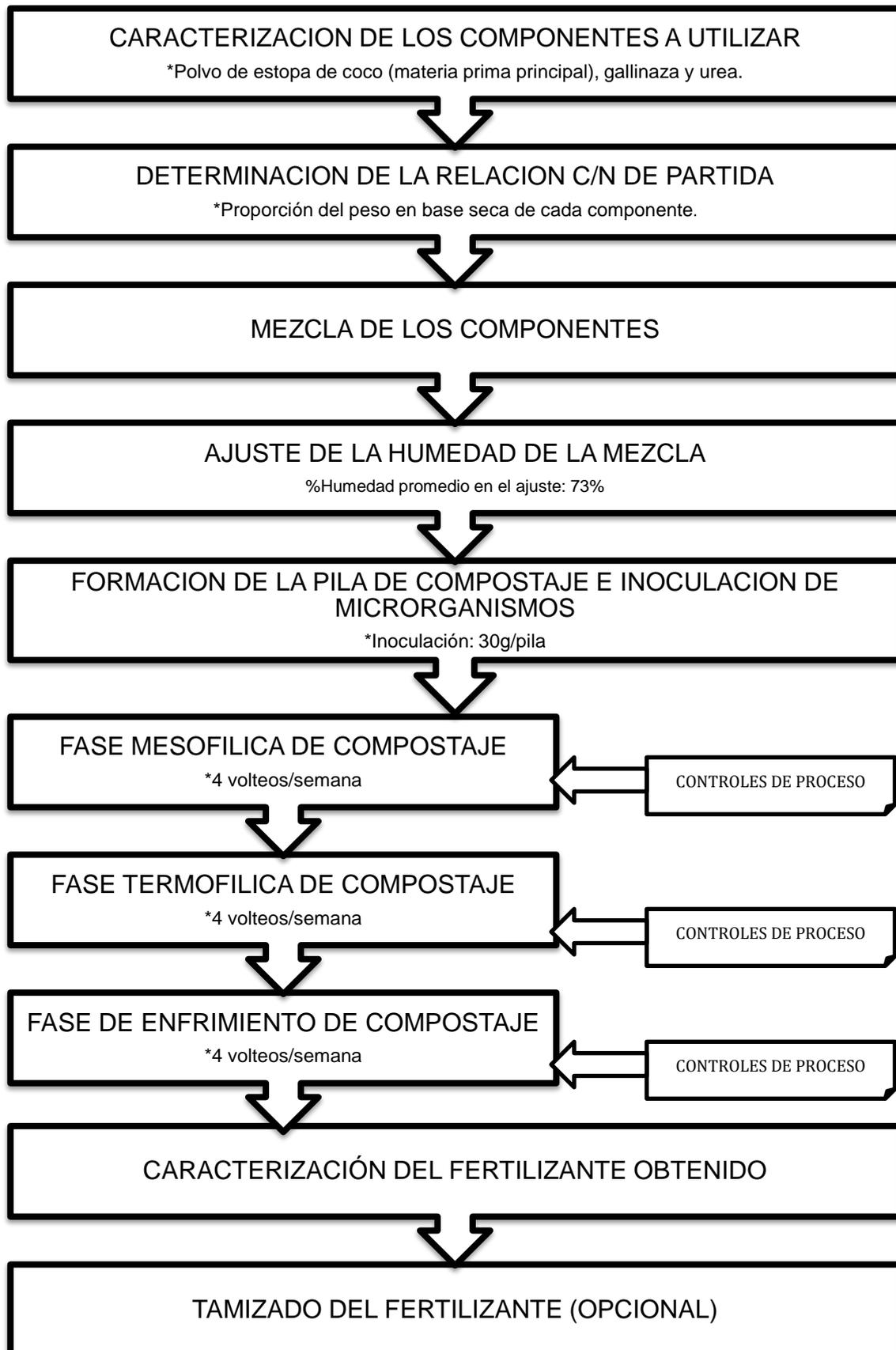
### 3.5 INGENIERÍA DE PROCESOS

#### 3.5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESAMIENTO DE LA ESTOPA DE COCO.



Elaboración: Autora.

#### 3.5.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO



Elaboración: Autora.

## 5. CAPITULO N°4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 BALANCE DE MATERIA

#### 4.1.1 PROCESAMIENTO DE LA ESTOPA DE COCO

La cantidad de polvo de estopa de coco que se requirió en total para las mezclas de compost, de acuerdo a la formulación de las pilas (ver apartado 3.4.3), fue de 835,15 kg. Debido a que durante la molienda de las estopas se generan pérdidas del material, el requerimiento del polvo se estableció con un valor de 900 kg.

En base al rendimiento del 80% de polvo en la molienda de estopas de coco, se requirió de 1,13 T.M. de estopas de coco para obtener 900 kg de polvo.



**Diagrama No. 5.1: Rendimiento en la molienda de las estopas de coco.**

#### 4.1.2 PILAS DE COMPOSTAJE

Al culminar el proceso de compostaje, se cuantificó el compost obtenido en cada una de las pruebas realizadas. Los rendimientos de cada pila se muestran en los diagramas 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6.

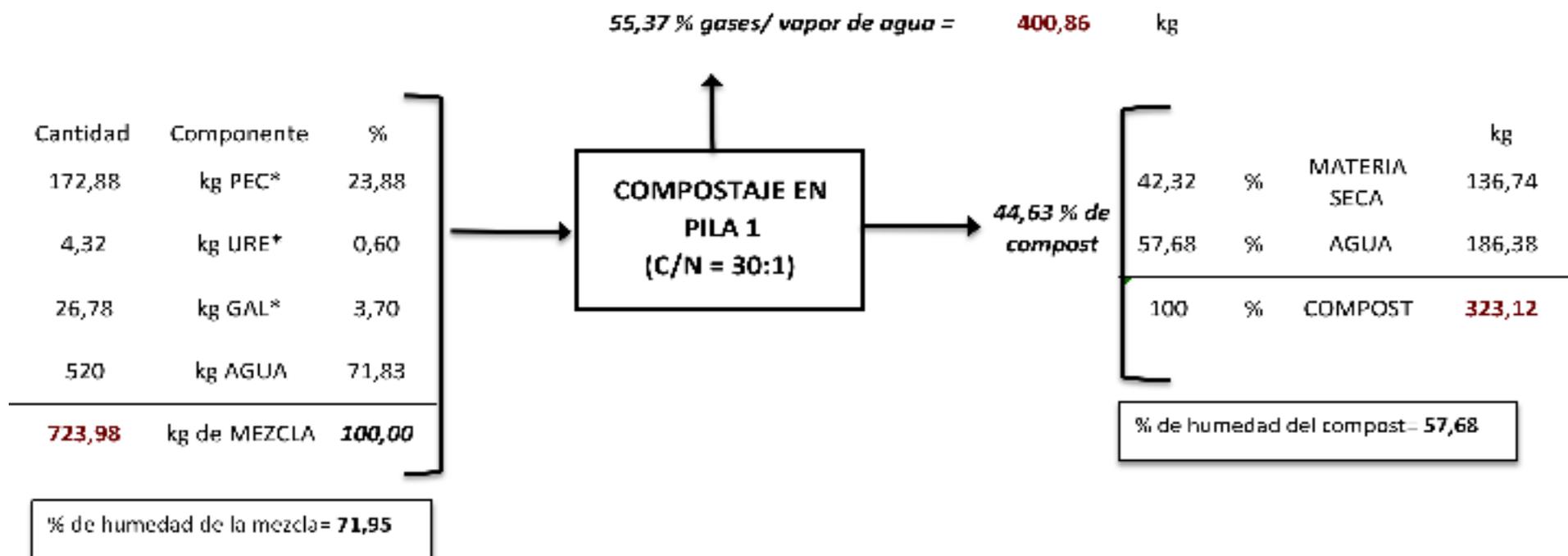
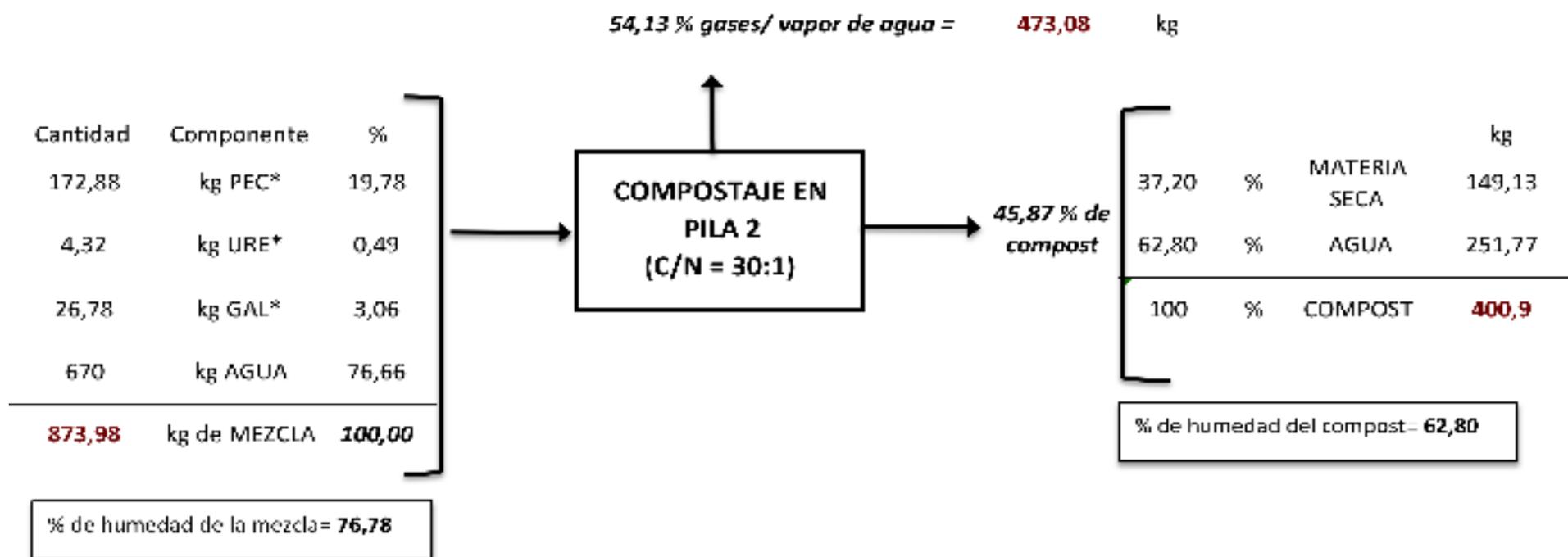


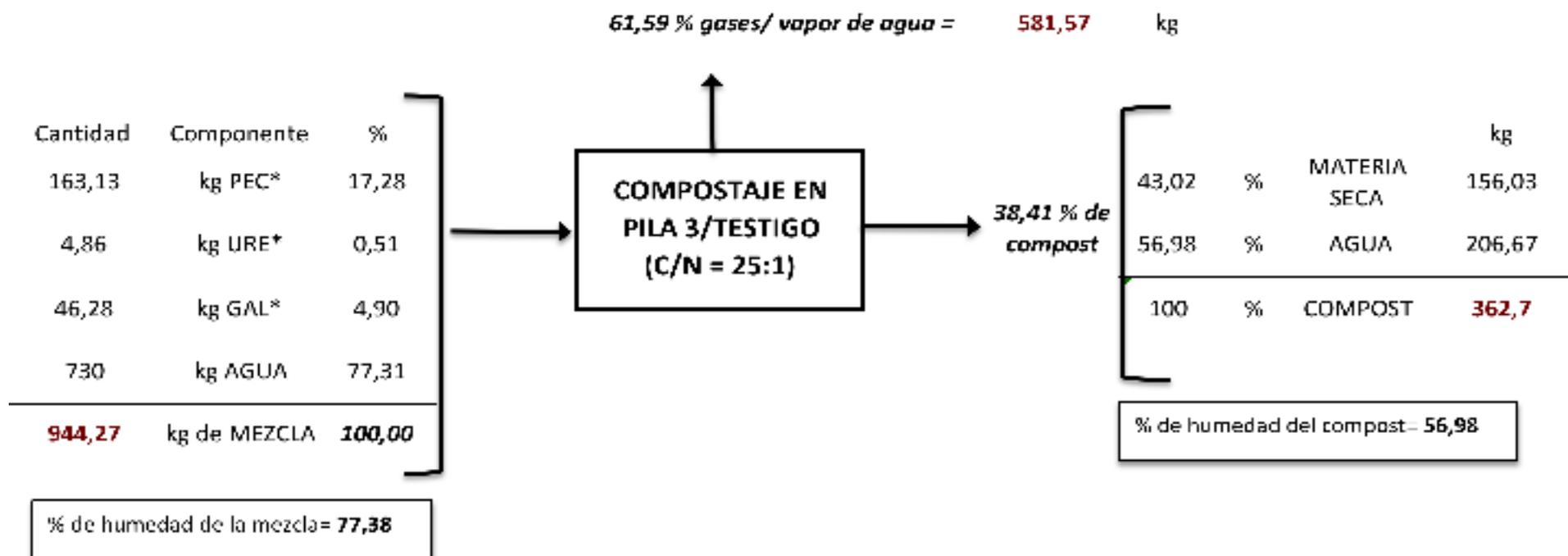
Diagrama No. 5.2: Balance de materia en pila de compostaje P1.

\* **PEC:** polvo de estopa de coco; **URE:** urea; **GAL:** gallinaza.



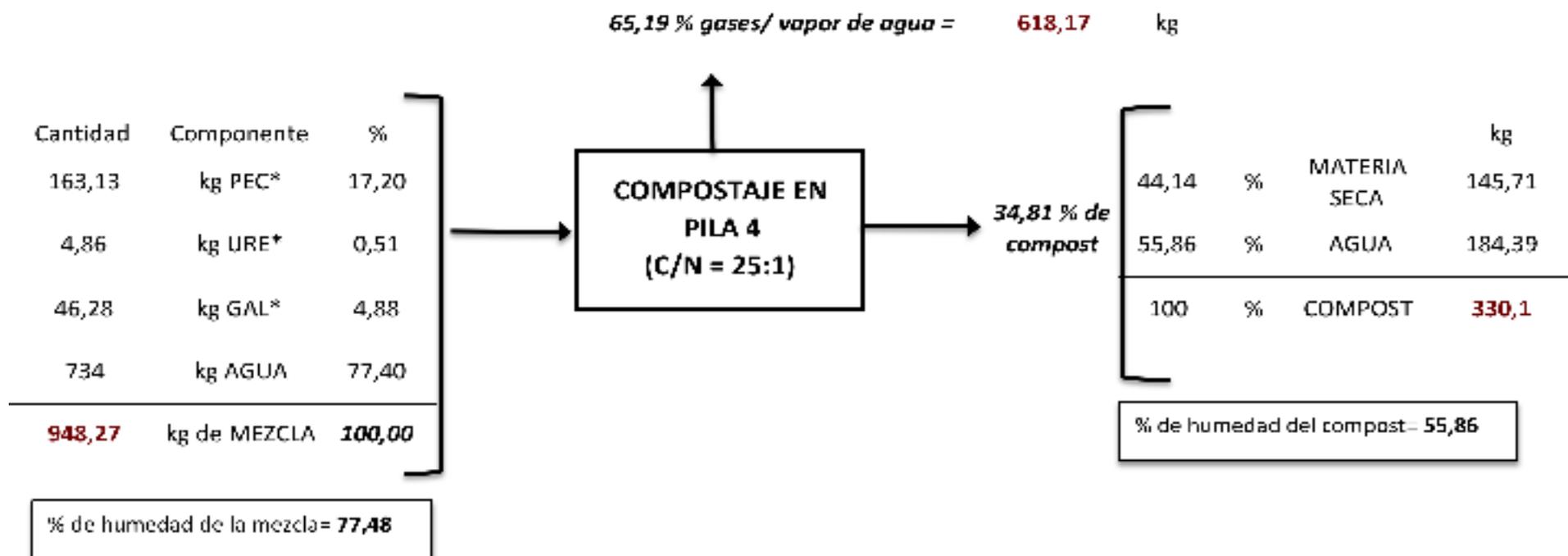
**Diagrama No. 5.3: Balance de materia en pila de compostaje P2.**

\* *PEC: polvo de estopa de coco; URE: urea; GAL: gallinaza.*



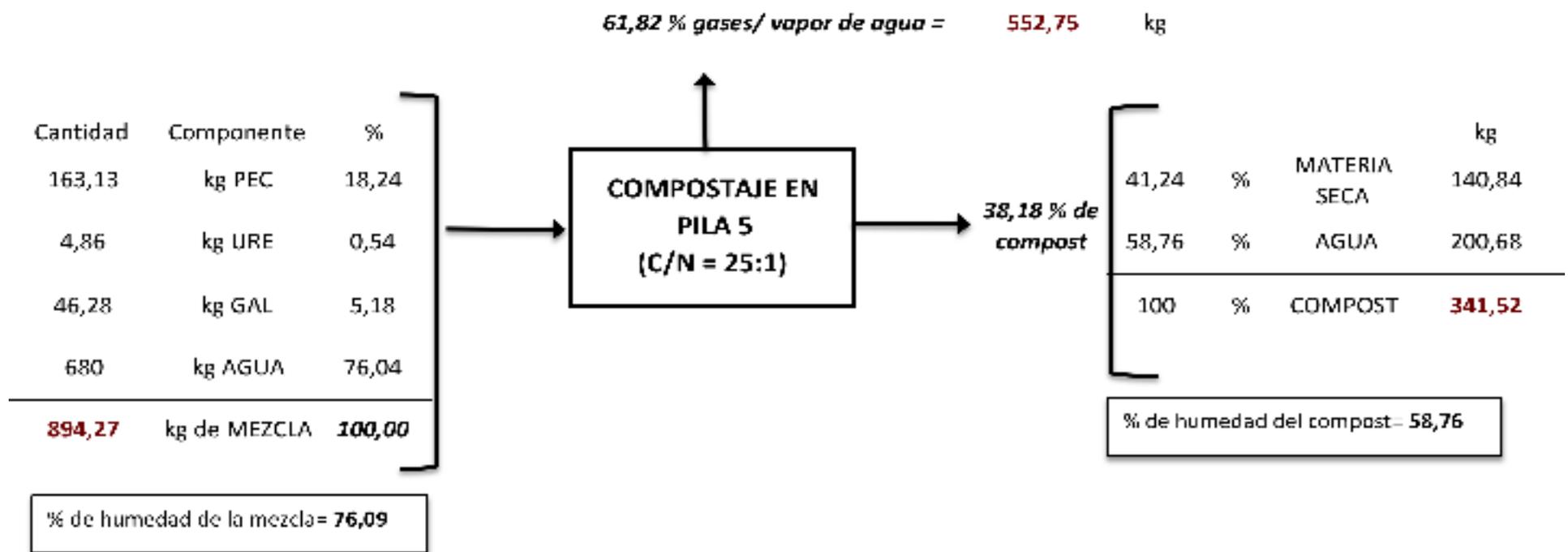
**Diagrama No. 5.4: Balance de materia en pila de compostaje P3.**

\* **PEC:** polvo de estopa de coco; **URE:** urea; **GAL:** gallinaza.



**Diagrama No. 5.5: Balance de materia en pila de compostaje P4.**

\* **PEC:** polvo de estopa de coco; **URE:** urea; **GAL:** gallinaza.



**Diagrama No. 5.6: Balance de materia en pila de compostaje P5.**

\* **PEC:** polvo de estopa de coco; **URE:** urea; **GAL:** gallinaza

## 4.2 RESULTADOS EXPERIMENTALES

### 4.2.1 RENDIMIENTO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE

En la Tabla No. 4.1 se detalla el rendimiento del compost obtenido en las 5 pilas de compostaje efectuadas, además del % de materia seca y humedad presente en el compost.

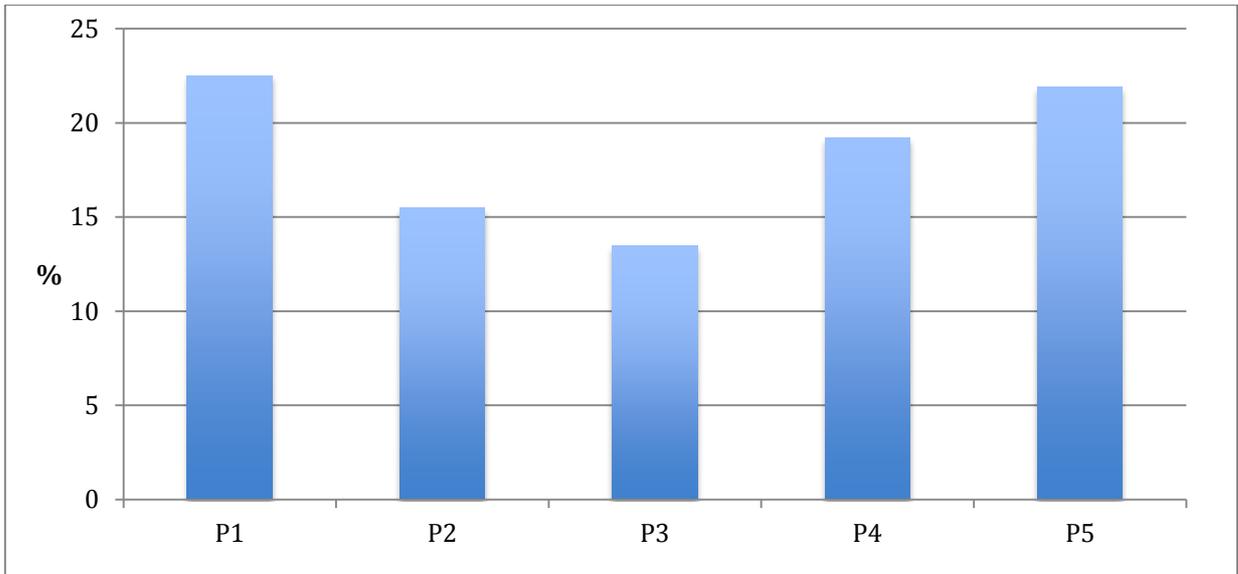
**Tabla No. 5.1: Valor porcentual del compost obtenido a partir de las pilas de compostaje.**

<b>PILA</b>	<b>RENDIMIENTO DEL COMPOST OBTENIDO (%)</b>	<b>% MATERIA SECA EN COMPOST</b>	<b>% HUMEDAD EN COMPOST</b>
P1	44,63	42,32	57,68
P2	45,87	37,2	62,8
P3	38,41	43,02	56,98
P4	34,81	44,14	55,86
P5	38,18	41,24	58,76
<b>X</b>	<b>40,38</b>	<b>41,58</b>	<b>58,41</b>

Elaboración: Autora.

En el Anexo IX se expone la diferencia entre el peso inicial y final en base seca de las pilas de compostaje, con la finalidad de observar el porcentaje de disminución de la masa en las mismas; los valores porcentuales de reducción de masa de las pilas son representados en el Gráfico No. 4.1.

**Gráfico No. 5.1: Reducción de masa de las pilas de compostaje.**



Elaboración: Autora.

#### **4.2.2 SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

El control de los parámetros durante las fases activas en el proceso de compostaje de las pruebas P1, P2, P3, P4 y P5 consistió en el seguimiento de:

- Temperatura (°C)
- pH
- relación C/N
- % nitrógeno total
- % de humedad
- conteo bacteriano (UFC/g)

Debido a que el método de inoculación fue ejecutado de distinta manera entre P1 y P2, siendo P2 la pila réplica de P1, se obtuvieron resultados distintos en la mayoría de los parámetros controlados entre las dos pilas; P2 fue la prueba que presentó valores desfavorables en los parámetros evaluados, motivo por el cual se prescindió

de aquellos datos y únicamente se considerará en la interpretación de los resultados a las pruebas P1, P3 (testigo), P4 y P5. Los resultados obtenidos de P2 se presentan en las tablas de registros de los parámetros estudiados, las cuales están expuestas en los anexos de la tesis.

#### **a) PERFIL DE TEMPERATURA DE LAS PILAS.**

En el Anexo X se detalla el registro diario (periodo de 40 días) de los valores promedios de la temperatura en las pilas de compostaje, a partir del cual se elabora el Gráfico No. 4.2 que muestra el comportamiento de este parámetro en P1, P3, P4 y P5, a lo largo del proceso.

#### **b) PERFIL DE PH DE LAS PILAS.**

En el Anexo XI se detalla el registro diario (periodo de 40 días) de los valores promedios de pH en las pilas de compostaje, a partir del cual se elabora el Gráfico No. 4.3 que muestra el comportamiento de este parámetro en P1, P3, P4 y P5, a lo largo del proceso.

#### **c) EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN C/N EN LAS PILAS.**

A partir del Anexo XII, en donde se contempla los valores obtenidos de la relación C/N de las pilas en los días 1, 8, 15, 22 y 29 de compostaje, se elabora el Gráfico No. 4.4, en donde se observa el desarrollo de la relación C/N en cada pila a lo largo del proceso de compostaje.

#### **d) EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO TOTAL (%) EN LAS PILAS.**

En el Anexo XII se detallan así mismo, los resultados obtenidos del % de nitrógeno total de las pilas en los días 1, 8, 15, 22 y 29 de compostaje, en donde a partir de estos se elabora el Gráfico No. 4.5 para observar el desarrollo del contenido de este elemento, a lo largo del proceso de compostaje.

En el Anexo XIII se presentan todos los resultados de los análisis de relación C/N y % Nitrógeno total; debido a que la relación C/N inicial de P1, P3, P4 y P5 resultó baja, se realizaron 2 muestras adicionales para verificar que la proporción de materiales utilizados fue correcto para la relación C/N inicial propuesta, los resultados de estas muestras se encuentran al final del Anexo XIII, bajo la denominación de P1.1 (con estimación de C/N inicial de 30:1) y P3.1 (con estimación de C/N de 25:1).

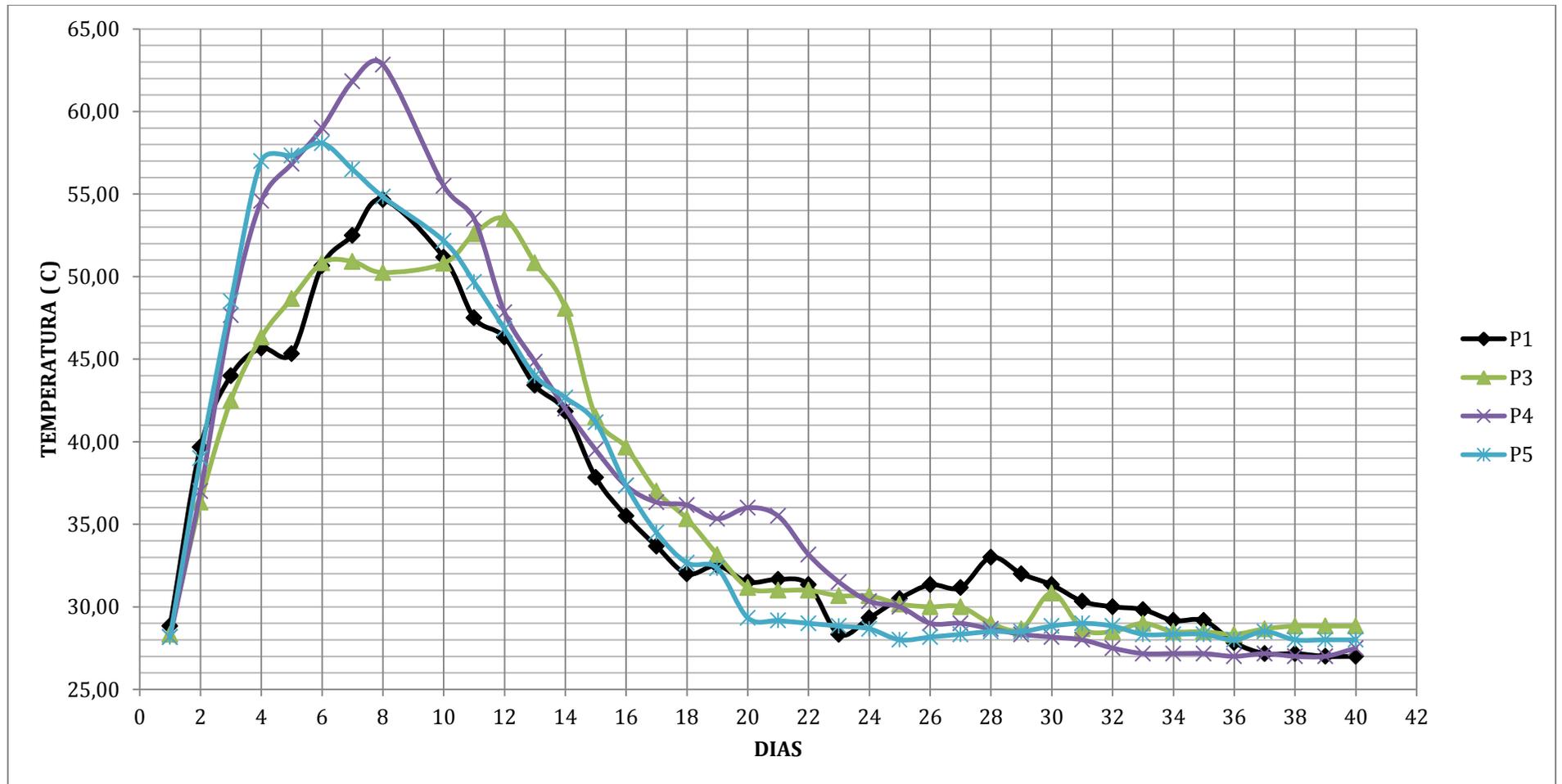
#### **e) PERFIL DE HUMEDAD DE LAS PILAS**

Los registros de humedad en pilas se muestran en el Anexo XIV, a partir de los cuales se realiza el Gráfico No. 4.6, en donde se aprecia el comportamiento de la humedad en P1, P3, P4 y P5 durante el periodo de 40 días.

#### **f) POBLACIÓN MICROBIANA PRESENTE EN LAS PILAS**

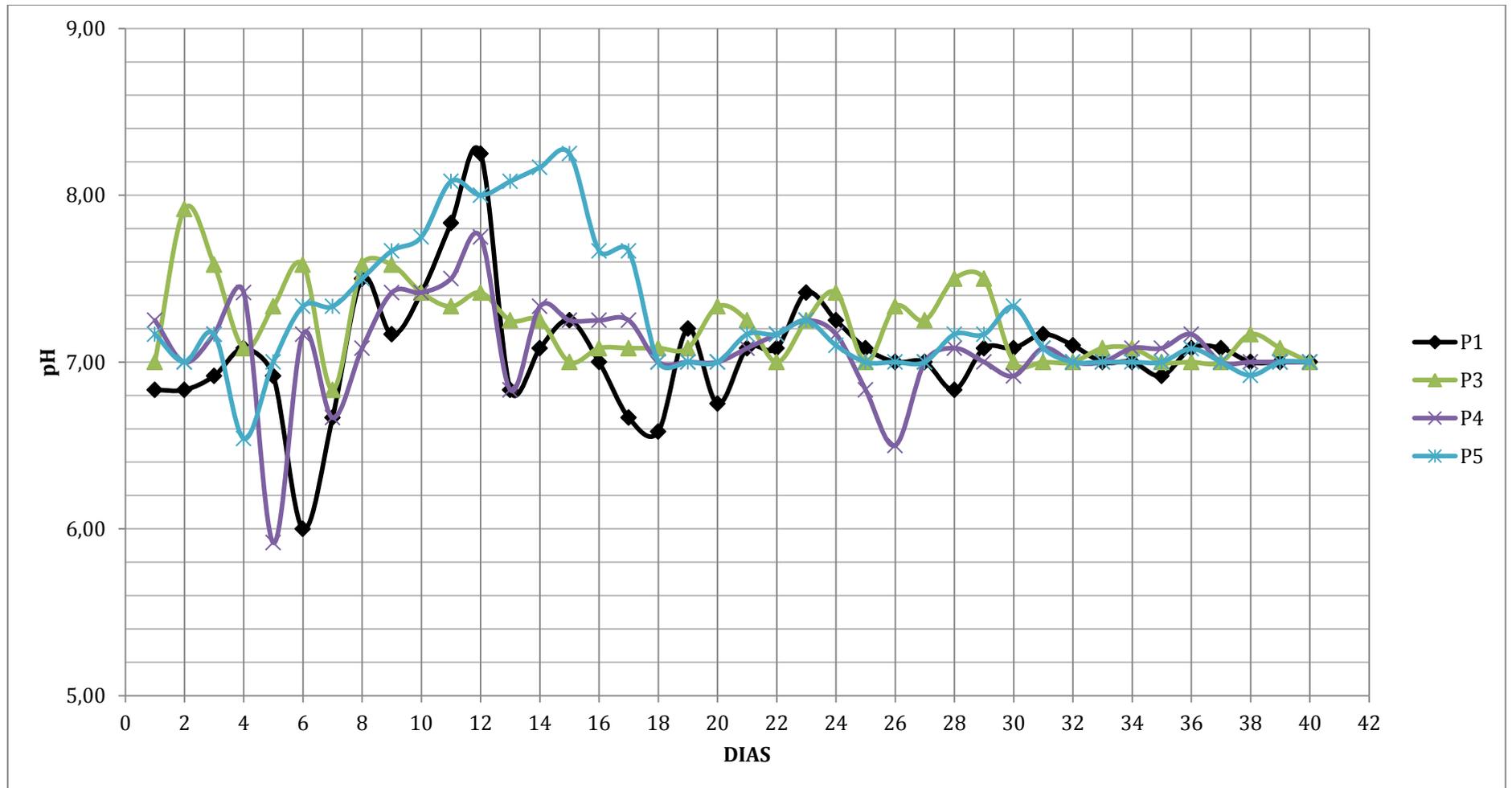
El Gráfico No. 4.7 expone el comportamiento de la población bacteriana en las pilas basado en los registros del conteo bacteriano (UFC/g) especificados en el Anexo XV.

Gráfico No. 5.2: Perfiles de temperaturas medias en las pilas de compostaje.



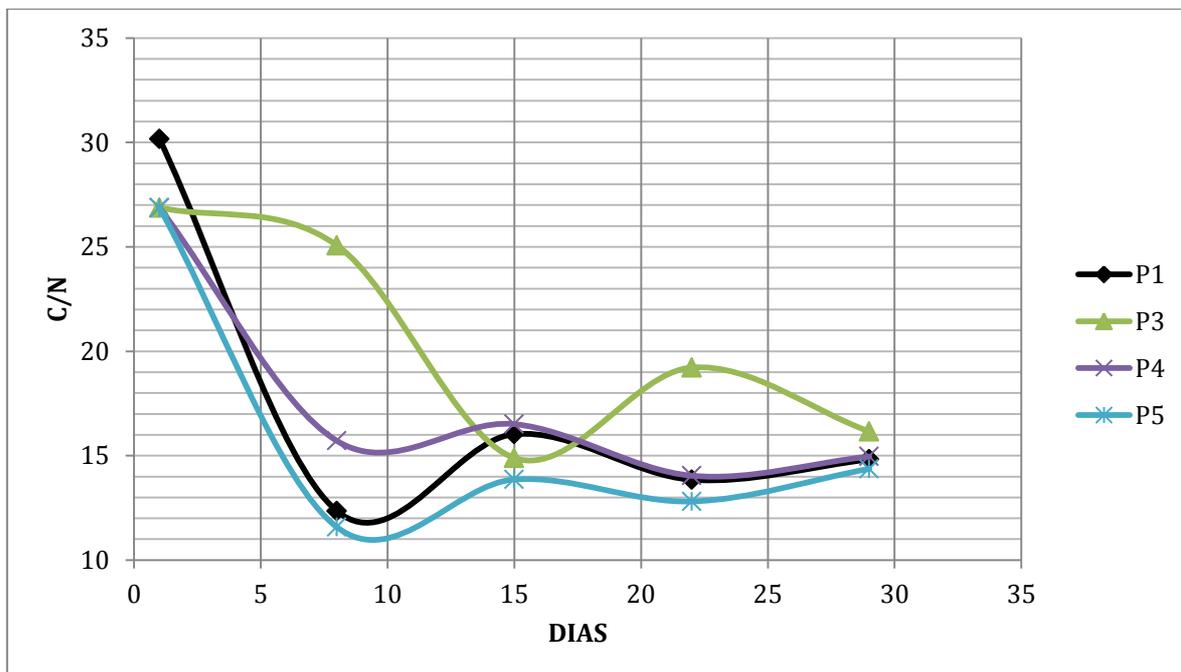
Elaboración: Autora.

Gráfico No. 5.3: Perfiles de pH medios en las pilas de compostaje.



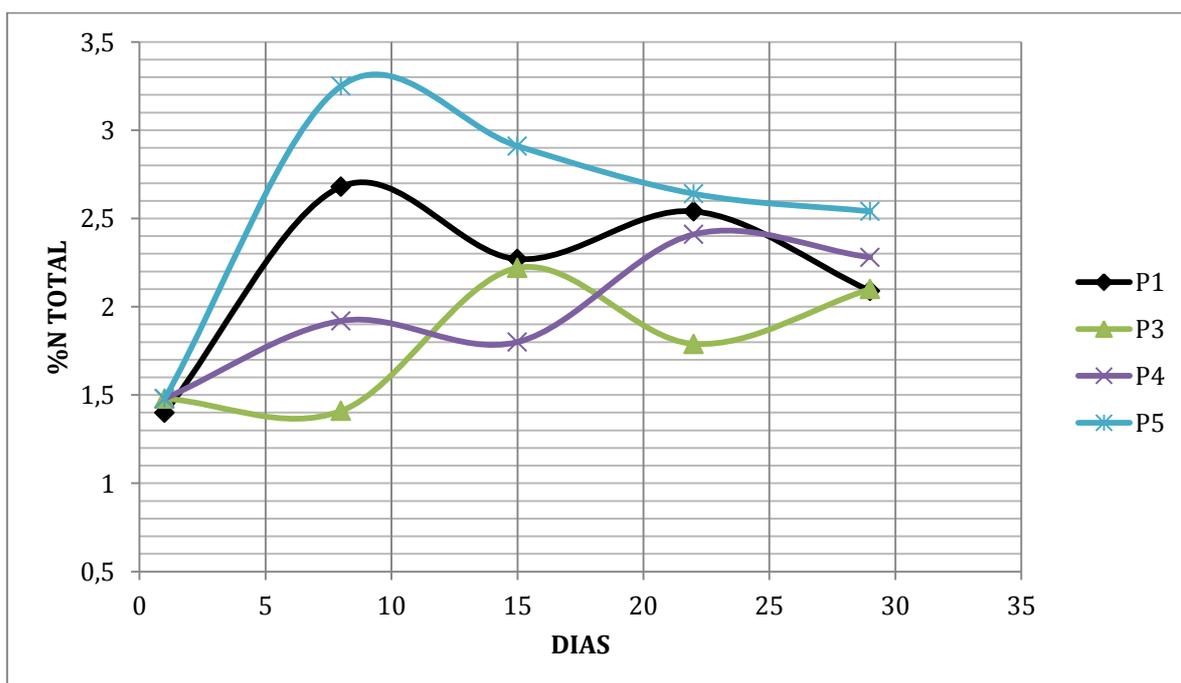
Elaboración: Autora.

**Gráfico No. 5.4: Evolución de la relación C: N en las pilas de compostaje.**



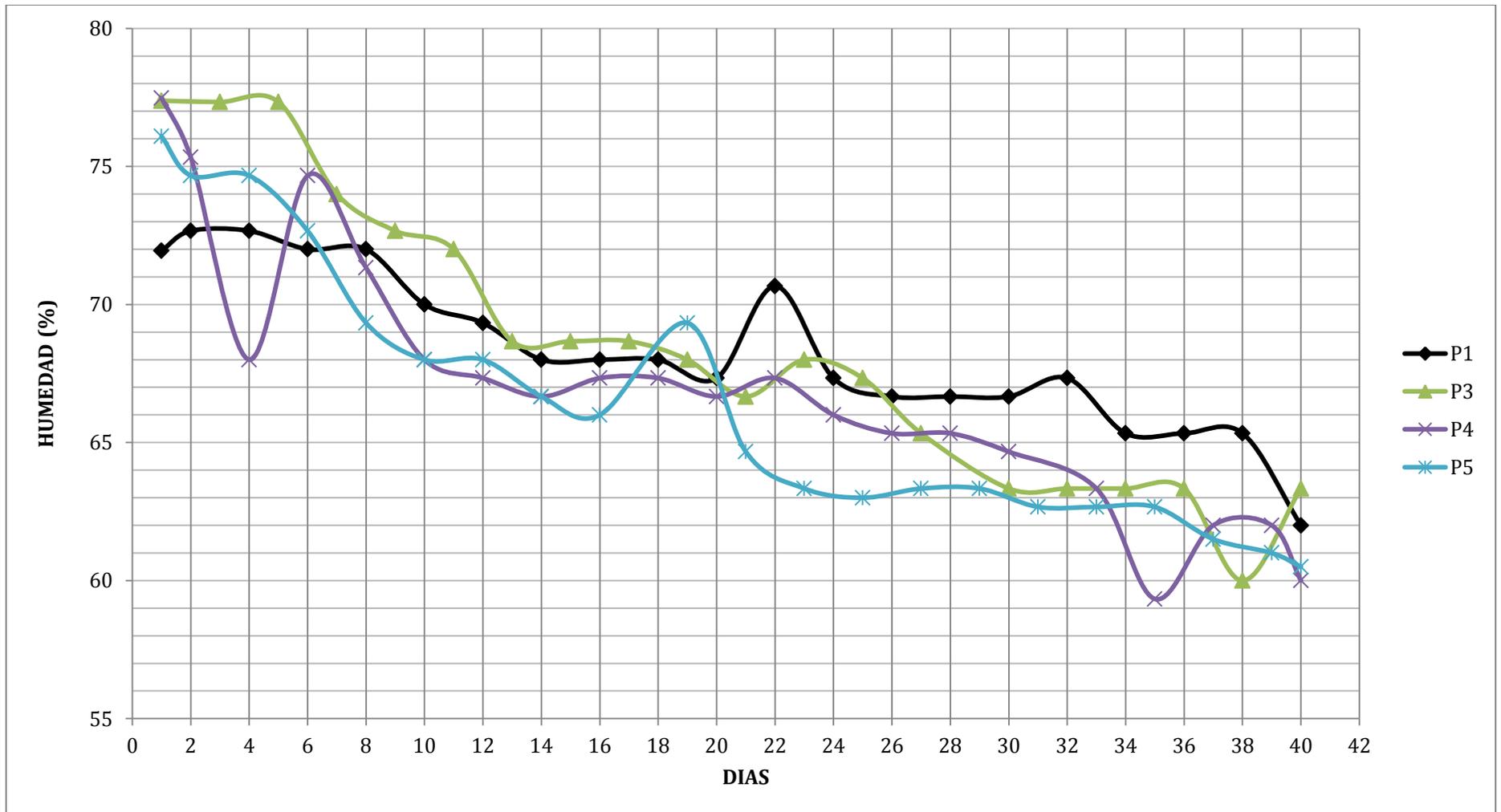
Elaboración: Autora.

**Gráfico No. 5.5: Evolución del contenido en nitrógeno total en las pilas de compostaje.**



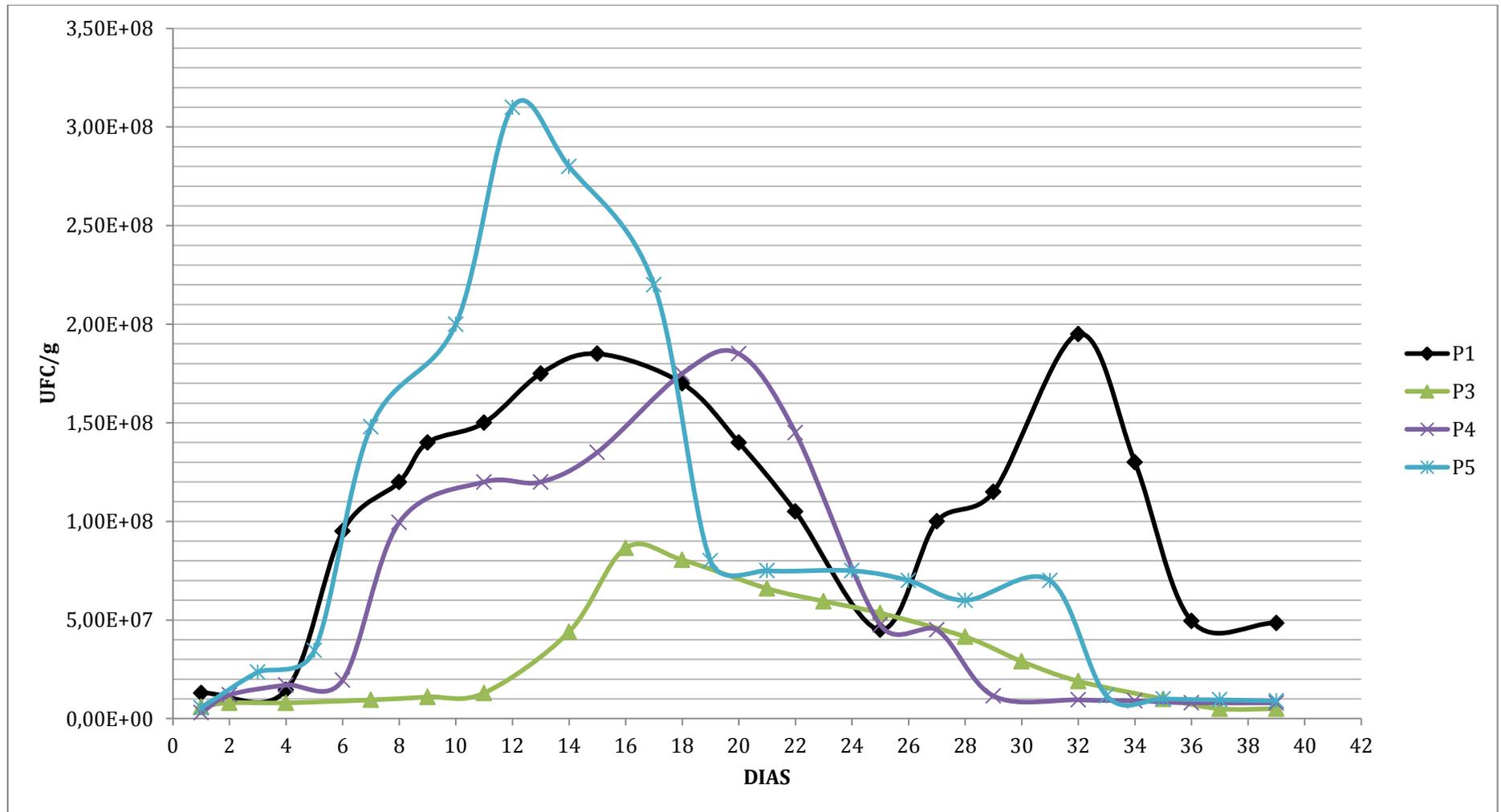
Elaboración: Autora.

Gráfico No. 5.6: Perfiles de humedad en las pilas de compostaje.



Elaboración: Autora.

Gráfico No. 5.7: Población microbiana presente en las pilas de compostaje.



Elaboración: Autora.

### 4.2.3 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL COMPOST.

Tomando como base algunos de los parámetros principales físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la normativa chilena NCh2880 (2005), se procede a realizar la evaluación de la calidad de los compost obtenidos.

#### a) DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS REALIZADAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL COMPOST.

Las determinaciones físicas y químicas de los compost se detallan en la Tabla No. 4.2 y consisten en: granulometría (mm), conductividad eléctrica (mmhos/cm o dS/m) y % de materia orgánica.

**Tabla No. 5.2: Determinaciones físicas y químicas de los compost obtenidos.**

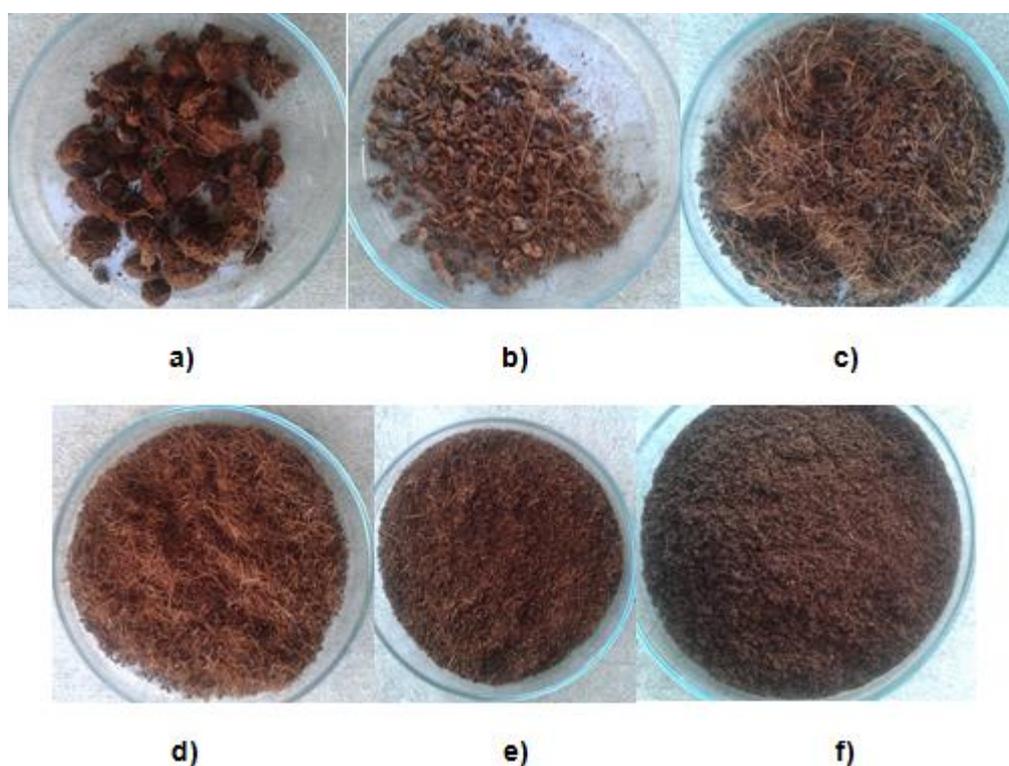
Pila	GRANULOMETRIA						C.E. 1:5 (mmhos/cm)	% M.O
	% retenido	% Tamiz #1 <sup>a</sup>	% Tamiz #2 <sup>b</sup>	% Tamiz #3 <sup>c</sup>	% Tamiz #4 <sup>d</sup>	% Tamiz #5 <sup>e</sup>		
P1	9,4	2,9	17,5	20,2	13,2	36,2	1,40	74,70
P2	23,2	3,9	18	20,1	13,5	21	1,30	70,29
P3	16,8	3,1	14,5	21,8	18,3	24,8	1,70	73,42
P4	14,2	3,1	11,7	21,5	15,2	33,4	5,00	74,82
P5	14,8	2,4	12,7	14,9	15,5	38,7	1,30	77,12

Elaboración: Autora.

\*a: tamiz #1: 4mm; b: tamiz #2: 2,5mm; c: tamiz #3: 1,25mm; d: tamiz #4: 800  $\mu$ m; e: tamiz #5: 630  $\mu$ m

Los análisis de conductividad eléctrica y materia orgánica fueron realizados en el Laboratorio Aroma, y se muestran en el Anexo XVI; la granulometría fue determinada en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil.

En la Figura No. 4.1 se muestra las características de las partículas del compost en referencia a los números de malla que se especificaron en la Tabla No. 4.2.



**Figura No. 5.1: Clasificación de la granulometría del compost obtenido.**

*a) retenido b) tamiz #1: 4mm. c) tamiz #2: 2,5mm. d) tamiz #3: 1,25mm. e): tamiz #4: 800  $\mu$ m. f) tamiz #5: 630  $\mu$ m.*

**b) DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS REALIZADAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL COMPOST.**

Las determinaciones microbiológicas realizadas en los compost obtenidos se detallan en la Tabla No. 4.3 y consistieron en la determinación de: Coliformes fecales (UFC/g) y Salmonella cualitativa (AUS/PRES).

Los análisis microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio PROTAL de la Escuela Politécnica del Litoral. (Ver Anexo XVII)

**Tabla No. 5.3: Resultados de los análisis de coliformes fecales (UFC/g) y Salmonella cualitativa (AUS/PRES) de los compost obtenidos.**

<b>Pila</b>	<b>Coliformes fecales (UFC/g)</b>	<b>Salmonella cualitativa (AUS/PRES)</b>
P1	$1,0 \times 10^1$	Ausencia
P2	$1,5 \times 10^2$	Ausencia
P3	$7,3 \times 10^2$	Ausencia
P4	$6,0 \times 10^2$	Ausencia
P5	$2,1 \times 10^2$	Ausencia

Elaboración: Autora.

### **4.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **4.3.1 RENDIMIENTO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE**

El rendimiento de las pilas varió en función a la relación C/N de la mezcla inicial, ya que a partir de las pilas cuya relación C/N inicial fue de 30:1, el rendimiento varió entre 44,63 y 45,87%, mientras que, a partir de las pilas cuya relación C/N inicial fue de 25:1, su rendimiento se encontró entre 34,18% y 38,18%.

#### **4.3.2 SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

A continuación se procederá a realizar un análisis de las variables estudiadas durante los controles de seguimiento en las pilas de compostaje.

##### **a) TEMPERATURA**

La temperatura es uno de los factores que influye con mayor importancia en la velocidad de la biodegradación de la materia orgánica durante el compostaje.

Las variaciones térmicas durante el compostaje se muestran en cuatro fases: mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración. (Moreno, 2008)

A partir de los registros de las temperaturas medias en las pilas de compostaje (ver Anexo X), se catalogan a las pilas de compostaje por su fase mesófila, termófila y de enfriamiento en función a la prolongación que se dio en cada fase; esta clasificación que se detalla en la Tabla No. 4.4. La cuarta fase o fase de maduración no es especificada en la experimentación debido a que la relación C/N deseada ya ha sido alcanzada hasta ese punto.

Para la eliminación de microorganismos patógenos Cantanhende et al. (1993) sugiere alcanzar 60°C durante 30 a 60 minutos, y Gómez y González (2004) recomienda superar los 53°C durante el compostaje

**Tabla No. 5.4: Prolongación de las fases térmicas en las pilas de compostaje.**

# Pila	FASE MESOFILA (10-42 C) DIAS	FASE TERMOFILA (45-70 C) DIAS	FASE DE ENFRIAMIENTO O SEGUNDA FASE MESOFILA DIAS
<b>P1</b>	3	5	13
<b>Segunda dosis</b>	5	0	4
<b>P3</b>	3	7	15
<b>P4</b>	2	6	15
<b>P5</b>	2	4	12

Elaboración: Autora.

A partir de la Tabla No.4.4 se observa que P3 tuvo la fase termófila más larga, pero fueron P4 Y P5 quienes alcanzaron los niveles más altos de temperatura. En base a lo sugerido para eliminar microorganismos patógenos del compost por los distintos autores mencionados anteriormente, las pruebas P1, P3, P4 y P5 logran cumplir los estándares, superando los 53 °C en el caso de P1, P3 Y P5, y los 60 °C en el caso de P4.

La fase de enfriamiento o segunda fase mesófila ocurre en el momento en el que empieza a descender la temperatura una vez alcanzado su valor máximo durante todo el proceso, la cual tiene una prolongación promedio en la experimentación de 14 días (Tabla No. 4.4), a partir de la cual empieza la fase de maduración, la cual

según Moreno (2008) puede establecerse entre 2 a 4 meses. El seguimiento en el control de la temperatura en todas las pruebas se culminó a los 40 días debido a que las temperaturas en general se observaron estabilizadas.

En P1 se realizó una segunda inoculación con el propósito de lograr una mayor descomposición de materia orgánica y consecuentemente, la disminución del volumen de la misma. El efecto de la segunda inoculación realizada al día 22 en P1 se ve reflejado en la Gráfica No. 4.2 a partir del día 23, en donde se observa un leve aumento de su temperatura de aproximadamente 5 °C; debido a que la variación de la temperatura no es relevante luego de realizar la segunda dosis de microorganismos en P1, se considera que no es conveniente llevar a cabo esta acción.

#### **b) pH**

En los perfiles de pH de las pilas que se muestran en la Gráfica No. 4.3, se observa al inicio del proceso una disminución de pH aproximadamente entre 6 y 6.5 en P1, P4 y P5, lo que ocurre debido a la formación de ácidos orgánicos como consecuencia de la actividad microbiana presente en cada una de las pilas, mientras que en el caso de P3 en donde no se realizó inoculación, se observa inicialmente un aumento de pH, el cual fluctuó hasta luego estabilizarse.

A partir del día 5 se observa individualmente en P1, P4 y P5 un incremento de pH alcanzado valores de 8,1 (para el caso P1 y P5), condición que ocurre como consecuencia de la mineralización del nitrógeno en donde se genera una liberación de amoníaco.

Entre el día 20 y 30 de compostaje, el rango de pH en P1, P4 y P5 fluctúa entre 6,5 y 7,5; a partir del día 30 se observa que la fluctuación en el rango del pH es muy ligera

con valores cercanos a la neutralidad, correspondiente al alcance de la estabilización de las pilas.

### **c) RELACIÓN C/N**

El descenso del valor numérico de la relación C/N constituye el indicador primordial en el proceso de descomposición del polvo de la estopa de coco.

A partir de las relaciones C/N de partida de 30 (P1) y de 25 (P4, P5) se observa en el Gráfico No. 4.4 la disminución del parámetro en las distintas pilas, alcanzando valores finales próximos a 14; el contenido de carbono orgánico en una pila de compostaje decrece continuamente debido a que es usado como una fuente de energía y medio de crecimiento por parte de los microorganismos presentes.

El descenso de este parámetro en P1, P4 y P5 surge durante la primera semana del proceso, mientras que en P3 (pila testigo) sucede a partir de la segunda semana, esta situación demuestra que la inoculación de microorganismos en las pilas de compostaje fue fundamental para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica de los residuos.

En el Gráfico No. 4.4 también se aprecia que luego de la primera semana de compostaje (entre el día 8 y 15) se produce un ligero aumento en la relación C/N en P1, P4 y P5, esto sucede debido a que se presentan pérdidas de nitrógeno en las pilas, provocando que el contenido de carbono orgánico supere al contenido de nitrógeno total. Aunque entre el día 15 y 29 ocurre una leve fluctuación en la relación C/N (la cual ocurre con similitud en las pilas) se observa de este comportamiento una estabilización del parámetro en general.

#### **d) % NITRÓGENO TOTAL**

La pérdida de nitrógeno en pilas de compostaje representa una preocupación debido a las posibles contaminaciones de aguas subterráneas, problemas de olores, y contenido final de nitrógeno en el compost (Graves et al., 2000).

La cantidad de pérdida de nitrógeno en las pilas se ve reflejada en la Gráfica No. 4.5 en donde se visualiza que luego de haberse alcanzado un aumento en el % de nitrógeno total durante la primera semana de compostaje, se produce un descenso en el contenido de nitrógeno durante la segunda semana; la pérdida de nitrógeno en las pilas de compostaje fue notable en mayor consideración mediante la liberación de amoníaco que se produjo durante los volteos de las pilas, y en menos cantidad se presentó mediante la formación de lixiviados, lo cual en tal caso se retornó a la respectiva pila.

En el Anexo XVIII se presenta el detalle del balance de nitrógeno total de las pilas de compostaje; la pérdida de N total fue de 3,38 kg en P1, 1,96 kg en P2, 6,36 kg en P3, 6,51 kg en P4 y 4,56 kg en P5.

Según Graves et al. (2000) las liberaciones de amoníaco generadas por el uso de gallinaza como material de enmienda para el compostaje, pueden variar entre 3.7 y 32%; la fuente de nitrógeno utilizada en mayor proporción en las pilas de compostaje de esta experimentación fue la gallinaza, por lo cual se le atribuye a la misma la justificación en los descensos del % de nitrógeno total.

La producción de amoníaco se ve reflejada en los perfiles de pH (Ver Gráfico No. 4.3) en donde se genera un aumento en los valores, situación que ocurre ya que a valores de pH mayores de 8 se promueve la conversión de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NH}_3$  (Graves et al., 2000)

La urea es uno de los fertilizantes más comúnmente seleccionados por su alto contenido en nitrógeno (46%); en la Tabla No. 4.5 se muestra la equivalencia existente de kg de urea referente a una tonelada del compost obtenido, de donde se concluye que en promedio una tonelada del compost obtenido posee 22,1 kg de N, lo que equivaldría a un promedio de 48,04 kg de urea.

**Tabla No. 5.5: Equivalencia de kg de urea en una tonelada del compost obtenido.**

# Pila	% N	kg N/1000kgde compost	Kg urea/1 ton de compost
P1	2,09	20,9	45,43
P2	2,04	20,4	44,35
P3	2,1	21	45,65
P4	2,28	22,8	49,57
P5	2,54	25,4	55,22
<b>Promedio</b>	2,21	22,1	48,04

Elaboración: Autora.

#### **e) HUMEDAD**

El contenido de humedad inicial en las pilas de compostaje varió entre 72 y 78%, lo cual difiere de los valores de humedad óptimos generalmente utilizados que se ubican entre 45 y 55%; el contenido de humedad elevado al inicio del proceso se requirió debido a la capacidad de retención de agua que posee el polvo de la estopa de coco. La capacidad de retención de agua es un factor muy importante para el

estudio de los suelos y la aplicación de enmiendas o compost a partir de materiales con una alta capacidad de retención de agua como sucede con el polvo de la estopa de coco (500 y 600%), puede ser muy favorable de acuerdo a Prabhu y Thomas (2002) para evitar problemas como una pobre retentiva de humedad en los suelos, escaso drenaje y aireación.

Del Gráfico No. 4.6 en donde se exponen los perfiles de humedad de las pilas de compostaje, se analiza que se provocan descensos de la variable de 9,95%, 14,05%, 17,48% y 15,59% para P1, P3, P4 y P5 de manera respectiva; aunque la pérdida de humedad no es constante para las distintas pilas, el valor promedio del % de humedad presente al culminar el periodo de estudio (40 días) si es constante encontrándose entre 60 y 63%. Luego de haber transcurrido aproximadamente 2 meses desde la culminación de la experimentación, se determinó nuevamente el contenido de humedad en las distintas pilas en donde se obtuvieron valores de 57,68%, 56,98%, 55,86% y 58,76% en P1, P3, P4 y P5 de manera respectiva, generándose descensos de humedad de 4,32%, 6,35%, 4,14% y 1,74%. Los cambios en el contenido de humedad de las distintas pilas generados al culminar la fase activa del compostaje justifican la importancia de la etapa de maduración de un compost, que aunque no es considerada en el estudio de la experimentación, es muy relevante para alcanzar una completa estabilización del producto.

#### **f) POBLACIÓN BACTERIANA**

Los microorganismos que habitan en una pila de compost son de tres clases: bacterias, hongos y actinomicetos (Graves et al., 2000). La población de microorganismos estudiada en las pilas de compost de la presente experimentación es la población bacteriana, debido a que estos microorganismos se encuentran

presentes principalmente durante las primeras etapas del periodo de compostaje y son los responsables en gran parte de la descomposición inicial de la materia orgánica, además de acuerdo a Graves et al. (2000) se desarrollan en la pila de compost en cantidades muy superiores que los hongos y actinomicetos.

El incremento de la población bacteriana en las pilas de compost se observa que ocurre entre el día 3 y 4 luego de haber iniciado el proceso de compostaje (ver Gráfico No. 4.7), en donde a partir de este momento en base a la disponibilidad de materia orgánica y a la temperatura de la pila, se alcanza en el caso de P1 y P4 una población de  $1,85 \times 10^8$  UFC/g, mientras que para P5 el valor asciende a  $3,10 \times 10^8$  UFC/g. El desarrollo de una mayor población bacteriana en P5 al cabo del día 12 de compostaje, claramente visualizado en el Gráfico No. 4.7, se debe a que esta pila posee una disponibilidad de N de 3.2% en el día mencionado (ver Gráfico No. 4.5), lo cual representa un valor superior a los contenidos disponibles de nitrógeno de las otras pilas; así mismo este hecho se ve reflejado en la relación C/N, en donde se observa (ver Gráfico No. 4.4) que la pila posee un valor equivalente a 12, debido a que la abundancia de microorganismos en este punto ha acelerado la descomposición de la materia orgánica del polvo de la estopa de coco.

Comparando los perfiles del conteo bacteriano de las pilas P1, P4 y P5 en relación con P3 (testigo) resulta evidente que la inoculación de microorganismos da pauta a que se obtenga mayor UFC/g en las pilas, y como se mencionó en los análisis de la relación C/N anteriormente, la población abundante de microorganismos consigue descomponer la materia orgánica de las pilas en un periodo más corto a diferencia de la pila testigo.

En el Gráfico No. 4.7 se observa además un incremento de UFC/g en P1 a partir del día 25 que sucede debido a que en esta pila se realiza una segunda inoculación de

microorganismos por motivos ya discutidos anteriormente, en donde se concluye que una segunda dosis de microorganismos no es necesaria ya que la relación C/N deseada ya se ha alcanzado.

#### **4.3.3 CALIDAD DEL COMPOST**

##### **a) DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS COMPOST OBTENIDOS**

###### **1) GRANULOMETRÍA.**

La granulometría de los compost obtenidos fue clasificada en 5 tamaños distintos de partículas en donde se observó que las partículas de 4 mm consistieron en compactaciones del polvo de estopa de coco, las de 1,25 y 2,5 mm se conformaron de fibras cortas y polvo compacto, por último, las partículas de 630 y 800  $\mu\text{m}$  mostraron un producto homogéneo. Las partículas mayores a 4 mm consistieron en compactaciones de la fibra de estopa de coco.

Las pilas que presentaron un mayor porcentaje en el tamaño de partícula de 630  $\mu\text{m}$  (mayor homogeneidad) fueron P1, P4 y P5 (superior a 30%), y es por este motivo que estas pilas presentan un contenido en materia orgánica ligeramente superior a P2 y P3 que poseen porcentajes inferiores a 30 para las partículas de 630  $\mu\text{m}$ .

###### **2) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.**

La determinación de la conductividad eléctrica en el compost es un parámetro esencial, ya que actúa como un indicador de salinidad de los sustratos empleados para las plantas; el exceso de sales disueltas en los sustratos impide la absorción de agua y asimilación de los nutrientes por las plantas.

La conductividad eléctrica de los compost es equivalente a  $1,425 \pm 0,189$  mmhos/cm o dS/m, con excepción de P4, cuya conductividad fue equivalente a 5,0 mmhos/cm.

Este parámetro es considerado como una herramienta clave para el desarrollo de los cultivos de arándanos, ya que según San Martín (2014) los arándanos requieren de sustratos que posean una conductividad eléctrica menor a 1,5 dS/m, además de alta retención de humedad; en base a los resultados obtenidos en lo que concierne a este parámetro, el empleo del fertilizante orgánico obtenido a partir del polvo de estopa de coco podría ser considerado para este tipo de cultivos.

### **3) MATERIA ORGÁNICA.**

La ventaja entre usar fertilizantes orgánicos y fertilizantes minerales, radica en que mediante el empleo de fertilizantes orgánicos se otorga no solo nutrientes sino también materia orgánica al suelo, mejorando sus características físicas como porosidad, retención de agua, permeabilidad, etc.

El contenido de materia orgánica de los compost obtenidos varió entre 70,29% y 77,12%; P2 obtuvo el contenido en materia orgánica más bajo de todas las pruebas (70,29%), ya que contaba con mayor cantidad de fibras cortas que las otras pilas, lo cual disminuyó su contenido en materia orgánica.

El porcentaje elevado de materia orgánica que poseen los compost obtenidos a partir del polvo de estopa de coco es una característica muy valiosa teniendo en cuenta la finalidad de la utilización de fertilizantes orgánicos que establece la AEFA (2013), la cual reside en la re-incorporación de materia orgánica a los suelos que constantemente debido a las extracciones de los cultivos en las cosechas y rastros han disminuido sus niveles de materia orgánica.

## **b) DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS DE LOS COMPOST OBTENIDOS.**

La destrucción de microorganismos patógenos es la finalidad principal que se propone alcanzar a través de la metodología del compostaje consiguiendo temperaturas elevadas (> a 53°C) para obtener fertilizantes orgánicos en óptimas condiciones sanitarias.

Los análisis de coliformes fecales y salmonella en los compost obtenidos de las 5 pilas efectuadas, comprobaron la eliminación de microorganismos patógenos en todas pilas.

### **4.4 COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS**

Para ejecutar la comparación de los resultados obtenidos en esta experimentación conforme a los parámetros establecidos en la norma chilena NCh2880 (2005), se seleccionó el fertilizante orgánico obtenido de P1, por sus excelentes características mostradas.

En la Tabla No. 4.6 se verifica el cumplimiento de los parámetros especificados en la normativa chilena NCh2880 (2005), cuyos rangos permisibles se detallan en el apartado 3.2.2 de esta tesis.

**Tabla No. 5.6: Evaluación de la calidad del fertilizante orgánico (en base a la normativa NCh2880).**

<b>Parámetros</b>	<b>Resultado</b>	<b>Cumplimiento de acuerdo a la normativa.</b>
Relación C/N	14,82	Cumple. *Clasifica como compost Clase A.
Nitrógeno total (%)	2,09	Cumple.
Humedad (%)	57,68	No cumple.
Conductividad eléctrica (dS/m)	1,4	Cumple. *Clasifica como compost Clase A.
pH	7	Cumple.
Granulometría (mm)	87,7% <a 4 mm.	Cumple.
Olores desagradables	NINGUNO	Cumple.
Materia orgánica (%)	74,7	Cumple.
Coliformes fecales (UFC/g)	1,0x10 <sup>1</sup>	Cumple.
Salmonella sp.	AUSENCIA	Cumple.

**Elaboración: Autora.**

El contenido de humedad en el fertilizante orgánico supera en un 12% el límite permisible especificado en la normativa chilena, pero éste parámetro no afecta la calidad del producto, ya que debido a la propiedad de retención de humedad que confiere el fertilizante, no se generan pérdidas de agua por exceso de humedad.

## CONCLUSIONES

- El compostaje es una técnica utilizada para la obtención de fertilizantes orgánicos, que puede ser aplicada para el aprovechamiento de las estopas de coco que se generan como desecho de este fruto, en la provincia de Manabí (Ecuador).
- Para la obtención del abono orgánico, la estopa del coco debe ser molida previamente y solo debe utilizarse el polvo obtenido.
- El máximo rendimiento en la obtención del polvo de la estopa de coco, se alcanza en molinos de martillos con potencia igual o superior a 60 hp (80% de rendimiento).
- El polvo de la estopa de coco contiene fibras cortas de tamaño inferior a 20 mm, las cuales confieren porosidad a las pilas de compostaje, favoreciendo la aireación de las mismas.
- En la ciudad de Manta (Manabí) se generan aproximadamente 94800 estopas de coco al año, lo que de acuerdo a los cálculos del peso promedio de la estopa seca y su rendimiento en la molienda, se estima una disponibilidad de 20 T.M. anuales de polvo.
- En cuanto al proceso de compostaje, dado que el polvo de estopa de coco tiene una relación C/N equivalente a 97:1, es necesario ajustar dicha relación con otros componentes a un rango de 25:1 o 30:1. El ajuste de la relación C/N se logró empleando gallinaza y urea.
- La hipótesis dispuesta para la obtención de un fertilizante orgánico a partir del polvo de estopa de coco mezclado con gallinaza y urea, fue comprobada al

obtener productos con una relación C/N promedio de  $15,43 \pm 1,02$  y un contenido de nitrógeno total promedio de  $2,21\% \pm 0,21$ .

- El fertilizante orgánico es un compost de clase A, de acuerdo a la norma NCh2880 (2005), considerando la relación C/N que posee el producto.
- De acuerdo a la norma INEN 209 (1998), los productos obtenidos a partir del compostaje del polvo de estopa de coco son fertilizantes orgánicos naturales, y según la norma INEN 330 (1998) son fertilizantes orgánicos de origen compuesto (compost).
- Para la producción de una tonelada del compost se requiere 20,09% de polvo de estopa de coco, 4,34% de gallinaza, 0,53% de urea y 75,04% de agua.
- El rendimiento del compost obtenido varía entre el 34,81% hasta el 44,63%, dependiendo de la relación inicial C/N.
- En base a una disponibilidad de 20 T.M. de polvo de estopa de coco al año se estima obtener, mediante este proceso, una producción de 42 T.M de compost al año.
- El fertilizante orgánico cumple con los requisitos sanitarios de coliformes fecales y salmonella sp. establecidos por la normativa chilena NCh2880 (2005).
- El fertilizante orgánico tiene una conductividad eléctrica entre 1,30 y 1,70 dS/m, lo cual de acuerdo a la normativa chilena NCh2880 (2005) corresponde a un compost de clase A.
- El polvo de estopa de coco ha demostrado ser una materia prima idónea para la producción de un fertilizante, lográndose así, una disminución en el impacto ambiental ocasionado por este residuo.

- La inoculación de microorganismos (*Bacillus Amyloliquefaciens*, *Bacillus Licheniformis* y *Bacillus Subtilis*) en las pilas de compostaje aceleraron el proceso, alcanzándose una disminución de la relación C/N del material, en un tiempo menor.

## RECOMENDACIONES

- Evaluar a través de trabajos de investigación de carácter agrícola, la utilización del abono obtenido en diferentes tipos de cultivos.
- Ampliar la investigación de la utilización del polvo de estopa de coco como materia prima para la obtención de un fertilizante orgánico, mediante el empleo de otras fuentes de nitrógeno para su elaboración, como por ejemplo los desperdicios del pescado.
- Presentar los resultados obtenidos de esta investigación a organismos públicos, como consejos provinciales o municipalidades para que promuevan la utilización del polvo de estopa de coco en los sitios en donde se genere este desecho, a través de la generación de microempresas.
- La fibra o subproducto de la molienda de las estopas de coco, puede ser utilizada como materia prima en el sector agrotéxtil o como agregado para concreto, etc.
- En el desarrollo del proceso de compostaje del polvo de estopa de coco, se debe mantener el área de producción libre de cualquier peligro de contaminación (animales) que puedan incorporar nuevamente microorganismos patógenos (heces) ya eliminados en la fase activa del compostaje.

- Publicar un compendio de la presente investigación en la revista universitaria de la Universidad de Guayaquil, para difundir la metodología aplicada en el aprovechamiento de las estopas de coco.
- Se incorporen en los laboratorios de la Universidad de Guayaquil (Facultad de Agronomía) los servicios de análisis de fertilizantes orgánicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AEFA.** (28 de Noviembre de 2013). *Fertilizantes orgánicos, organo-minerales y enmiendas orgánicas*. Recuperado en Febrero de 2014, de <http://aeфа-agronutrientes.org/fertilizantes-organicos-organo-minerales-y-enmiendas-organicas>
- Anbuselvi, S.** (Noviembre de 2009). *STUDY ON BIODEGRADATION OF COIR WASTE BY CYANOBACTERIA AND COMPARING ITS EFFICIENCY WITH DIFFERENT ORGANIC MANURES ON BLACKGRAM VARIETIES*. Chennai, India: BARATH UNIVERSITY. Recuperado en Abril de 2013, de <http://hdl.handle.net/10603/54>
- Cajas, D. B.** (2011). Tesis de Ingeniería. *Diseño de un triturador pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado en octubre de 2013, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4127/1/CD-3862.pdf>
- Catanhede, A., Monge, G., & Wharwood, G.** (1993). Proyecto de investigación. *COMPOSTIFICACION DE RESIDUOS DE MERCADOS*. Lima, Perú. Recuperado en Octubre de 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/composti.pdf>
- Dimas, J., Díaz, A., Martínez, E., & Valdez, R.** (2001). *ABONOS ORGANICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO EN MAIZ*. Recuperado en Julio de 2013, de <http://ceuta.org.uy/files/estudiodecasomz.pdf>
- FAO.** (1984). *Materias primas agrícolas: Competencia con los sucedáneos sintéticos*. Roma. Recuperado en Abril de 2013, de

[http://books.google.com.ec/books?id=zNt2By-copYC&pg=PA39&lpg=PA39&dq=Materias+primas+agr%C3%ADcolas:+Competencia+con+los+sucedáneos+sintéticos&source=bl&ots=xH26JCuxhs&sig=U0wGWr7OyqvVRL8CNdpgyoN7gSw&hl=en&sa=X&ei=h6\\_YU4TrL\\_HLsASU rILwDA&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Materias%20primas%20agr%C3%ADcolas%3A%20Competencia%20con%20los%20sucedáneos%20sintéticos&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=zNt2By-copYC&pg=PA39&lpg=PA39&dq=Materias+primas+agr%C3%ADcolas:+Competencia+con+los+sucedáneos+sintéticos&source=bl&ots=xH26JCuxhs&sig=U0wGWr7OyqvVRL8CNdpgyoN7gSw&hl=en&sa=X&ei=h6_YU4TrL_HLsASU rILwDA&redir_esc=y#v=onepage&q=Materias%20primas%20agr%C3%ADcolas%3A%20Competencia%20con%20los%20sucedáneos%20sintéticos&f=false)

**FAO.** (2013). *Fibras del Futuro: Bonote*. Recuperado en Abril de 2013, de [www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/coir/es/](http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/coir/es/)

**Gallegos, S. J.** (2011). Tesis de Ingeniería. *Obtención de un material compuesto de matriz elastomérica y fibra de coco*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

**Ghosh, P., Sarma, U. S., Ravindranath, A. D., Radhakrishnan, S., & Ghosh, P.** (17 de Febrero de 2007). *A novel method for accelerated composting of coir pith*. Recuperado en Abril de 2013, de <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=:+http://www.ccriindia.org/pdf/anitaarticle%5B2%5D.pdf&ie=UTF-8&oe=UTF-8>

**Gómez, Y. T., & González, M. I.** (2004). *Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario*. Habana, Cuba. Recuperado en Octubre de 2013, de <http://ama.redciencia.cu/articulos/7.01.pdf>

**Graves, R. E., Hattemer, G. M., Stettler, D., Krider, J. N., & Chapman, D.** (Febrero de 2000). *Environmental Engineering National Handbook. Composting*. Estados Unidos.

**Haug, R. T.** (1993). *The practical Handbook of Compost Engineering*. Torrance, CA, Estados Unidos: Lewis Publishers.

- INEN.** (1 de Julio de 1998). Norma técnica ecuatoriana 209. *Fertilizantes o abonos. Definiciones.* Quito, Ecuador.
- INEN.** (1 de Julio de 1998). Norma técnica ecuatoriana 330. *Fertilizantes o abonos. Clasificación.* Quito, Ecuador.
- INN.** (22 de Febrero de 2005). Norma chilena de calidad de compost . *NCh2880: Compost-Clasificación y Requisitos.* Chile.
- Lizano, M.** (s.f.). *Guía Técnica del cultivo del coco.* El Salvador. Recuperado en Julio de 2013, de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/LizanoGuiaTecnicaCoco.pdf>
- Márquez , P., Díaz, M., & Cabrera , F.** (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. En J. Moreno, & R. Moral, *COMPOSTAJE.* Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Moreno, J., & Herreno, R.** (2008). *Compostaje.* Recuperado en Octubre de 2013, de [http://books.google.com.ec/books?id=IWYJAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=IWYJAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Prabhu, S. R., & Thomas, G. V.** (30 de Enero de 2002). Biological Conversion of coir pith into a valued-added organic resource and it's application in Agri-Horticulture: Current status, prospects and perspective. *Journal of Plantation Crops.*
- Quintanilla, M. E.** (Diciembre de 2010). Tesis de Ingeniería. *Industrialización de la fibra de estopa de coco.* El Salvador: Universidad de el Salvador.
- Quintero, S. L., & González, L. O.** (Diciembre de 2006). *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.* Recuperado en Mayo de 2013

- Ravindranath, A.** (2011). *Central Coir Research Institute*. (C. B. India, Editor)  
Recuperado en Abril de 2013, de  
[http://www.ccriindia.org/Bio\\_Tech\\_in\\_coir\\_extraction.html](http://www.ccriindia.org/Bio_Tech_in_coir_extraction.html)
- SAGARPA.** (s.f). *Abonos Orgánicos*. Recuperado en Julio de 2013, de  
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>.
- San Martín, D.** (27 de 05 de 2014). Plantación de alta densidad en bolsas, una opción para los productores de arándanos. *EL MERCURIO-CAMPO*.
- Soto, G., & Meléndez, G.** (2003). *ABONOS ORGANICOS: EL PROCESO DE COMPOSTAJE*. Taller, Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas.
- Vargas, Y. B.** (2007). Tesis de Ingeniería. *EVALUACION DEL CONTENIDO NUTRIMENTAL DEL COMPOST ELABORADO CON TRES TIPOS DE MEZCLAS DE DESECHOS ORGANICOS Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BROCOLI*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

## **ANEXOS**

**Anexo No. I: Población microbiana durante compostaje aerobio.**

Microorganismos	No./gr húmedo de compost			Número de especies identificadas
	< 40°C	40 °C-70 °C	70 °C - más frío	
Bacteria				
Mesofílica	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup>	6
Termofílica	10 <sup>4</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup>	1
Actinomicetos				
Termofílico	10 <sup>4</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>5</sup>	14
Hongo				
Mesofílico	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	18
Termofílico	10 <sup>3</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	16

Fuente: Haug (1993)

**Anexo No. II: Microorganismos patógenos aislados del compost y las enfermedades y/o síntomas causados por los mismos.**

<b><i>Microorganismos patógenos</i></b>	<b><i>Enfermedades/síntomas</i></b>
<p><b>Bacterias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salmonella sp.</li> <li>• Shigella sp.</li> <li>• Yersinia sp.</li> <li>• Vibrio cholerae</li> <li>• Campylobacter jejuni</li> <li>• Escherichia coli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Salmonelosis, gastroenteritis, fiebre tifoidea</li> <li>○ Disentería basilar</li> <li>○ Gastroenteritis</li> <li>○ Cólera</li> <li>○ Gastroenteritis</li> <li>○ Gastroenteritis</li> </ul>
<p><b>Virus entéricos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hepatitis A</li> <li>• Rotavirus</li> <li>• Enterovirus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hepatitis infecciosa</li> <li>○ Gastroenteritis epidémica con diarreas severas</li> <li>○ Gastroenteritis con diarreas severas</li> </ul>
<p><b>Protozoos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cryptosporidium</li> <li>• Entamoeba histolytica</li> <li>• Giardia lamblia</li> <li>• Balantidium coli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gastroenteritis</li> <li>○ Gastroenteritis aguda</li> <li>○ Giardiasis (diarrea, dolor abdominal, pérdida de peso)</li> <li>○ Diarrea y disentería</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxoplasma gondi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Toxoplasmosis</li> </ul>
<p><b>Helmintos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ascaris lumbricoides</li> <li>• Áscaris suum</li> <li>• Trichuris trichiura</li> <li>• Toxocara canis</li> <li>• Taenia saginata</li> <li>• Taenia solium</li> <li>• Necátor americanus</li> <li>• Hymenolepis nana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trastornos digestivos y nutricionales, dolor abdominal, vómitos</li> <li>○ Dolor abdominal, fiebre, entre otros</li> <li>○ Dolor abdominal, diarrea, anemia y pérdida de peso</li> <li>○ Fiebre, síntomas neurológicos</li> <li>○ Insomnio, anorexia, door abdominal, problemas digestivos</li> <li>○ Insomnio, anorexia, door abdominal, problemas digestivos</li> <li>○ Enfermedad de hookworm</li> <li>○ Taeniasis</li> </ul>

Fuente: Gómez, et. al. (2004)

**Anexo No. III: Composición química de algunos abonos orgánicos.**

Característica	Tipo de abono orgánico			
	Vacuno	Compost	Pulpa de café	Paja de arroz
<b>Humedad (%)</b>	36.0	-	-	-
<b>pH</b>	8.0	7.7	5.80	7.20
<b>Materia orgánica (%)</b>	70.0	-	89.60	7.70
<b>N total (%)</b>	1.5	2.1	1.68	0.50
<b>P (%)</b>	0.6	1.1	0.35	0.05
<b>K (%)</b>	2.5	1.6	0.36	1.38
<b>Ca (%)</b>	3.2	6.5	0.50	0.22
<b>Mg (%)</b>	0.8	0.6	0.64	0.11
<b>Zn (ppm)</b>	130	235	-	-
<b>Mn (ppm)</b>	264	265	-	-
<b>Fe (ppm)</b>	6354	3000	-	
<b>Relación C/N</b>	16	15	30.90	9.49

Fuente: (SAGARPA, "s.f.")

**Anexo No. IV: Porcentaje de estopa húmeda presente en el coco.**

<b>Número</b>	<b>Peso de coco (g)</b>	<b>Peso de estopa húmeda (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Estopa húmeda (*)</b>
1	2214	1897	85,7	72,76
2	2459	2086	86,5	84,83
3	2020	1410	84,7	69,80
4	2486	1915	85,6	77,03
5	2255	1640	85,6	72,72
6	2403	1813	85,2	75,44
7	1485	1035	84	69,69
8	2950	2437	86,1	82,61
<b>X</b>	<b>2284</b>	<b>1779,1</b>	<b>85,42</b>	<b>75,61</b>

(\*) % que representa la estopa húmeda del peso total del coco

Elaboración: Autora.

**Anexo No. V: Porcentaje de estopa seca presente en el coco.**

<b>Número</b>	<b>Peso de estopa seca (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Estopa seca (*)</b>
1	206,8	9,4	9,34
2	349	14,1	14,19
3	189,4	11,3	9,38
4	299,5	13,3	12,05
5	210	10,9	9,31
6	339,1	8,3	14,11
7	178	15,9	11,98
8	292	10,3	9,89
<b>X</b>	<b>257,97</b>	<b>11,7</b>	<b>11,28</b>

(\*) % que representa la estopa seca del peso total del coco

Elaboración: Autora.

**Anexo No. VI: Porcentaje de fibra y polvo obtenido de la molienda de estopas de coco.**

<b>Prueba</b>	<b>Estopa de coco (g)</b>	<b>Potencia del molino (hp)</b>	<b>Fibra (g)</b>	<b>Fibra (%)</b>	<b>Polvo (g)</b>	<b>Polvo (%)</b>	<b>Total (%)</b>	<b>Promedio en fibra (%)</b>	<b>Promedio en polvo (%)</b>
1	206,8	5	113,5	54,88	85	41,10	95,99	<b>56,37</b>	<b>39,96</b>
2	349		195,9	56,13	150,9	43,24	99,37		
3	189,4		103	54,38	72,4	38,23	92,61		
4	299,5		179,9	60,07	111,6	37,26	97,33		
1	210	60	32,1	15,29	166,2	79,14	94,43	<b>18,44</b>	<b>78,29</b>
2	339,1		71,2	21,00	261,1	77,00	97,99		
3	178		32,3	18,15	138,84	78,00	96,15		
4	292		56,5	19,35	230,68	79,00	98,35		

**Elaboración: Autora.**

**Anexo No. VII: Análisis de composición química del polvo de estopa de coco.**

Lab. Cod. #: 13203-113

INFORMACION DE MUESTREO:

MUESTRA: ESTOPA DE COCO  
USOS: VARIOS  
CODIGO: ESTOPA DE COCO  
LUGAR DE TOMA: EN LABORATORIO  
FECHA: 22 de julio de 2013

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
RELACION C/N	97	%
NITROGENO TOTAL	0,62	%
FOSFORO TOTAL	0,25	%
POTASIO TOTAL	0,72	%
HIERRO TOTAL	0,24	%
HEMICELULOSA	34,22	%
CELULOSA	18,26	%
LIGNINA	27,18	%

Atentamente,



Dr. Jose Lamora Laborde M.Sc.

**Anexo No. VIII: Análisis de relación C/N y % de N total de la gallinaza.**



ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis:	14172-2	Telefono:	O52678329
Nombre :	Sra Sandra Leon	Fax:	x
Remitente:	Srta Adriana Estrada Leon	Ruc:	1305219840
Dirección:	Manta	Fecha ingreso:	2014,06,13
Provincia:	Manabi	Fecha entrega:	2014,06,17
e-mail:	adri_luz17@hotmail.com	guia:	O574570

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

1,-	Gallinaza
2,-	
3,-	
4,-	
5,-	
6,-	

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	1,74					
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO ppm	AA						
MgO ppm	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe ppm	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B %	colrimetria						
SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O %	gravimetria						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculo	10,42					
M.O. %	titulacion						
Ph (1:2.5)	ph meter						
Salinidad %	salinometro						
CE mmhos/cm	conduct						
Humedad %	gravimetria						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
c.c. Lab:

**Anexo No. IX: Porcentaje de reducción de masa (en base seca) en las pilas de compostaje.**

<b>Pila</b>	<b>Peso de la mezcla (kg base seca)</b>	<b>Peso del compost (kg en base seca)</b>	<b>Peso perdido de la masa (kg)</b>	<b>% de reducción de la masa (kg)</b>
P1	176,5	136,74	39,76	22,52
P2	176,5	149,13	27,37	15,50
P3	180,36	156,03	24,33	13,49
P4	180,36	145,71	34,65	19,21
P5	180,36	140,84	39,52	21,91

**Elaboración: Autora.**

**Anexo No. X: Registros de las temperaturas medias (°C) en las pilas de  
compostaje a lo largo del periodo de estudio.**

<b>Día</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>1</b>	28,83	28,67	28,33	28,17	28,17
<b>2</b>	39,67	39,67	36,33	37,00	39,00
<b>3</b>	44,00	41,33	42,50	47,67	48,50
<b>4</b>	45,67	42,00	46,33	54,58	57,00
<b>5</b>	45,33	41,33	48,67	56,83	57,33
<b>6</b>	50,67	40,50	50,83	59,00	58,08
<b>7</b>	52,50	39,83	50,92	61,83	56,50
<b>8</b>	54,67	38,17	50,25	62,83	54,83
<b>10</b>	51,17	39,1	50,80	55,50	52,17
<b>11</b>	47,50	41,67	52,58	53,50	49,67
<b>12</b>	46,33	40,17	53,50	47,83	46,83
<b>13</b>	43,42	38,33	50,83	44,83	44,00
<b>14</b>	41,83	37,83	48,08	42,00	42,67
<b>15</b>	37,83	36,17	41,50	39,50	41,17
<b>16</b>	35,50	34,67	39,67	37,33	37,33
<b>17</b>	33,67	33,00	37,00	36,33	34,50
<b>18</b>	32,00	32,00	35,33	36,17	32,67
<b>19</b>	32,50	31,67	33,17	35,33	32,33
<b>20</b>	31,50	31,50	31,17	36,00	29,33
<b>21</b>	31,67	30,83	31,00	35,50	29,17
<b>22</b>	31,33	28,17	31,00	33,17	29,00

<b>23</b>	28,33	29,00	30,67	31,50	28,83
<b>24</b>	29,33	29,67	30,67	30,33	28,67
<b>25</b>	30,50	30,00	30,17	30,00	28,00
<b>26</b>	31,33	30,67	30,00	29,00	28,17
<b>27</b>	31,17	32,17	30,00	29,00	28,33
<b>28</b>	33,00	31,33	29,00	28,67	28,50
<b>29</b>	32,00	30,33	28,67	28,33	28,50
<b>30</b>	31,33	30,00	30,83	28,17	28,83
<b>31</b>	30,33	30,00	28,67	28,00	29,00
<b>32</b>	30,00	30,17	28,50	27,50	28,83
<b>33</b>	29,83	29,50	29,00	27,17	28,33
<b>34</b>	29,17	29,50	28,50	27,17	28,33
<b>35</b>	29,17	29,50	28,50	27,17	28,33
<b>36</b>	27,83	27,17	28,33	27,00	28,00
<b>37</b>	27,17	27,83	28,67	27,17	28,50
<b>38</b>	27,17	27,17	28,83	27,00	28,00
<b>39</b>	27,00	27,00	28,83	27,00	28,00
<b>40</b>	27,00	28,83	28,83	27,50	28,00

Elaboración: Autora.

**Anexo No. XI: Registros de los valores de pH medios en las pilas de  
compostaje a lo largo del periodo de estudio.**

<b>Día</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
<b>1</b>	6,83	6,83	7,00	7,25	7,17
<b>2</b>	6,83	6,83	7,92	7,00	7,00
<b>3</b>	6,92	7,17	7,58	7,17	7,17
<b>4</b>	7,08	6,67	7,08	7,42	6,54
<b>5</b>	6,92	6,08	7,33	5,92	7,00
<b>6</b>	6,00	6,50	7,58	7,17	7,33
<b>7</b>	6,67	7,00	6,83	6,67	7,33
<b>8</b>	7,50	7,00	7,58	7,08	7,50
<b>9</b>	7,17	7,42	7,58	7,42	7,67
<b>10</b>	7,42	7,83	7,42	7,42	7,75
<b>11</b>	7,83	7,58	7,33	7,50	8,08
<b>12</b>	8,25	7,42	7,42	7,75	8,00
<b>13</b>	6,83	7,42	7,25	6,83	8,08
<b>14</b>	7,08	7,17	7,25	7,33	8,17
<b>15</b>	7,25	7,00	7,00	7,25	8,25
<b>16</b>	7,00	6,92	7,08	7,25	7,67
<b>17</b>	6,67	7,42	7,08	7,25	7,67
<b>18</b>	6,58	7,25	7,08	7,00	7,00
<b>19</b>	7,20	7,33	7,08	7,00	7,00
<b>20</b>	6,75	7,00	7,33	7,00	7,00
<b>21</b>	7,08	7,25	7,25	7,08	7,17

<b>22</b>	7,08	7,17	7,00	7,17	7,17
<b>23</b>	7,42	7,17	7,25	7,25	7,25
<b>24</b>	7,25	7,25	7,42	7,17	7,10
<b>25</b>	7,08	7,08	7,00	6,83	7,00
<b>26</b>	7,00	7,25	7,33	6,50	7,00
<b>27</b>	7,00	7,33	7,25	7,00	7,00
<b>28</b>	6,83	7,25	7,50	7,08	7,17
<b>29</b>	7,08	7,25	7,50	7,00	7,17
<b>30</b>	7,08	7,42	7,00	6,92	7,33
<b>31</b>	7,17	7,08	7,00	7,08	7,08
<b>32</b>	7,10	7,08	7,00	7,00	7,00
<b>33</b>	7,00	7,00	7,08	7,00	7,00
<b>34</b>	7,00	7,08	7,08	7,08	7,00
<b>35</b>	6,92	7,00	7,00	7,08	7,00
<b>36</b>	7,08	7,17	7,00	7,17	7,08
<b>37</b>	7,08	7,08	7,00	7,00	7,00
<b>38</b>	7,00	7,00	7,17	7,00	6,92
<b>39</b>	7,00	6,92	7,08	7,00	7,00
<b>40</b>	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

**Elaboración: Autora.**

**Anexo No. XII: Registros de relación carbono/nitrógeno y % de nitrógeno total  
en las pilas de compostaje.**

Día	P1		P2		P3		P4		P5	
	C:N	%N								
1	30,17	1,4	32,6	1,16	26,88	1,48	26,88	1,48	26,88	1,48
8	12,35	2,68	25,42	1,39	25,07	1,41	15,71	1,92	11,58	3,25
15	16,05	2,27	23,43	1,53	14,89	2,22	16,51	1,8	13,86	2,91
22	13,85	2,54	18,57	1,89	19,22	1,79	14,04	2,41	12,81	2,64
29	14,82	2,09	16,82	2,04	16,16	2,1	14,96	2,28	14,37	2,54

**Elaboración: Autora.**

**Anexo No. XIII: Resultados de análisis de relación C/N y % nitrógeno total en las pilas de compostaje.**



**ANALISIS DE FERTILIZANTES**

**DATOS DEL CLIENTE**

Orde de Analisis: 14071-2	Telefono: 052678329
Nombre: Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,03,12
Provincia: Manabí	Fecha entrega: 2014,03,18
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	

**IDENTIFICACION DE MUESTRAS:**

1.- Abono organico P1-1
2.- Abono organico P2-2
3.-
4.-
5.-
6.-

**ANALISIS QUIMICO**

Identifi muestra	Metodo	1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl						
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO ppm	AA						
MgO ppm	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe ppm	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
S %	gravimetria						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculo	11,03	32,60				
M.O. %	titulacion						
Ph (1:2,5)	ph meter						
Salinidad %	salinometro						
CE mmhos/cm	conduct						
Humedad %	gravimetria	71,95	76,78				

Obs:

Atentamente,

*Elizabet Gómez Nieto*  
 Dra. Elizabet Gómez Nieto  
 e.c. Lab:



**ANALISIS DE FERTILIZANTES**

**DATOS DEL CLIENTE**

Orde de Análisis: 14078-5	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,03,20
Provincia: Manabi	Fecha entrega 2014,03,25
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guia: 559969

**IDENTIFICACION DE MUESTRAS:**

1,- Abono organico P1-1
2,- Abono organico P2-1
3,-
4,-
5,-

**ANALISIS QUIMICO**

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	3,26	1,16				
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
MgO %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe2O3 %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
SO4 %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. % ~	titulacion						
C/N %	calculos						
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria						
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

*Elizabeth Gómez Nieto*  
 Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
 c.c. Lab:



Biología

**ANALISIS DE FERTILIZANTES**

**DATOS DEL CLIENTE**

Orde de Análisis: 14078-5	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,03,20
Provincia: Manabi	Fecha entrega: 2014,03,25
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guia: 559969

**IDENTIFICACION DE MUESTRAS:**

1,- Abono organico P1-8
2,- Abono organico P2-8
3,- Abono organico P3-1
4,-
5,-

**ANALISIS QUIMICO**

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	2,68	1,39	1,63			
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
MgO %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe2O3 %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
SO4 %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos	12,35	25,42	22,43			
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria			77,38			
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

*Elizabeth Gómez Nieto*  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto

c.c. Lab:



**ANALISIS DE FERTILIZANTES**

**DATOS DEL CLIENTE**

Orde de Análisis: 14086-4	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,03,27
Provincia: Manabi	Fecha entrega: 2014,04,02
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guia: 561032

**IDENTIFICACION DE MUESTRAS:**

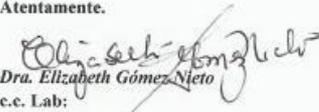
1.- Abono organico P1-15
2.- Abono organico P2-15
3.- Abono organico P3-8
4.- Abono organico P4-1
5.-

**ANALISIS QUIMICO**

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	2,27	1,53	1,41	3,09		
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
MgO %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	A.A						
Fe2O3 %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
SO4 %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos	16,03	23,43	25,07	12,78		
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria				77,48		
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

  
 Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
 c.e. Lab:



ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis: 14094-5	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,04,04
Provincia: Manabí	Fecha entrega: 2014,04,11
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guia: x

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

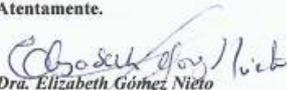
1,- Abono organico P1-22
2,- Abono organico P2-22
3,- Abono organico P3-15
4,- Abono organico P4-8
5,- Abono organico P5-1

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	2,54	1,89	2,22	1,92	3,26	
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
MgO %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe2O3 %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
SO4 %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos	13,85	18,57	14,89	15,71	12,37	
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria					76,09	
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
c.c. Lab:



ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis: 14101-5	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,04,11
Provincia: Manabi	Fecha entrega: 2014,04,21
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guía: x

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

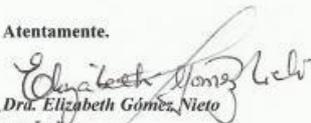
1,- Abono organico P1-29
2,- Abono organico P2-29
3,- Abono organico P3-22
4,- Abono organico P4-15
5,- Abono organico P5-8

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	2,09	2,04	1,79	1,80	3,25	
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
MgO %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe2O3 %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
SO4 %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos	14,82	16,82	19,22	16,51	11,58	
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria						
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajo en base seca

Atentamente.

  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
c.c. Lab:



ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis: 14114-5	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,04,24
Provincia: Manabi	Fecha entrega: 2014,04,29
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guía: 0568438

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

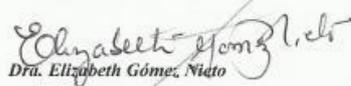
1,- Abono organico P4-29
2,- Abono organico P5-22
3,- Abono organico P3-29
4,- Abono organico P4-22
5,- Abono organico P5-15

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	2,28	2,64	2,10	2,41	2,91	
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
Mg %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
S(SO4) %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos	14,96	12,81	16,16	14,04	13,86	
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria						
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente,

  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
c.c. Lab:



ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis:	14172-2	Telefono:	O52678329
Nombre :	Sra Sandra Leon	Fax:	x
Remitente:	Srta Adriana Estrada Leon	Ruc:	1305219840
Dirección:	Manta	Fecha ingreso:	2014.06.13
Provincia:	Manabi	Fecha entrega:	2014.06.17
e-mail:	adri_luz17@hotmail.com	guia:	O574570

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

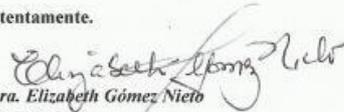
1.-	Abono organico P5
2.-	
3.-	
4.-	
5.-	
6.-	

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	2,54					
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO ppm	AA						
MgO ppm	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe ppm	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B %	colrimetria						
SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O %	gravimetria						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculo	14,37					
M.O. %	tirulacion						
Ph (1:2,5)	ph meter						
Salinidad %	salinometro						
CE mmhos/cm	conduct						
Humedad %	gravimetria						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto  
c.c. Lab:



Biotecnología

**ANALISIS DE FERTILIZANTES**

**DATOS DEL CLIENTE**

Orde de Análisis:	14119-1	Telefono:	O52678329
Nombre :	Sra Sandra Leon	Fax:	x
Remitente:	Srta Adriana Estrada Leon	Ruc:	1305219840
Dirección:	Manta	Fecha ingreso:	2014.04.29
Provincia:	Manabi	Fecha entrega:	2014.05.05
e-mail:	adri_luz17@hotmail.com	guia:	O568768

**IDENTIFICACION DE MUESTRAS:**

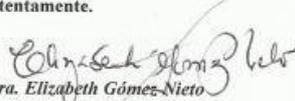
1,-	Abono organico P1-1
2,-	
3,-	
4,-	
5,-	
6,-	

**ANALISIS QUIMICO**

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	1,40					
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
Mg %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
S(SO4) %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos	30,17					
M.O %	titulacion						
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria						
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente.

  
Dra. Elizabeth Gómez-Nieto  
c.c. Lab:



**Biología**

ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis: 14224-1	Telefono: 052678329
Nombre : Sra Sandra Leon	Fax: x
Remitente: Srta Adriana Estrada Leon	Ruc: 1305219840
Dirección: Manta	Fecha ingreso: 2014,08/,04
Provincia: Manabi	Fecha entrega: 2014,08,07
e-mail: adri_luz17@hotmail.com	guia:

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

1,- Abono organico P3-1
2,-
3,-
4,-
5,-
6,-

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra	Metodo	1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl	1,48					
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO ppm	AA						
MgO ppm	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe ppm	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B %	colrimetria						
SO <sub>4</sub> %	gravimetria						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculo	26,88					
M.O. %	tirulacion						
Ph	ph meter						
Salinidad %	salinometro						
CE mmhos/cm	conduct						
Humedad %	gravimetria						

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente,

*Eliza María Gómez Niato*  
Dra. Elizabeth Gómez Niato  
c.c. Lab:

**Anexo No. XIV: Registros de % de humedad en las pilas de compostaje.**

<b>Día</b>	<b>P1</b>	<b>Día</b>	<b>P2</b>	<b>Día</b>	<b>P3</b>	<b>Día</b>	<b>P4</b>	<b>Día</b>	<b>P5</b>
1	71,95	1	76,78	1	77,38	1	77,48	1	76,09
2	72,67	3	76,67	3	77,33	2	75,33	2	74,67
4	72,67	5	76,67	5	77,33	4	68,00	4	74,67
6	72,00	7	77,33	7	74,00	6	74,67	6	72,67
8	72,00	9	76,00	9	72,67	8	71,33	8	69,33
10	70,00	11	76,00	11	72,00	10	68,00	10	68,00
12	69,33	13	76,00	13	68,67	12	67,33	12	68,00
14	68,00	15	76,00	15	68,67	14	66,67	14	66,67
16	68,00	17	74,50	17	68,67	16	67,33	16	66,00
18	68,00	19	74,67	19	68,00	18	67,33	19	69,33
20	67,33	21	74,00	21	66,67	20	66,67	21	64,67
22	70,67	23	72,00	23	68,00	22	67,33	23	63,33
24	67,33	25	72,67	25	67,33	24	66,00	25	63,00
26	66,67	27	72,00	27	65,33	26	65,33	27	63,33
28	66,67	29	70,67	30	63,33	28	65,33	29	63,33
30	66,67	31	70,67	32	63,33	30	64,67	31	62,67
32	67,33	33	70,00	34	63,33	33	63,33	33	62,67
34	65,33	35	70,00	36	63,33	35	59,33	35	62,67
36	65,33	37	70,67	38	60,00	37	62,00	37	61,50
38	65,33	39	70,67	40	63,33	39	62,00	39	61,00
40	62,00	-	-	-	-	40	60	40	60,50

Elaboración: Autora.

**Anexo No. XV: Registros de la población bacteriana (UFC/g) en las pilas de compostaje.**

<b>Día</b>	<b>P1</b>	<b>Día</b>	<b>P2</b>	<b>Día</b>	<b>P3</b>	<b>Día</b>	<b>P4</b>	<b>Día</b>	<b>P5</b>
<b>1</b>	1,30E+07	<b>1</b>	5,00E+06	<b>1</b>	6,00E+06	<b>1</b>	3,00E+06	<b>1</b>	5,50E+06
<b>4</b>	1,45E+07	<b>2</b>	9,50E+06	<b>2</b>	8,00E+06	<b>2</b>	1,20E+07	<b>3</b>	2,35E+07
<b>6</b>	9,50E+07	<b>5</b>	9,50E+06	<b>4</b>	8,00E+06	<b>4</b>	1,70E+07	<b>5</b>	3,45E+07
<b>8</b>	1,20E+08	<b>7</b>	8,50E+06	<b>7</b>	9,50E+06	<b>6</b>	1,95E+07	<b>7</b>	1,48E+08
<b>9</b>	1,40E+08	<b>8</b>	4,65E+07	<b>9</b>	1,10E+07	<b>8</b>	9,95E+07	<b>10</b>	2,00E+08
<b>11</b>	1,50E+08	<b>10</b>	3,25E+07	<b>11</b>	1,30E+07	<b>11</b>	1,20E+08	<b>12</b>	3,10E+08
<b>13</b>	1,75E+08	<b>12</b>	8,50E+06	<b>14</b>	4,40E+07	<b>13</b>	1,20E+08	<b>14</b>	2,80E+08
<b>15</b>	1,85E+08	<b>14</b>	8,00E+06	<b>16</b>	8,65E+07	<b>15</b>	1,35E+08	<b>17</b>	2,20E+08
<b>18</b>	1,70E+08	<b>17</b>	1,00E+07	<b>18</b>	8,05E+07	<b>18</b>	1,75E+08	<b>19</b>	8,00E+07
<b>20</b>	1,40E+08	<b>19</b>	6,50E+06	<b>21</b>	6,60E+07	<b>20</b>	1,85E+08	<b>21</b>	7,50E+07
<b>22</b>	1,05E+08	<b>21</b>	1,15E+07	<b>23</b>	5,95E+07	<b>22</b>	1,45E+08	<b>24</b>	7,50E+07
<b>25</b>	4,50E+07	<b>24</b>	2,10E+07	<b>25</b>	5,35E+07	<b>25</b>	4,75E+07	<b>26</b>	7,00E+07
<b>27</b>	1,00E+08	<b>26</b>	8,50E+07	<b>28</b>	4,15E+07	<b>27</b>	4,50E+07	<b>28</b>	6,00E+07
<b>29</b>	1,15E+08	<b>28</b>	8,05E+07	<b>30</b>	2,90E+07	<b>29</b>	1,15E+07	<b>31</b>	7,00E+07
<b>32</b>	1,95E+08	<b>31</b>	2,80E+07	<b>32</b>	1,90E+07	<b>32</b>	9,50E+06	<b>33</b>	1,15E+07
<b>34</b>	1,30E+08	<b>33</b>	1,90E+07	<b>35</b>	1,00E+07	<b>34</b>	9,00E+06	<b>35</b>	1,00E+07
<b>36</b>	4,95E+07	<b>35</b>	1,50E+07	<b>37</b>	5,00E+06	<b>36</b>	8,00E+06	<b>37</b>	9,50E+06
<b>39</b>	4,85E+07	<b>38</b>	1,30E+07	<b>39</b>	5,00E+06	<b>39</b>	8,00E+06	<b>39</b>	9,00E+06
<b>-</b>	<b>-</b>	<b>40</b>	1,00E+06	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Elaboración: Autora.

**Anexo No. XVI: Resultados de los análisis de conductividad eléctrica y materia orgánica de los fertilizantes obtenidos.**



Biología

ANALISIS DE FERTILIZANTES

DATOS DEL CLIENTE

Orde de Análisis:	14150-5	Telefono:	O52678329
Nombre :	Sra Sandra Leon	Fax:	x
Remitente:	Srta Adriana Estrada Leon	Ruc:	1305219840
Dirección:	Manta	Fecha ingreso:	2014,05,22
Provincia:	Manabí	Fecha entrega:	2014,05,30
e-mail:	adri_luz17@hotmail.com	guia:	O571908

IDENTIFICACION DE MUESTRAS:

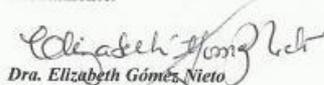
1,- Abono organico P1
2,- Abono organico P2
3,- Abono organico P3
4,- Abono organico P4
5,- Abono organico P5
6,-

ANALISIS QUIMICO

Identifi muestra		1	2	3	4	5	6
N total %	kjeldahl						
P2O5 %	colorimetria						
K2O %	AA						
CaO %	AA						
Mg %	AA						
Na %	AA						
Mn ppm	AA						
Fe %	AA						
Cu ppm	AA						
Zn ppm	AA						
B ppm	colorimetria						
S(SO4) %	gravimetria						
CIC meq/100	calculos						
C.O. %	titulacion						
C/N %	calculos						
M.O %	titulacion	74,70	70,29	73,42	74,82	77,12	
Ph (1:2,5)	medidor						
Humedad %	gravimetria						
Salinidad %	medidor						
CE mmhos/cm	medidor	1,40	1,30	1,70	5,00	1,30	

Obs: Trabajado en base seca

Atentamente,

  
Dra. Elizabeth Gómez Nieto

c.c. Lab:

**Anexo No. XVII: Resultados de análisis microbiológicos de los fertilizantes  
obtenidos.**



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Acreditado Sistema ISO 17025  
Laboratorio PROTAL - ESPOL



Informe: 14-05/0130-M001

GCR-4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: LEON TRAVERSO SANDRA ELENA	Teléfono: 045108856
Dirección: GARZOTA 3 MZ. 94 VILLA 10	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Biofertilizante P1	Código muestra: 14-05/0130-M001
Marca comercial: S/M	Lote: N/A
Referencia: VARIOS	Fecha elaboración: 07/05/2014
Envase:	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 23/05/2014
Fecha análisis: 23/05/2014	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Coliformes Fecales	UFC/g	$1.0 \times 10^1$	---	API-5.8-04-01-00M34 ( AFNOR 3M 01/2-09.89C )
Salmonella Cualitativa	AUS/PRES	AUSENCIA	---	API-5.8-04-01-00M08 (AOAC 18th 967.26)

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

\* Observaciones:

Se realizaron parámetros microbiológicos solicitados por el cliente.

Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el cuaderno interno de trabajo de microbiología, en la página 14-02681.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

^ Representa el Exponente

\* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como  $< 1.8$ ,  $< 2$ ,  $< 3$ , y  $< 10$  se estiman ausencia

La fecha de vencimiento para la validez de los resultados del presente informe (Boletín) es de 360 días a partir de su emisión

Guayaquil, 5 de Junio del 2014.

  
Dra. Gloria Bazaña de Pacheco  
Directora General y Gerente Técnico

  
Ing. María Teresa Amador  
Gerente de Calidad



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Acreditado Sistema ISO 17025  
Laboratorio PROTAL - ESPOL



Informe: 14-05/0130-M002

GCR-4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: LEON TRAVERSO SANDRA ELENA	Teléfono: 045108856
Dirección: GARZOTA 3 MZ.94 VILLA 10	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Biofertilizante P2	Código muestra: 14-05-0130-M002
Marca comercial: S/M	Lote: N/A
Referencia: VARIOS	Fecha elaboración: 08/03/2014
Envase:	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 23/05/2014
Fecha análisis: 23/05/2014	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22,5 °C ± 2,5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Coliformes Fecales	UFC/g	1,5 x 10 <sup>2</sup>	---	API-5.8-04-01-00M34 ( AFNOR 3M 01/2-09.89C )
Salmonella Cualitativa	AUS/PRES	AUSENCIA	---	API-5.8-04-01-00M08 (AOAC 18th 967.26)

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

\* Observaciones:

Se realizaron parámetros microbiológicos solicitados por el cliente.

Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el cuaderno interno de trabajo de microbiología, en la página 14-02682.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

^ Representa el Exponente

° Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1,8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia

La fecha de vencimiento para la validez de los resultados del presente informe (Boletín) es de 360 días a partir de su emisión

Guayaquil, 5 de Junio del 2014.

  
Dra. Gloria Bajaña de Pacheco  
Directora General y Gerente Técnico

  
Ing. María Teresa Amador  
Gerente de Calidad



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Acreditado Sistema ISO 17025  
Laboratorio PROTAL - ESPOL



Informe: 14-05/0130-M003

GCR -4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: LEON TRAVERSO SANDRA ELENA	Teléfono: 045108856
Dirección: GARZOTA 3 MZ 94 VILLA 10	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Biofertilizante P3	Código muestra: 14-05/0130-M003
Marca comercial: S/M	Lote: N/A
Referencia: VARIOS	Fecha elaboración: 18/03/2014
Envase:	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 23/05/2014
Fecha análisis: 23/05/2014	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Coliformes Fecales	UFC/g	7,3 x 10 <sup>2</sup>	---	API-5.8-04-01-00M34 ( AFNOR 3M 01/2-09 89C )
Salmonella Cualitativa	AUS/PRES	AUSENCIA	---	API-5.8-04-01-00M08 (AOAC 18th 967,26)

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

\* Observaciones:

Se realizaron parámetros microbiológicos solicitados por el cliente.

Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el cuaderno interno de trabajo de microbiología, en la página 14-02683.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

^ Representa el Exponente

" Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1,8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia

La fecha de vencimiento para la validez de los resultados del presente informe (Boletín) es de 360 días a partir de su emisión

Guayaquil, 5 de Junio del 2014.

  
Dra. Gloria Bajaña de Pacheco  
Directora General y Gerente Técnico

  
Ing. María Tejesa Amador  
Gerente de Calidad



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Acreditado Sistema ISO 17025  
Laboratorio PROTAL - ESPOL



Informe: 14-08/0014-M001

GCR-1.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: LEON TRAVERSO SANDRA ELENA	Teléfono: 045108856
Dirección: GARZOTA 3 MZ.94 VILLA 10	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Biofertilizante	Código muestra: 14-08-0014-M001
Marca comercial: S/M	Lote: P4
Referencia: VARIOS	Fecha elaboración: N/A
Envase: N/A	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 05/08/2014
Fecha análisis: 05/08/2014	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Coliformes Fecales	UFC/g	6.0 x 10 <sup>2</sup>	---	API-5.8-04-01-00M34 ( AFNOR 3M 01/2-09-89C )
Salmonella Cualitativa	AUS/PRES	AUSENCIA	---	API-5.8-04-01-00M08 (AOAC 18th 967.26)

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

\* Observaciones:

Se realizaron los parámetros microbiológicos solicitados por el cliente

Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el cuaderno interno de trabajo de microbiología en la página 14-03844.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

^ Representa el Exponente

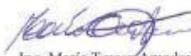
\* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1.8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia

La fecha de vencimiento para la validez de los resultados del presente informe (Boletín) es de 360 días a partir de su emisión

Guayaquil, 14 de Agosto del 2014.

  
Dra. Lucía Bajana de Pacheco  
Directora General y Gerente Técnico

  
Ing. María Teresa Amador  
Gerente de Calidad



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Acreditado Sistema ISO 17025  
Laboratorio PROTAL - ESPOL



Informe: 14-05/0130-M005

GCR -4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: LEON TRAVERSO SANDRA ELENA	Teléfono: 045108856
Dirección: GARZOTA 3 MZ 94 VILLA 10	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Biofertilizante P5	Código muestra: 14-05/0130-M005
Marca comercial: S/M	Lote: N/A
Referencia: VARIOS	Fecha elaboración: 29/03/2014
Envase:	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción: 23/05/2014
Fecha análisis: 23/05/2014	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22,5 °C ± 2,5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Coliformes Fecales	UFC/g	2.1 x 10 <sup>2</sup>	---	API-5.8-04-01-00M34 ( AFNOR 3M 01/2-09-89C )
Salmonella Cualitativa	AUS/PRES	AUSENCIA	---	API-5.8-04-01-00M08 (AOAC 18th 967.26)

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / etc. que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

\* Observaciones:

Se realizaron parámetros microbiológicos solicitados por el cliente.

Los datos microbiológicos se encuentran registrados en el cuaderno interno de trabajo de microbiología, en la página 14-02685.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

^ Representa el Exponente.

\* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como  $\leq 1,8$ ,  $< 2$ ,  $< 3$ ,  $y < 10$  se estiman ausencia

La fecha de vencimiento para la validez de los resultados del presente informe (Boletín) es de 360 días a partir de su emisión

Guayaquil, 5 de Junio del 2014.

  
Dra. Gloria Bajaña de Pacheco  
Directora General y Gerente Técnico

  
Ing. María Teresa Amador  
Gerente de Calidad

**Anexo No. XVIII: Pérdida de N total en las pilas de compostaje.**

<b>BALANCE DE P1.</b>	
723,98 kg de mezcla (0,014 % N total)=	10,14 kg de N total.
323,12 kg de compost (0,021 % N total)=	6,75 kg de N total.
<b><i>Pérdida de N total durante el proceso=</i></b>	<b>3,38 kg de N total.</b>
<b>BALANCE DE P2.</b>	
873,98 kg de mezcla (0,012 % N total)=	10,14 kg de N total.
400,9 kg de compost (0,020 % N total)=	8,18 kg de N total.
<b><i>Pérdida de N total durante el proceso=</i></b>	<b>1,96 kg de N total.</b>
<b>BALANCE DE P3.</b>	
944,27 kg de mezcla (0,015 % N total)=	13,98 kg de N total.
362,7 kg de compost (0,021 % N total)=	7,62 kg de N total.
<b><i>Pérdida de N total durante el proceso=</i></b>	<b>6,36 kg de N total.</b>
<b>BALANCE DE P4.</b>	
948,27 kg de mezcla (0,015 % N total)=	14,03 kg de N total.
330,1 kg de compost (0,023 % N total)=	7,53 kg de N total.
<b><i>Pérdida de N total durante el proceso=</i></b>	<b>6,51 kg de N total.</b>
<b>BALANCE DE P5.</b>	
894,27 kg de mezcla (0,015 % N total)=	13,24 kg de N total.
341,52 kg de compost (0,025 % N total)=	8,67 kg de N total.
<b><i>Pérdida de N total durante el proceso=</i></b>	<b>4,56 kg de N total.</b>

Elaboración: Autora.