



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS POR  
LA FLORÍCOLA HIGHLAND BLOSSOMS S.A MEDIANTE LA ELABORACIÓN  
DE COMPOST.**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación**

**Profesor Guía**

**Ing. José Alfredo Oña Quizanga**

**Autora**

**Karen Vanessa Quilachamin Aldaz**

**Año**

**2014**

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

José Alfredo Oña Quizanga

Ingeniero

C.I.: 050204722-8

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

-----

Karen Vanessa Quilachamin Aldaz

C.I.: 172273639-2

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría para poder culminar con éxito mis estudios. A mis padres por su esfuerzo, apoyo, dedicación y cariño. A mi familia y amigos, que de una u otra forma siempre están apoyándome en cada reto que emprendo. Al Ingeniero José Oña por su guía en el siguiente trabajo. Un agradecimiento especial a los docentes de la Universidad, por brindarme sus conocimientos, para enfrentarme en el mundo profesional.

Karen

## DEDICATORIA

A mis padres por que con su paciencia y dedicación me guían en cada paso que doy. A todas las personas que con su cariño y atención se han mantenido pendientes de mi avance en el presente proyecto.

## RESUMEN

El inadecuado manejo de los residuos orgánicos es un problema que caracteriza a la mayoría de ciudades de nuestro país. El aprovechamiento de los desechos en procesos de enmienda ambiental es nulo, como es el caso del Cantón Pedro Moncayo. Ya que el municipio de este cantón se encarga de la gestión de residuos sólidos, sin dar tratamiento a los residuos orgánicos.

El presente estudio aprovechara los residuos orgánicos provenientes de la Finca Florícola Highland Blossoms, ubicada en este cantón. El desarrollo de esta propuesta se da mediante la utilización de estos residuos orgánicos para la elaboración de compost en pilas. Este método de compostaje busca aprovechar los residuos vegetales provenientes de las distintas actividades que se realizan en la florícola, además de obtener las condiciones ideales para que el proceso se desarrolle de manera correcta; para el efecto se ha utilizado los desechos orgánicos, principalmente provenientes de la cocina de la misma empresa.

Para la evaluación de la efectividad del proceso se tomó en consideración lo siguiente:

- Tipo de materia primas (tallos de rosas, pétalos y residuos orgánicos de la cocina)
- Parámetros (temperatura, humedad, pH, carbono, nitrógeno, relación C/N, materia orgánica, fosforo).

En conclusión: una vez desarrollado el experimento se demostró que los tratamientos utilizados en cada lecho de compostaje, alcanzaron los niveles óptimos de desarrollo del proceso de compostaje, en base a los resultados del laboratorio se pudo observar que las variaciones en los parámetros medidos en cada lecho fueron mínimas. Por lo tanto la elaboración de compost con este tipo de residuos orgánicos es factible y viable.

## **ABSTRACT**

Improper handling of organic waste is a problem that characterizes most cities of our country. The use of waste in processes of environmental amendment is void, as in the case of the Canton Pedro Moncayo. Since the municipality of the canton is responsible for solid waste management, without treatment of organic waste.

This study exploited the organic waste from the Floriculture Blossoms Highland Villa, located in this county. The development of this proposal is given by the use of these organic waste for composting piles. This method seeks to take advantage of composting vegetable waste from the various activities carried out in the flower, in addition to obtaining the ideal conditions for the process to run properly; for the effect has been used organic waste, mainly from the kitchen of the same company.

To evaluate the effectiveness of the process was taken into consideration:

- Type of raw material (stems of roses, petals and organic kitchen waste)
- Parameters (temperature, humidity, pH, carbon, nitrogen, C / N, organic matter, phosphorus).

In conclusion, once developed, the experiment showed that the treatments used in each bed composting reached optimal levels of development of the composting process, based on laboratory results was observed that variations in the parameters measured in each bed were minimal. Thus with composting organic waste such is feasible and viable.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Definición de residuos sólidos.....	4
1.2 Clasificación de los residuos sólidos.....	4
1.3 Generación de los residuos sólidos urbanos.....	5
1.4 Sistema de manejo de los residuos.....	6
1.5 Aprovechamiento de los residuos sólidos.....	7
1.5.1 Beneficios del uso del compost.....	9
1.6 Sistemas de compostaje.....	9
1.6.1 Sistemas abiertos.....	10
1.6.1.1 Pilas simples.....	10
1.6.2 Sistemas cerrados.....	11
1.7 Factores que condicionan el proceso de compostaje.....	11
1.7.1 Temperatura.....	11
1.7.2 Humedad.....	12
1.7.3 Control de pH.....	13
1.7.4 Aireación.....	13
1.7.5 Relación C/N.....	14
1.7.6 Población microbiana.....	15
1.7.7 Mezcla/Volteo.....	16
1.7.8 Peso final del producto.....	16
1.7.9 Tiempo.....	16

1.7.10 Monitoreo y control.....	16
1.8 Fases del compostaje.....	17
1.8.1 Fase mesófila.....	17
1.8.2 Fase termófila.....	17
1.8.3 Fase de enfriamiento.....	18
1.8.4 Fase de maduración.....	18
1.9 Consideraciones de diseño y funcionamiento.....	19
1.10 Posibles problemas y soluciones durante el compostaje.....	20
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.....</b>	<b>22</b>
2.1 Información general.....	22
2.2 Características físicas.....	26
2.2.1 Climatología.....	26
2.2.2 Hidrología.....	27
2.2.3 Suelos.....	27
2.3 Información preliminar.....	28
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>29</b>
3.1 Equipos y materiales.....	29
3.2 Metodología.....	29
3.2.1 Caracterización de los residuos orgánicos vegetales.....	31
3.2.1.1 Determinación de humedad mediante el método estándar ASTM D 5142-02a.....	31
3.2.1.2 Determinación de materia volátil mediante el método estándar ASTM 5142-02a.....	32

3.2.1.3 Determinación de ceniza mediante el método estándar ASTM 5142-02 <sup>a</sup> .....	33
3.2.2 Diseño experimental.....	34
3.2.3 Ubicación de los lechos de compostaje.....	35
3.2.4 Construcción de los lechos de compostaje.....	36
<b>3.3 Materiales para compostaje.....</b>	<b>38</b>
3.3.1 Plan de recolección de desechos orgánicos.....	38
3.3.2 Armado de la pila de compostaje.....	38
3.3.2.1 Triturado de desechos orgánicos.....	38
3.3.2.2 Conformación de la pila de compostaje.....	39
3.3.2.3 Control de parámetros de medición.....	40
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1 Caracterización de los residuos vegetales (tallos de rosas).....	43
4.2 Generación de residuos orgánicos en la Florícola Highland Blossoms.....	44
4.3 Temperatura de los lechos de compostaje.....	45
4.4 Humedad de los lechos de compostaje.....	45
4.5 pH de los lechos de compostaje.....	46
4.6 Carbono.....	47
4.7 Nitrógeno.....	47
4.8 Relación Carbono/Nitrógeno.....	48
<b>CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
5.1 Sobre la caracterización de los residuos vegetales.....	49

<b>5.2. Variables de respuesta en función del tiempo de</b>	
compostaje y tipo de tratamiento.....	49
5.2.1. Temperatura del compost en función del tiempo de	
operación y tipo de tratamiento.....	50
5.2.2. Humedad del compost en función del tiempo de	
operación y tipo de tratamiento.....	54
5.2.3. pH del compost en función del tiempo de operación	
y tipo de tratamiento.....	57
5.2.4. Carbono del compost en función del tiempo de	
operación y tipo de tratamiento.....	60
5.2.5. Nitrógeno del compost en función del tiempo de	
operación y tipo de tratamiento.....	62
5.2.6. Relación C/N del compost en función del tiempo de	
operación y tipo de tratamiento.....	65
5.2.7. Olor del compost en función del tiempo de operación	
y tratamiento.....	67
5.2.8. Análisis químico del compost en función del tiempo	
de operación y tipo de tratamiento.....	67
5.2.9. Análisis químico del lecho que presenta óptimos	
resultados.....	69
<b>5.3 Análisis Costo/Beneficio.....</b>	<b>70</b>
5.3.1 Evaluación del Proyecto de compostaje de residuos	
orgánicos en la Florícola Highland Blossoms.....	71
5.3.1.1 Costos de inversión y reinversión.....	71
5.3.1.2 Costos de operación y mantenimiento.....	72

5.3.2 Identificación, cuantificación y valoración de	
los beneficios.....	72
5.3.2.1 Producción agrícola.....	72
5.3.2.2 Reducción de la formación de gases de efecto	
invernadero.....	72
5.3.2.3 Impacto sobre las actividades económicas.....	73
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
6.1 Conclusiones.....	74
6.2 Recomendaciones.....	76
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>

## INTRODUCCION

A nivel nacional tanto autoridades y habitantes, identifican al manejo de residuos sólidos como un problema que afecta a todas las ciudades y pueblos; convirtiéndose en uno de los principales problemas ambientales, que tiene como resultado nocivas consecuencias a la salud y en especial al ambiente, afectando el futuro de las próximas generaciones.

En el país, la gestión de los residuos sólidos estuvo a cargo de varios institutos y subsecretarías, tradicionalmente los responsables de esta competencia han sido los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs); pero debido a la interferencia de distintas instituciones y actores involucrados, no se ha llegado a soluciones eficientes, sobre el manejo de desechos sólidos. Los municipios no logran abastecer las necesidades de todos sus pobladores, siendo los más afectados los sectores con mayores índices de pobreza.

Esta problemática se origina principalmente a la falta de infraestructura, presupuesto, técnicos, entre otros; existen varias maneras de realizar un manejo de estos residuos, principalmente de los residuos orgánicos como: reciclaje, compostaje, vermicultura, té de frutas, humus, biol entre otras; éstas pueden llevarse a cabo en los hogares, barrios, empresas, mejorando la calidad de vida de las personas y evitando así la contaminación al ambiente.

Es importante mencionar que el sector floricultor se ha concentrado en algunas provincias tales como: Pichincha e Imbabura dentro de Pichincha, la producción se concentra en los cantones de Pedro Moncayo y Cayambe, para progresivamente desplazarse a Tabacundo, y posteriormente, hacia Carchi y Latacunga.

En el cantón Pedro Moncayo, se encuentran localizadas varias empresas: florícolas, queseras, entre otras. Estas generan una gran cantidad de residuos orgánicos que provienen de las podas, desyemes, cortes, clasificación y

embonche de las rosas que son destinadas hacia el mercado nacional e internacional.

Es por esta razón que se han venido realizando investigaciones en cuanto al aprovechamiento de los tallos de las rosas, como soluciones para la eliminación de metales pesados que existe en aguas contaminadas. Los tallos de rosas, pueden ser utilizados como biosorbente de cadmio el cual ha sido encontrado en distintas aguas residuales, estos residuos (tallos de rosas) son una opción práctica y efectiva para el tratamiento de metales pesados considerados de alta toxicidad para el ser humano y al ambiente.

Estos residuos vegetales provenientes de las rosas poseen algunas ventajas como: que son de fácil implementación, fácil preservación, transporte y utilización. Es por esta razón que con el objetivo de plantear otra solución en cuanto al aprovechamiento de residuos orgánicos provenientes de las florícolas, se ha tomado como principal opción la elaboración de compost.

En el siguiente trabajo se diseñó un proceso de compostaje controlando algunos de los parámetros más importantes (humedad, temperatura, pH, entre otros) y otras condiciones involucradas durante el proceso de compostaje.

Se escogió esta opción para poder aprovechar la gran cantidad de residuos orgánicos que se generan de las distintas actividades de las florícolas para convertirlos en abono, reduciendo así la contaminación al ambiente; adicionalmente, se provee de opciones tecnificadas para el control de los parámetros más influyentes durante el proceso de compostaje en la finca Florícola Highland Blossoms ubicada en la parroquia Tabacundo.

Mediante la elaboración del compost, en la florícola Highland Blossoms se logró una reducción significativa en cuanto a estos residuos generados y el aprovechamiento de este compost en las mismas camas de cultivo para que el compost actué como acondicionante del suelo, y de esta manera las plantas de rosas asimilen mejor los nutrientes del suelo.

**Objetivo General**

Aprovechar de residuos sólidos orgánicos producidos por la Florícola Highland Blossoms mediante la elaboración de compost.

**Objetivos específicos**

1. Reducir la producción de desechos orgánicos en la florícola.
2. Aprovechar los desechos orgánicos mediante la elaboración de compost.
3. Determinar los factores que influyen en el proceso de compostaje como: temperatura, humedad, relación C/N, aireación.
4. Caracterizar el compost elaborado, mediante el análisis físico-químico de acuerdo a los siguientes parámetros: pH, temperatura, carbono, nitrógeno, relación C/N, fósforo, para determinar la calidad del compost.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Definición de residuos sólidos**

Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico, considerados como material de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que están destinados a ser rechazados.

Los residuos sólidos son susceptibles de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo, transformándolo así en un nuevo bien con valor económico o de disposición final.

### **1.2 Clasificación de los residuos sólidos**

Según el centro coordinador del convenio de Basilea para América latina y el caribe los residuos pueden ser clasificados de acuerdo a los siguientes criterios.

- Por el Estado: a un residuo se lo puede clasificar de acuerdo al estado en que este se encuentre, ya sea sólido, semisólido o gaseoso.
- Por el origen: se refiere a una clasificación sectorial por ejemplo algunas categorías pueden ser domiciliarias (producidas en zonas residenciales), urbanos o municipales (proviene de centros gubernamentales, instituciones), industriales (instituciones que abarquen un gran número de personas), agrícolas (son producidos en el entorno natural como plantas), ganaderos (son producidos por animales).
- Por el tipo de tratamiento al que serán sometidos: este tipo de clasificación es útil para definir la inversión que se necesitará para la implementación de la infraestructura, en la cual se dará un tratamiento y disposición final de los residuos.

Es así que se pueden definir entre otros:

1. Residuos asimilables o residuos urbanos, se los puede disponer en forma conjunta.
2. Residuos para los cuales la incineración es el mejor tratamiento.

3. Residuos que se deben disponer solo en rellenos de seguridad.
4. Residuos generados en grandes cantidades y que requieren un tratamiento en particular.

El término asimilable se utiliza para los residuos generados en cualquier actividad ya que poseen características similares a los residuos urbanos, por tal razón pueden ser gestionados de la misma manera:

- Por potenciales efectos derivados por el manejo:
  1. Residuos peligrosos: son residuos o combinaciones de los restos de otros residuos peligrosos, que representan amenazas y requieren de un tratamiento especial.
  2. Residuos peligrosos no reactivos: son residuos peligrosos que mediante un tratamiento específico perdieron su naturaleza de peligrosos.
  3. Residuos inertes: son residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas.
- Por el tipo de degradación:
  1. Residuos orgánicos de fácil biodegradación: por ser orgánicos estos residuos contienen una gran fuente de energía que puede ser aprovechada por algunos seres vivos como por ejemplo los microorganismos. Estos residuos pueden ser de alimentos, vegetales, restos de jardín, etc.
  2. Residuos inorgánicos de difícil y/o no biodegradación: estos residuos contienen materiales, los cuales pueden ser reciclables como el papel, cartón, lata, entre otros.

(Muñoz, 2008)

### **1.3 Generación de los residuos sólidos urbanos**

La generación está relacionada con la cantidad y caracterización de los residuos sólidos municipales, los cuales son parámetros para la toma de decisión en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final.

1. **Cantidad:** el conocimiento de los residuos sólidos generados, separados para el reciclaje, y recolectadas para un procesamiento adicional o para su evacuación es de una importancia fundamental en todos de la gestión de los residuos sólidos.

Los factores que afectan a las tasas de generación de residuos son:

**Reducción en el origen:** esta puede realizarse a través del diseño y fabricación de productos con un contenido toxico mínimo, volumen mínimo de material. La reducción de los residuos también se la puede realizar en la casa, instalaciones comerciales e industriales mediante formas de compra selectiva y reutilización de productos y materiales.

**Extensión en el reciclaje:** la extensión de programas de reciclaje afecta directamente a las cantidades de residuos recolectados para su procesamiento final.

2. **Composición:** dentro de la gestión de los residuos sólidos urbanos pueden englobarse un sinfín de materiales, los cuales deben conocerse a profundidad para ser gestionados de la mejor manera.

La basura suele estar compuesta por:

**Materia orgánica:** restos que provienen de la cocina de restaurantes, escuelas, colegios entre otros.

**Papel y cartón:** periódicos, revistas, libros, cajas, entre otros.

**Plásticos:** botellas de bebidas, bolsas, platos, vasos, e

**Vidrio:** como botellas, ventanas, adornos, etc.

**Metales:** latas, botes de pintura, recipientes de lubricantes, etc.

#### **1.4 Sistema de manejo de los residuos**

Un sistema de manejo de residuos se compone de los siguientes subtemas:

- **Generación:** cualquier persona u organización mediante alguna actividad causa la transformación de un material en residuo. Una organización genera residuos durante todo el proceso productivo.
- **Transporte:** es aquel que lleva el residuo, es importante mencionar que el transportista se transforma en generador si el vehículo derrama la carga que lleva en el camino.
- **Tratamiento y disposición:** el tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías aplicadas para el control y tratamiento de los residuos en especial los peligrosos. Con respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.
- **Control y supervisión:** este subsistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres subsistemas antes mencionados.

### **1.5 Aprovechamiento de los residuos sólidos**

Una de las técnicas más utilizadas en cuanto al aprovechamiento que se logran a partir del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos es:

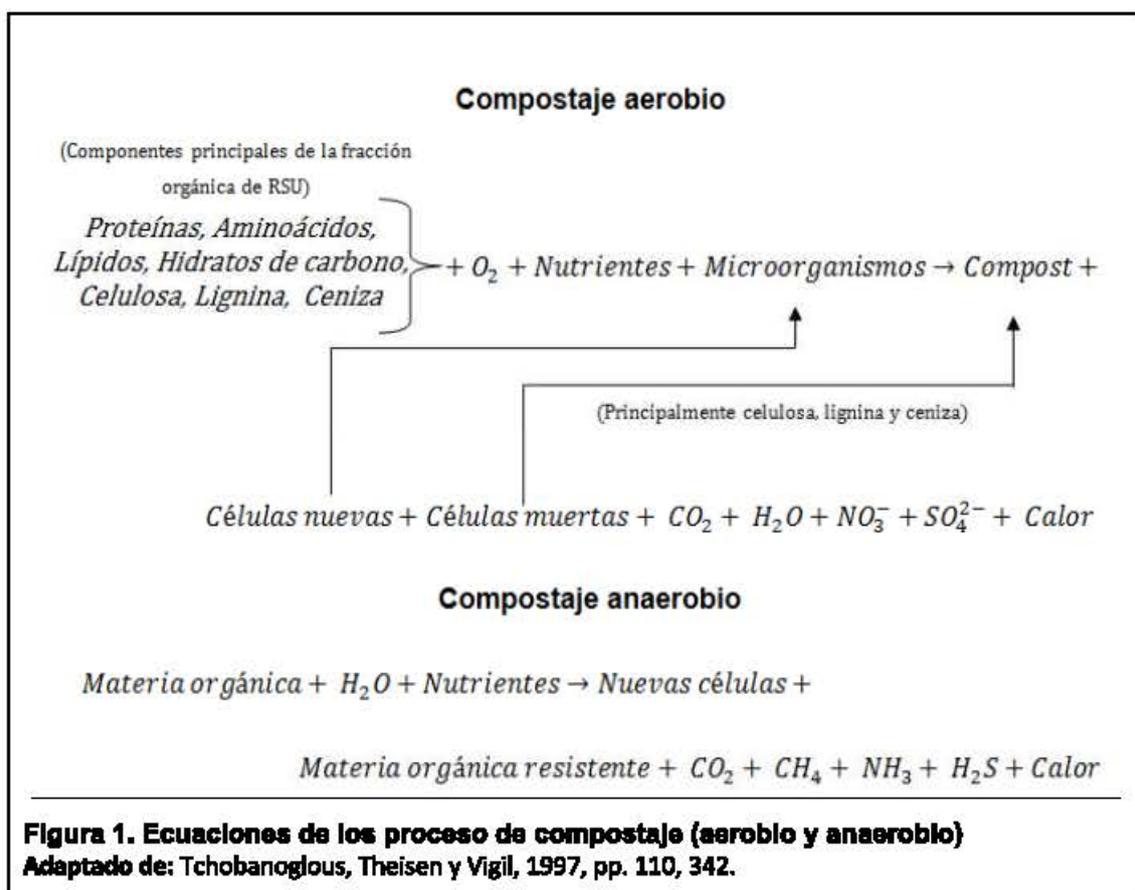
Díaz, E. define al compostaje como: "El proceso de compostaje es la transformación biológica de los residuos orgánicos llevada a cabo por los microorganismos debido a la cual, elementos químicos como el N, C, K, P Y S de compuestos complejos se liberan" (Díaz, 2002, p. 12). El compostaje es un proceso de degradación natural de desechos orgánicos (celulosa, almidón o proteínas) debido a la actividad de enzimas producidas por microorganismos; esta actividad biológica resulta en la generación de calor (Martínez, 2009, p. 14).

El objetivo del compostaje es la transformación de los desechos orgánicos en abono orgánico (compost o composta), para que puedan ser absorbidos por la tierra y por las plantas, fertilizando al suelo debido a la incorporación de nutrientes al suelo original.

Éste es el método de aprovechamiento más antiguo ya que se basa en la fermentación bacteriana de materias orgánicas en la presencia de aire.

Existen dos clases de compostaje:

- **Compostaje aerobio:** Ocurre mediante la presencia de oxígeno necesario para alcanzar temperaturas altas, eliminar la mayoría de larvas, patógenos, y semillas de maleza y reducir la generación de olores. El compost maduro se puede obtener a partir de los 2 meses aproximadamente, dependiendo del control que se le dé al proceso.
- **Compostaje anaerobio:** La degradación se produce sin la presencia de  $O_2$ , generalmente este tipo de compostaje se realiza para la obtención de metano. La obtención del abono puede tardar entre 6 y 12 meses (Rodríguez y Córdova, 2006, pp. 32 – 33).



### **1.5.1 Beneficios del uso del compost**

Según Tchobanoglous, Theisen & Vigil los objetivos generales del compostaje son:

- Retener el máximo contenido de nutrientes ( nitrógeno, fosforo y potasio)
- Elaborar un producto que se pueda utilizar para el soporte, crecimiento de las plantas y como acondicionador de suelos. (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1997)
- Mejora las propiedades hídricas del suelo, favoreciendo el drenaje e los suelos arcillosos y la resistencia a la sequía en los suelos arenosos.
- Incrementa las poblaciones de microorganismos y de lombrices que causan un beneficio persistente al suelo y a las plantas. (Alonso, 2011, pág. 83)
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas. (Muñoz,2008)

### **1.6 Sistemas de compostaje**

La mayoría de los sistemas de compostaje consisten en hacer una pila o montón de capas de materiales secos (hojas secas, ramas, etc.), alternadas con capas de desechos de materiales húmedos (restos de poda, restos de cocina, etc.).

Es necesaria la circulación del aire a lo largo de la pila; por lo tanto, se debe tomar en consideración este factor al momento de elegir el tamaño y forma ya que en pilas demasiado grandes el oxígeno no puede penetrar en el centro; en cambio en pilas muy pequeñas no se alcanza la temperatura necesaria. El tamaño óptimo depende del tipo de material y la temperatura del ambiente (Alonso, 2011, p. 107).

Entre los distintos sistemas se tiene:

- **Sistemas Abiertos:** tienen como característica principal ser de bajo coste, este tipo de sistemas son aplicables a pequeñas y medianas comunidades que posean disponibilidad de terreno.  
Estos sistemas permiten un compostaje en superficie, pilas simples, pilas estáticas ventiladas, compostaje en hileras y trincheras.
- **Sistemas Cerrados:** son también conocidos como compostaje en “reactores”, que son estructuras de cualquier material, por lo general metálicas o de madera, cilíndricas o rectangulares, en las cuales se controla los factores más importantes para que permanezcan constantes (Colomer y Gallardo, 2010, p. 201).

### **1.6.1 Sistemas abiertos**

Los residuos se disponen en pilas o en hileras en el interior de una nave o al aire libre. Para lograr la fermentación aerobia del sustrato es necesario aportarles oxígeno; bien sea mediante el volteo de las hileras, o mediante una red de tuberías perforadas (Alonso, 2011, p. 106).

#### **1.6.1.1 Pilas simples**

Éste es el sistema que se usa con más frecuencia debido a que no se necesita maquinaria especializada y la inversión económica inicial es baja.

En este sistema los materiales se acumulan sobre el suelo sin comprimirlos en exceso. Las dimensiones y forma óptimas de la pila dependen del tamaño de partículas, el porcentaje de humedad existente, porosidad y nivel de degradación; lo cual afecta al flujo de aire hacia el interior de la pila. El tamaño generalmente varía entre 1 - 2 m de altura, por 2 – 4 m de anchura. La sección tiende a ser trapezoidal (Alonso, 2011, p. 106).

Los lechos de compostaje son aireados por convección natural. Una vez que se tiene la pila, la única tarea necesaria para un compostaje adecuado es el volteo manual o mecanizado, además de vigilar las condiciones de la pila como:

humedad, temperatura, etc. La frecuencia del volteo comúnmente se lo realiza una vez por semana, ya que ayudan a controlar los niveles de humedad aumentando así la porosidad del lecho; además de eliminar el excesivo calor, debido a que se homogeniza la mezcla y su temperatura (Alonso, 2011, p. 107).

### **1.6.2 Sistemas cerrados**

Para estos sistemas se utilizan reactores que pueden ser estáticos o dinámicos, estos procesos permiten controlar de mejor manera determinados parámetros (temperatura, humedad, etc.) procurando que las mismas permanezcan en forma relativamente constante.

Al ser sistemas cerrados se produce una descomposición anaerobia, por lo que es necesario tratar los olores producidos para lo que se suelen utilizar biofiltros de corteza, o se hace uso de sistemas de ventilación forzada, adicionalmente pueden incluir sistemas de mezcla interna (Alonso, 2011, p. 109).

## **1.7 Factores que condicionan el proceso de compostaje**

Independientemente del proceso que se elija para realizar el proceso de compostaje, las condiciones que deben tener las pilas o reactores deben ser las adecuadas para que el proceso se lleve a cabo y se obtenga el compost en un período de tiempo establecido. Entre los principales parámetros se encuentran:

### **1.7.1 Temperatura**

La temperatura es un factor determinante en cuanto a la actividad microbiana, así como también para la eliminación de patógenos presentes en los residuos, poseer altas temperaturas al principio de las reacciones asegura que el

proceso de compostaje se dé con normalidad (Ceustermans, Coosemans y Ryckeboer, 2010, p,118).

La temperatura óptima se encuentra en un rango entre 35°C– 60 °C. Cuando la temperatura es superior a los 50°C se eliminan larvas, semillas de maleza, organismos patógenos (Díaz, 2002, p. 15).

El proceso de compostaje inicia con una fase mesofílica donde alcanza hasta los 40 °C, luego pasa a una fase termófila donde llega a temperaturas de 60 °C, y regresa a una fase mesofílica donde la temperatura desciende hasta los 35 °C aproximadamente.

Para controlar la temperatura en los sistemas de pilas, reactores; es necesario controlar la corriente de aire que entra a estos sistemas, mientras que en el sistema de compostaje de hileras la temperatura solo puede ser controlada mediante el volteo de la hilera. (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1997, pp. 110, 342).

### **1.7.2 Humedad**

El contenido de humedad óptimo en el proceso de compostaje debe alcanzar niveles entre el 40%-60%. Si el porcentaje de humedad supera el 60%, es decir con una humedad excesiva el proceso se transforma en anaeróbico produciéndose así una pudrición de la materia orgánica. En cambio cuando el contenido de humedad del compost cae por debajo del 40%, se reduce la velocidad de fermentación debido a que disminuye la actividad de los microorganismos. El contenido de humedad depende de los residuos a compostar (Infoagro, 2010).

### **1.7.3 Control del pH**

El pH es una medida numérica que indica la acidez o alcalinidad de los suelos, es una condición importante y según las cualidades que presenten puede ser controlado por diferentes materiales (Darlington, 2010, p.1).

El pH tiene una influencia directa en el compostaje, sirve para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos. Mediante el seguimiento del pH se puede tener 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 hasta aproximadamente 4-5 por lo tanto el proceso del compostaje se retrasará. (Moreno y Moral, 2011, p. 98).

Durante la fase mesófila inicial se evidencia una disminución del pH (6), debido a la liberación de ácidos orgánicos producidos por la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil.

Esta disminución de los niveles de pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se forma una mayor cantidad de ácidos orgánicos. A continuación se produce una fase de alcalinización del medio debido a la pérdida de ácidos orgánicos y a la producción de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. En fase final, de enfriamiento, el pH tiende a la neutralidad (7,5 – 8,5) debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón (Moreno y Moral, 2011, p. 98).

### **1.7.4 Aireación**

La aireación es un elemento clave en el proceso de compostaje ya que está estrechamente relacionado con la actividad de los microorganismos aeróbicos (Bueno, 2010, p.62).

Si la cantidad de oxígeno es muy baja, los microorganismos aerobios son reemplazados por los anaerobios, provocando así un retraso en los procesos de degradación, aparición de malos olores, aparición del sulfuro de hidrogeno. Por esta razón es importante mencionar que los niveles óptimos de oxígeno son del 15%-20%.

A continuación se enuncian las funciones básicas de la aireación:

- Favorecer la regulación del exceso de humedad por evaporación.
- Mantener una temperatura adecuada.
- Suministrar el oxígeno para permitir la actividad de los microorganismos aerobios.

Si existe un exceso de ventilación se podría producir el enfriamiento de la pila de compostaje, provocando la reducción de la actividad metabólica de los microorganismos.

Durante el proceso de maduración no se deben hacer aportaciones adicionales de oxígeno, ya que se provocaría un consumo de los compuestos húmicos formados y una rápida mineralización de los mismos (Moreno y Moral, 2011, pp. 99 - 100).

### **1.7.5 Relación C/N**

La relación C/N de los materiales a compostar pueden ser utilizados como indicador de la velocidad de descomposición del compost en el suelo (Dimambro, Lillywhitey Rahn, 2006, p.24).

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es necesario en cuanto a la síntesis protéica. Se sabe que los microorganismos involucrados en el proceso de compostaje absorben 30 partes de C por cada parte de N (Díaz, 2002, p. 17).

La relación equilibrada entre C y N influye en la obtención de un compost de buena calidad, componentes básicos de la materia orgánica. Se considera el rango de 25-35 como el ideal, pero esta relación depende de las materias primas que conforman el compost (Infoagro, 2010).

La actividad biológica disminuye cuando la relación C/N es muy elevada, y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con el consiguiente retraso del proceso, debido a la insuficiente disponibilidad de nitrógeno para la síntesis proteica de los microorganismos. Para eliminar el exceso de carbono (en forma de anhídrido carbónico) es necesaria la aparición progresiva de diversas especies microbianas. Al morir estos microorganismos el nitrógeno contenido en su biomasa se recicla y la relación C/N tiende a disminuir. El proceso de compostaje no se ve afectado cuando se tiene una relación C/N muy baja, se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoniaco. Con una relación C/N 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. Generalmente se considera que un compost se encuentra estable o maduro cuando  $C/N < 20$ , aunque esta es una condición necesaria pero no suficiente (Moreno y Moral, 2011, p. 102).

#### **1.7.6 Población microbiana**

Los microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetes son los encargados de la degradación de la materia orgánica.

Durante la fase mesofílica aerobia inicial predominan bacterias y hongos generadores de ácidos. Durante el período termófilo (temperaturas superiores a los 40°C) predominan bacterias, actinomicetes y hongos termófilos y termotolerantes (Díaz, 2002, p. 13).

### **1.7.7. Mezcla/ Volteo**

La mezcla inicial en el proceso de compostaje es necesaria ya que incrementa o disminuye el porcentaje de humedad ya sea de la pila o hilera, es importante mencionar que mediante la mezcla se distribuyen de manera uniforme los nutrientes y microorganismos.

Otro factor importante durante el proceso de compostaje es el volteo, ya que ayuda a mantener la actividad aerobia. La frecuencia de volteo tiene una relación directa con el contenido de humedad, características de los residuos empleados, entre otros; es por esta razón que no se puede decidir el número de vueltas necesarias durante el proceso de compostaje (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1997, pp. 777).

### **1.7.8 Peso final del producto**

Sirve para conocer cuál es la pérdida de peso con el pasar del tiempo y cuál es la porción relativa que resulta del experimento en cada uno de los composteros, para esto fue necesario pesar el producto final y por diferencia obtener el porcentaje de pérdidas.

### **1.7.9 Tiempo**

Es uno de los parámetros más importantes del experimento, ya que es un factor transversal. Por acuerdo inicial, los volteos fueron cada 12 días.

### **1.7.10 Monitoreo y control**

El control del modelo experimental se lo llevo a cabo siguiendo los lineamientos predeterminados, de conformidad con los objetivos y fines propuestos. se midió el comportamiento histórico de los factores más importantes que modifican las propiedades de los residuos orgánicos que están en descomposición.

El monitoreo consistió en medir varios factores que fijan las propiedades físicas, químicas y biológicas del material a compostar; unos fueron medidos en el mismo lugar y otras en un laboratorio calificado.

## **1.8 Fases del compostaje**

### **1.8.1 Fase mesófila**

La pila mantiene una temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos comienzan a multiplicarse rápidamente. A esta temperatura se observa una preponderancia de bacterias, hongos, protozoos, artrópodos y anélidos y la ausencia casi total de actinomicetos. En esta etapa los microorganismos inician la descomposición de los compuestos fácilmente degradables, provocando un incremento de la temperatura y en la que el pH desciende debido a la formación de ácidos orgánicos (Castells, 2009, p.153).

### **1.8.2 Fase termófila**

En esta fase, van apareciendo los microorganismos termofílicos ya que la temperatura supera los 40 °C; al alcanzar los 60 °C los hongos se inactivan y la descomposición es llevada a cabo por actinomicetos y bacterias formadoras de esporas (Castells, 2009, p.153). Las nuevas bacterias degradan la celulosa y la lignina (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002, p. 540).

Las sustancias fácilmente degradables, como azúcares, grasa, almidón y proteínas, son rápidamente consumidas y la mayoría de patógenos humanos y vegetales son destruidos. El PH aumenta y pasa a ser alcalino a medida que las proteínas liberan amoníaco, mientras que la celulosa y las ligninas se demoran un poco más de tiempo para ser destruidas (Castells, 2009, p.153).

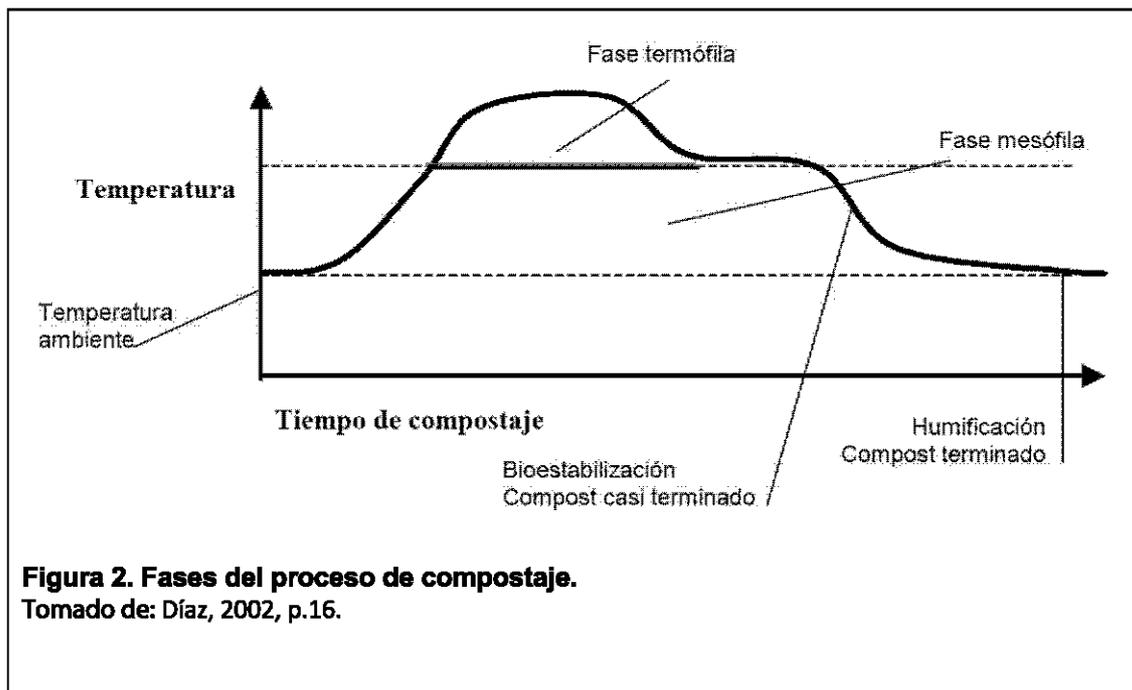
### **1.8.3 Fase de enfriamiento**

La temperatura empieza a disminuir debido a que la materia orgánica ya fue consumida por parte de los microorganismos. Se vuelve a una fase mesofílica (35°C aproximadamente), se produce una degradación de celulosa y ligninas residuales por parte de las bacterias mesofílicas. El pH del medio desciende (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002, p. 540).

### **1.8.4 Fase de maduración**

La maduración depende del tipo de material que se ha tratado, pero su duración y las condiciones en que se deba llevar a cabo dependerán mucho del destino final del producto y como se hayan desarrollado las etapas anteriores (Castells, 2009, p.154).

En esta fase los microorganismos mesófilos, al igual que diversos tipos de microfauna, colonizan el compost medio maduro. La pila se encuentra a temperatura ambiente; se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización, estableciéndose equilibrios químicos y bioquímicos. En esta fase ocurre un descenso de la actividad metabólica por disminución de las necesidades de oxígeno (García, 1984, p.3).



## 1.9 Consideraciones de diseño y funcionamiento

Las principales consideraciones de diseño asociadas con la descomposición biológica aerobia de residuos sólidos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 1: Consideraciones importantes de diseño para el proceso de compostaje**

Ítem	Observaciones
Tamaño de partícula	Para disminuir el tiempo de duración del proceso de compostaje el tamaño de los residuos sólidos debería ser entre 25 y 27 mm.
Relación carbono-nitrógeno	La relación carbono/nitrógeno es muy variable, pero si la relación tiene valores muy bajos, se emite amonio; en cambio con relaciones altas el nitrógeno puede convertirse en un nutriente limitante para los microorganismos.
Mezcla y siembra	El tiempo de compostaje puede reducirse cuando se añaden residuos sólidos parcialmente descompuestos.
Contenido en humedad	El contenido de humedad debería mantenerse en un rango entre 40% y 60% para mantener un nivel óptimo.
Mezcla/volteo	Sirve para prevenir el secado mediante la canalización de aire, es por esto que los residuos y el material que se encuentra en descomposición deben ser mezclados y volteados regularmente.
Temperatura	Para obtener un correcto proceso de compostaje es necesario que el lecho cumpla con las tres fases de temperatura antes mencionados.
Control de patógenos	Para destruir patógenos, semillas, hierbas mala, el proceso de compostaje debe cumplir con la fase termófila.
Control de pH	Para lograr que el proceso tenga una descomposición aerobia optima, el pH debe permanecer en el rango de 7 a 7,5.

**Adaptado de:** (Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1997, pp 772)

### 1.10 Posibles problemas y soluciones durante el compostaje

A continuación se detallará una serie de posibles problemas que pueden presentarse durante el proceso de compostaje

**Tabla 2: Posibles problemas y soluciones durante el compostaje**

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Solución</b>
Olores desagradables.	Falta de oxígeno	Voltear y mezclar.
	Demasiada humedad	Agregar material seco para absorber la humedad. Mezclar.
Olor a amoníaco.	Falta de aire debido a la compactación excesiva.	Reducir las dimensiones del lecho; añadir pedazos de tamaños diferentes (ramitas, etc.) para crear espacios de aire en el lecho. Mezclar
Temperatura muy alta.	Lecho muy grande	Reducir el tamaño del lecho.
Temperatura muy baja.	Baja humedad	Agregar agua durante el mezclado; cubrir el lecho para evitar que se pierda la humedad mediante la evaporación.
	Insuficiente aireación	Añadir pedazos de material de diferentes tamaños; voltear
	Pocos desechos verdes	Agregar desechos verdes.
Presencia de vectores (hormigas, moscas, roedores)	Demasiada humedad	Agregar residuos cafés como ramas.
	Pila seca	Agregar desechos húmedos o agua.

**Adaptado:** (Diputación Provincial de Barcelona, 2010, pp 25-26)

## **CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL LUGAR**

### **2.1 Información general de la Florícola Highland Blossoms**

El sector agrícola abarca la producción y cultivo de flores tales como rosas, flores de verano, flores tropicales, claveles entre otras. Siendo las rosas el producto más cotizado y de mayor demanda a nivel mundial.

Es por esta razón que hace aproximadamente dos décadas atrás, Ecuador decidió dedicarse al sector de la floricultura ya que descubrió su potencial para cultivar y exportar flores; debido a su biodiversidad geográfica y el clima que posee ya que estas características favorecen el crecimiento de muchas especies de flores, claveles, crisantemos, margaritas, entre otras (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, p.1).

La floricultura en el Ecuador produjo un cambio en las exportaciones, ya que en años anteriores estas se basaban en el petróleo, banano, café, cacao, mariscos. (Zambrano y Sandoya, 2003, p.2).

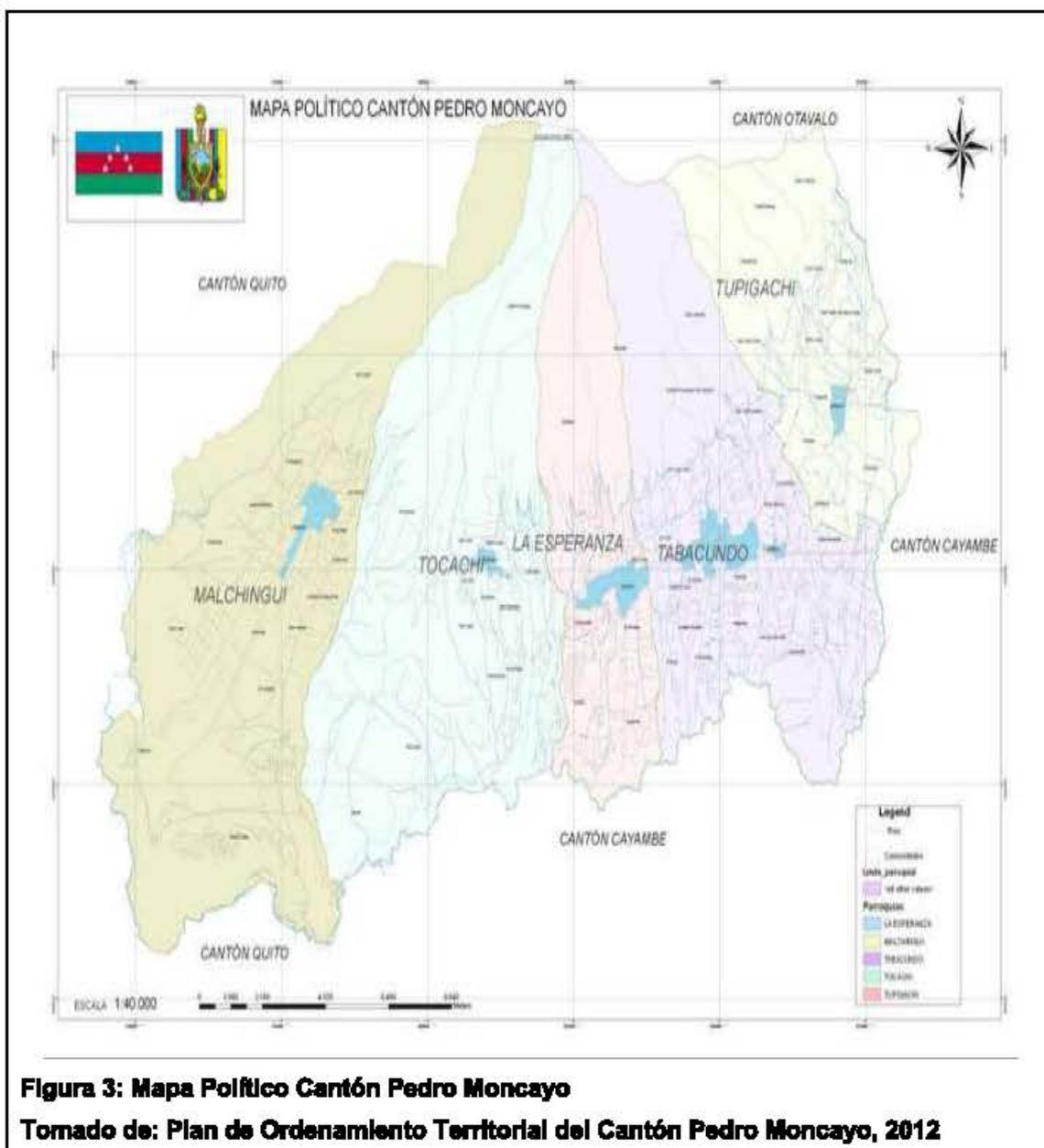
Es importante mencionar que el sector floricultor abrió nuevas posibilidades de trabajo para la población de Cayambe, Pedro Moncayo y Mejía, Pujilí, Latacunga, Salcedo, mejorando así el nivel de vida de las personas que trabajaban en las florícolas (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, p.1).

En la actualidad el cantón Pedro Moncayo, se considera uno de los sitios más productivos en exportación de flores, ya que en la parroquia de Tabacundo se localizan gran parte de las fincas.

El sitio donde se encuentra localizada la finca florícola Highland Blossoms, es en la Provincia de Pichincha, Cantón Pedro Moncayo, Parroquia Tabacundo, sector Angumba localizada al Norte-Este de la Provincia de Pichincha; la cual

está limitada al Norte por la Provincia de Imbabura, al Sur por el cantón Cayambe al Este por la Parroquia Tupigachi, al Oeste por la Parroquia Esperanza perteneciente al Cantón Pedro Moncayo.

Por la zona recorre la Quebrada de Angumba, caracterizándose a esta zona por ser un área rural. La florícola se encuentra a 2750 msnm, siendo su posición geográfica mediante coordenadas  $x=00^{\circ}03'37''$  Latitud Norte,  $y=78^{\circ}12,35'35''$ .



**Figura 3: Mapa Político Cantón Pedro Moncayo**

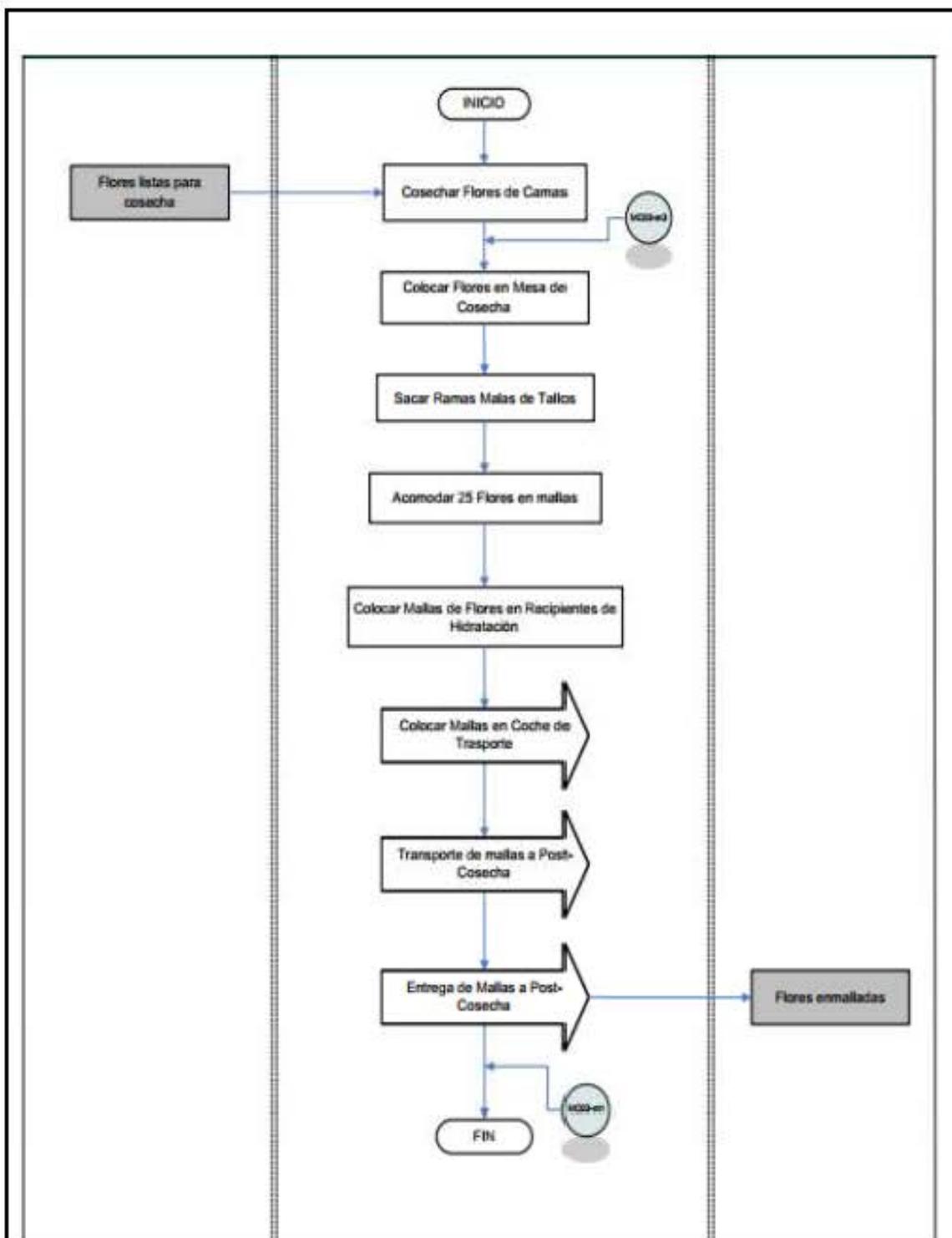
**Tomado de: Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Pedro Moncayo, 2012**

La finca Florícola Highland Blossoms cuenta con una extensión de 4.5 has, de las cuales 3.5 has son destinadas para cultivo y el resto se distribuye en: instalaciones administrativas, áreas verdes, postcosecha, bodega, comedor, reservorios, sanitarios, e incluso una determinada zona para el tratamiento de aguas residuales.

La empresa genera una gran cantidad de residuos vegetales diariamente provenientes de la postcosecha y zona de cultivo ya que en estas dos áreas se realizan actividades que generan estos residuos tales como:

- **En el manejo de cultivo:** se cuida y el cultivo y se realiza la cosecha de las flores para luego ser enviadas a la postcosecha.
- **Postcosecha:** aquí se recibe la flor de cultivada, se la hidrata y prepara la flor cosechada para ser empacada y enviada al mercado nacional e internacional.

A continuación se presenta en la figura 4 el diagrama de proceso del manejo y cultivo de rosas.



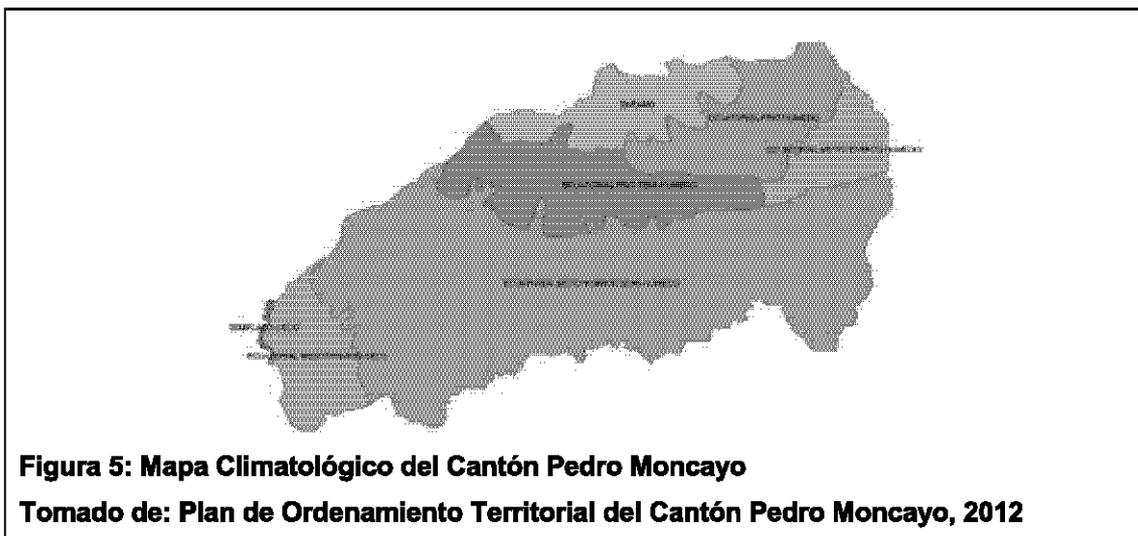
**Figura 4: Diagrama del proceso de manejo y cultivo de rosas**

**Tomado de: Estudio de Impacto Ambiental de Highland Blossoms, 2011**

## 2.2 Características físicas

### 2.2.1 Climatología

A continuación se presenta el mapa climatológico del Cantón Pedro Moncayo.



El Cantón Pedro Moncayo posee siete tipos de clima, predominando el Ecuatorial Mesotérmico Semihumedo con más de la mitad de la superficie de su territorio como se puede observar en el gráfico.

Gracias a la diversidad de climas que existen en este cantón los pobladores y empresarios pueden dedicarse a las distintas actividades económicas y ambientales las cuales favorecen a la sociedad y a la naturaleza.

El clima que prevalece en el barrio Angumba en donde se encuentra localizada la finca florícola Highland Blossoms es el clima Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo, el cual se encuentra entre altitudes de 2200 a 3050 msnm. La temperatura media anual oscila entre los 12y 19 °C, en cuanto a la precipitación media anual varía entre los 500 y 1000 mm.

La estación lluviosa es de tipo equinoccial, con una estación seca muy heterogénea que comprende los meses de julio a septiembre, abarca las áreas comprendidas entre Cayambe y Tabacundo.

### **2.2.2 Hidrología**

El principal sistema fluvial nace del nevado Cayambe, sin embargo otro sistema hídrico importante es el de Mojanda ya que este sistema cubre una extensión de 369 has agrícolas y abastece de agua para el consumo humano.

Sin embargo la finca florícola Highland Blossoms además de utilizar agua potable se abastece mediante el canal de riego Tabacundo, que llena en un 35% los dos reservorios teniendo así una capacidad de 15000 m<sup>3</sup> y el resto se lo llena mediante adecuaciones de canales para recepción de agua lluvias, facilitando así el consumo continuo y diario en los cultivos de flores.

### **2.2.3 Suelos**

En la superficie de la finca florícola Highland Blossoms existen dos tipos de suelos, el uno de tipo arenoso derivado de materiales volcánicos, poco meteorizados con baja retención de humedad y con menos de 1% de materia orgánica de 0 a 20 cm, por esta razón se adicionan materiales inertes destinados a mejorar las propiedades físicas del suelo: para ellos se elaboran camas altas de 32 cm de largo y 1.25 m adicionando gallinaza, cascarilla de arroz, entre otros sustratos de origen natural formado así la platabanda de sustrato con la finalidad de ser un medio de sostén para el sistema radicular manteniendo así la adecuada relación de aire/riego fertilizado.

### **2.3 Información preliminar**

Para proceder al levantamiento de información, es necesario conocer los diferentes mecanismos que son utilizados en la florícola para deshacerse de los residuos producidos.

- **Almacenamiento de los residuos**

Los trabajadores sacaban los residuos vegetales (tallos de rosas, pétalos) en coches, y los depositaban en un lugar específico con cubierta para que estos residuos se empiecen a descomponer sin ningún tratamiento previo.

Los residuos de la cocina eran depositados en un tacho de basura, para posteriormente ser recolectados mediante el carro recolector de basura.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

El estudio que se realizó en este trabajo, es de carácter descriptivo y prospectivo ya que sirvió para determinar el estado actual de los residuos sólidos orgánicos producidos por la finca Florícola Highland Blossoms para posteriormente ser aplicado y puesto en marcha con el debido control y monitoreo del mismo.

La información obtenida se obtuvo mediante guías de observación en la florícola, además de algunas reuniones con el gerente técnico y supervisora de la empresa.

### **3.1 Equipos y materiales**

A continuación se detalla los equipos y materiales que fueron utilizados en el presente trabajo:

- 3 lechos de compostaje de 120 cm de largo por 90 cm de ancho y 50 cm de altura.
- Residuos orgánicos de la cocina.
- Residuos orgánicos provenientes de la florícola como tallos de rosas, hojas, pétalos.
- Cascarilla de café.
- Melaza.
- Máquina trituradora TF-CH004.
- Termómetro de mercurio.
- Medidor de pH, humedad, luz del suelo marca Rosemount.

### **3.2 Metodología**

En el presente trabajo de investigación se desarrolló un proceso de compostaje, debido a que existe un alto porcentaje de generación de residuos

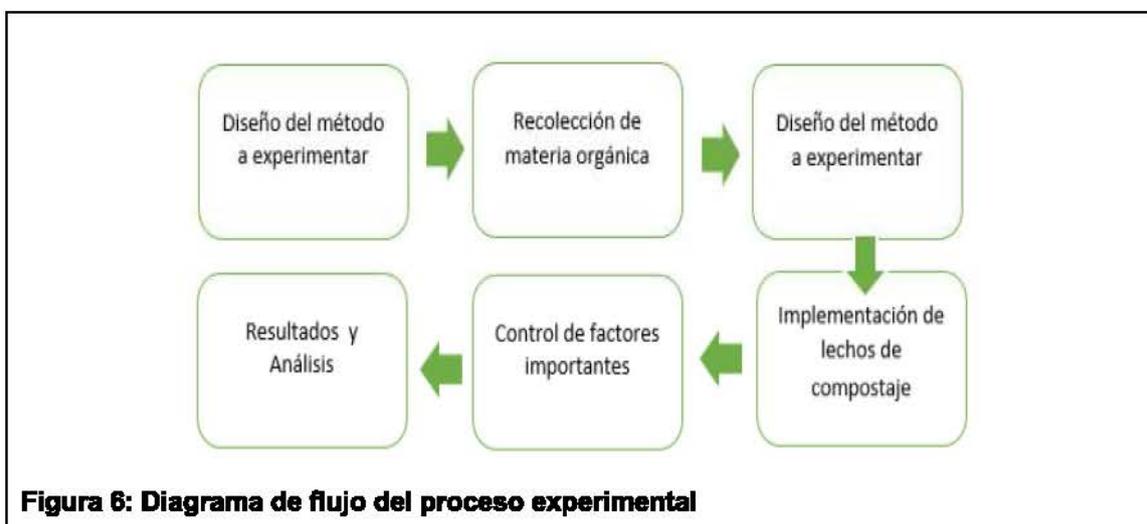
orgánicos provenientes de las distintas actividades que se realizan en la florícola Highland Blossoms, debido a la actividad comercial que existe en la zona. Para la producción del compost se utilizaron también los residuos orgánicos provenientes de la cocina de la misma empresa.

El proceso experimental inició con la recolección de datos acerca de la generación de residuos orgánicos provenientes de las distintas actividades como:

- desyeme
- pinch
- desbrote, entre otras;

A continuación se estableció y ejecutó un plan de recolección de materia orgánica proveniente de la cocina de la empresa. Una vez concluida con la etapa de recolección de los residuos orgánicos, se construyó tres lechos de compostaje.

Al final de todo el proceso se obtuvieron resultados de los parámetros controlados (temperatura, humedad, pH, relación C/N, carbono, nitrógeno), los mismos que fueron analizados para la formulación de conclusiones. En la figura 6 se describe el diagrama de flujo del diseño experimental.



**Figura 6: Diagrama de flujo del proceso experimental**

### **3.2.1 Caracterización de los residuos orgánicos vegetales**

Previo a los ensayos experimentales, se realizó como primer paso la caracterización de la materia prima (tallos de rosas), ya que son obtenidos en gran cantidad (69%) por parte de las distintas actividades que se desarrollan en la florícola Highland Blossoms.

La caracterización se la realizó en el laboratorio de la Universidad de Las Américas, sin embargo se llevó un pre tratamiento previo el cual consiste en:

- Cortar los tallos a un tamaño no más de 2cm.
- Colocar los tallos en una caja Petri.
- Pesar la muestra, y las cajas Petri por separado con ayuda de una balanza.
- Triturar cuatro muestras con ayuda de un molino.

Luego de haber realizado este pre tratamiento, se puede continuar con el proceso para determinar la humedad, materia volátil, cenizas de los residuos vegetales. Es importante mencionar que se trabajó con muestras trituradas y no trituradas, para saber si los resultados obtenidos eran contantes o si existió algún cambio.

#### **3.2.1.1 Determinación de humedad mediante el método estándar ASTM D 5142-02a**

Para la determinación de la humedad, se colocó la muestra en un crisol sin tapa y se pesó con ayuda de una balanza. Se debe tener precalentado el horno a 105 °C, para poder colocar el crisol sellado con la muestra en su interior durante una hora. A continuación se retiró la tapa del crisol rápidamente y se dejó enfriar la muestra en un desecador a temperatura ambiente. Se debe pesar la muestra con ayuda de una balanza, cuando la muestra se encuentre fría.

Para obtener el valor correspondiente a la humedad se aplicó la siguiente fórmula:

$$M = ((W - B)/W) \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde: W= peso de la muestra fresca húmeda

B= peso de la muestra seca



### 3.2.1.2 Determinación de materia volátil mediante el método estándar ASTM D 5142-02a

Para la determinación de materia volátil, se utilizó la misma muestra que se obtuvo para la determinación de humedad. Se precalentó la mufla a una temperatura de 888 °C, para poder colocar el crisol sellado con la muestra en su interior durante 7 min. A continuación se retiró el crisol sellado y se lo coloca en un desecador a temperatura ambiente para que se enfríe. Luego se pesa la muestra con ayuda de una balanza previamente equilibrada.

Para obtener el valor correspondiente de materia volátil se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = ((B - C)/W) \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde: W= peso de la muestra fresca

B= peso de la muestra después de secar

C= peso de la muestra después de ser sometida a la mufla



### 3.2.1.3 Determinación de ceniza mediante el método estándar ASTM D 5142-02a

Para la determinación de ceniza, se utilizó la misma muestra que se obtuvo para la determinación de humedad. Se precalentó la mufla a una temperatura de 450 ° C, en seguida se colocó el crisol sellado con la muestra en su interior durante 1 hora. Se debe repetir el paso 2 antes mencionado pero ahora a una temperatura de 700 ° C durante 2 horas para poder observar si a estas temperaturas las muestras alcanzan un peso constante. Se retiró los crisoles

de la mufla y se las colocó en un desecador a temperatura ambiente para que se enfríen. Luego de haberse enfriado el crisol se pesó con ayuda de una balanza previamente calibrada.

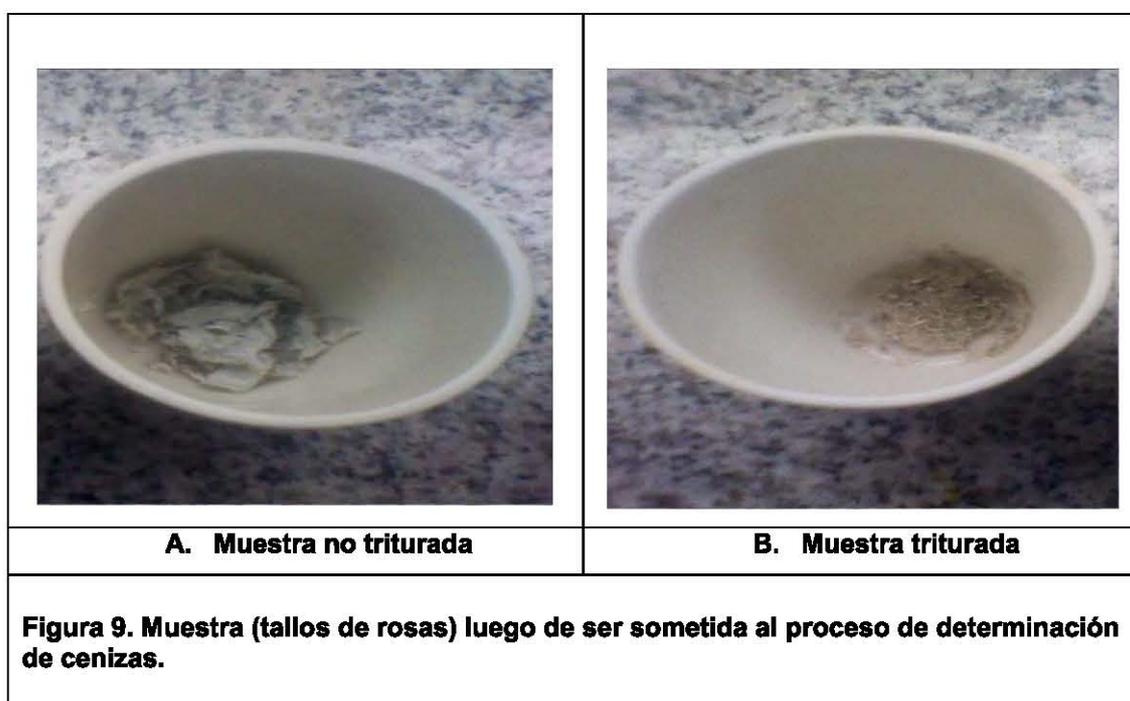
Para obtener el valor correspondiente de ceniza se aplicó la siguiente formula:

$$A = ((F - G)/W) \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde: W= peso de la muestra utilizada

F= peso de la muestra luego de ser sometida a la mufla

G= peso del crisol vacío



### 3.2.2 Diseño Experimental

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar las causas y efectos de una investigación experimental. Mediante la manipulación de variables de entrada de un proceso, con el fin de analizar los efectos producidos en las variables respuesta.

Se utilizó para esta investigación el diseño experimental aleatorio de tres factores. Su objetivo fue analizar cómo influye el efecto de los tres factores sobre las variables de respuesta.

Se analizó un método de compostaje con tres réplicas, en cada compostero se analizó la evolución del proceso de descomposición mediante un control de los factores involucrados como:

- Temperatura
- pH
- Humedad
- Relación C/N
- Aireación

Al término de 12 semanas se evaluó el método de compostaje realizado de acuerdo al tiempo de obtención del compost maduro y la calidad del producto final.

A continuación se describe el diseño factorial del experimento.

Factores	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Residuos vegetales	K	K	K
Cascarilla de café	$X_{C1} = 10 \text{ cm}$	$X_{C2} = 5 \text{ cm}$	$X_{C1} = 12 \text{ cm}$
Residuos de cocina	$X_{R1} = 10 \text{ cm}$	$X_{R2} = 15 \text{ cm}$	$X_{R3} = 8 \text{ cm}$
Melaza	$X_{M1} = 1 \text{ l}$	$X_{M2} = 0.5 \text{ l}$	$X_{M3} = 1 \text{ l}$

### 3.2.3 Ubicación de los lechos de compostaje

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la florícola Highland Blossoms, ubicado en la parroquia Tabacundo en el sector Angumba.

El gerente técnico de la florícola proporcionó un espacio físico y los instrumentos necesarios para la elaboración y control de los parámetros in situ.

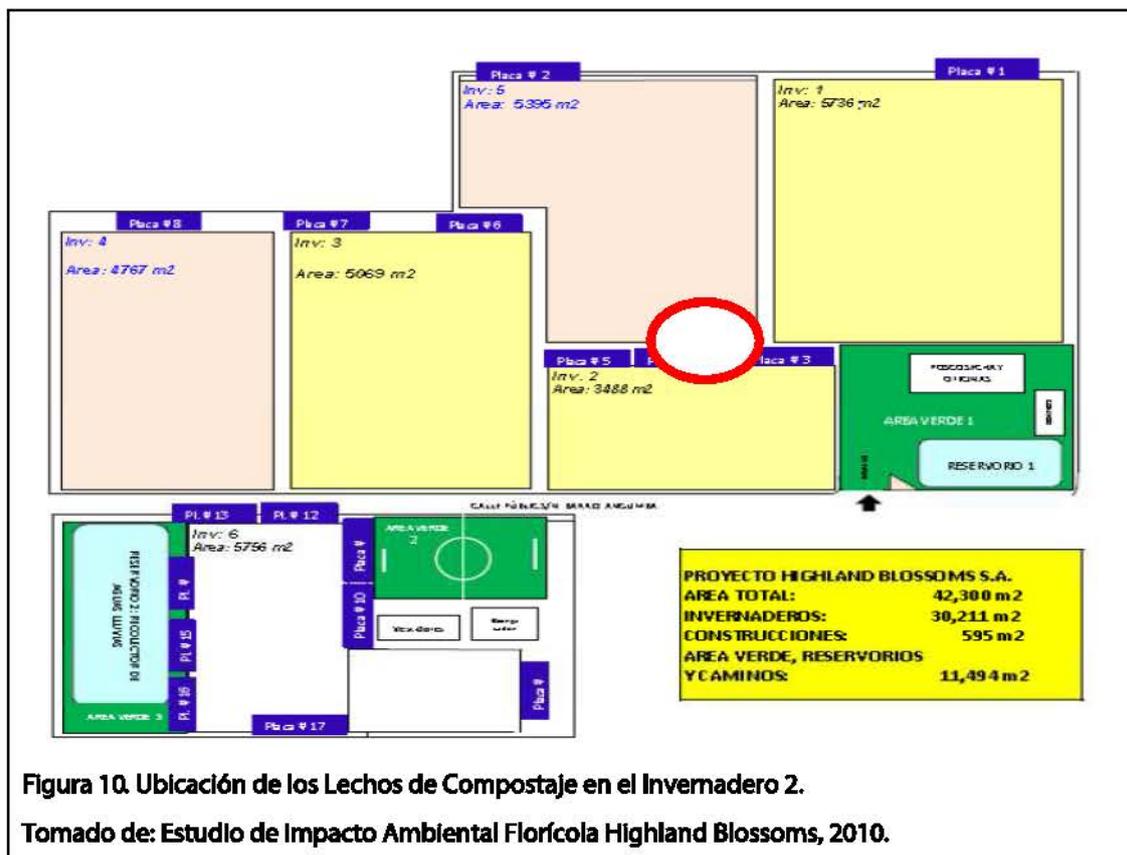
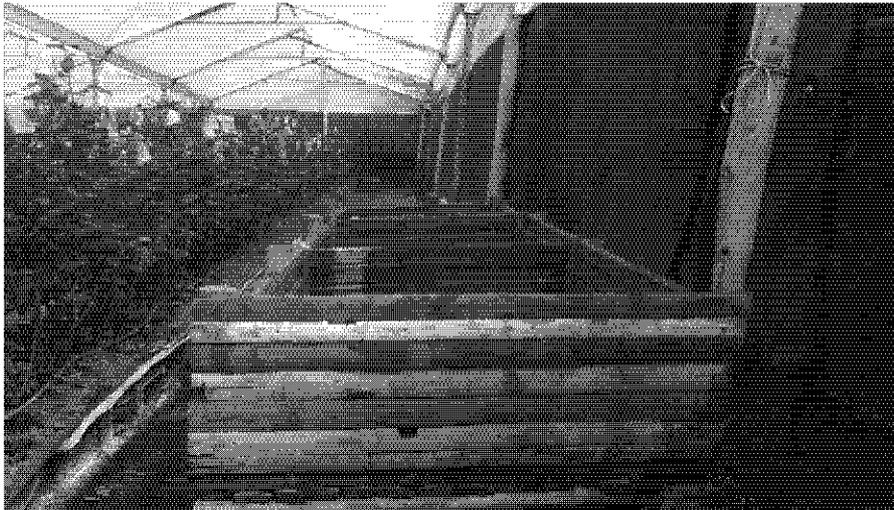


Figura 10. Ubicación de los Lechos de Compostaje en el Invernadero 2.

Tomado de: Estudio de Impacto Ambiental Florícola Highland Blossoms, 2010.

### 3.2.4 Construcción de los lechos de compostaje

La construcción de los tres lechos de compostaje se los realizó dentro de la Florícola Highland Blossoms, específicamente en el bloque dos en la parte superior de éste. En la figura 11 se puede observar la ubicación de los lechos de compostaje en el terreno.



**Figura 11: Ubicación de los lechos de compostaje.**

El siguiente paso fue la construcción de los lechos de compostaje con los siguientes materiales enlistados a continuación:

- 76 tiras de pambil
- 10 palos de madera de
- 100 Clavos
- Plástico transparente

Se construyeron tres lechos de compostaje de forma rectangular cuyas dimensiones fueron de 1.20 cm de largo por 0.90 cm de ancho y 0.50 cm de alto, los tres lechos fueron construidos con tiras de pambil. El volumen de cada lecho de compostaje es de 0.5 m<sup>3</sup>.

Cada lecho tiene 6 soportes de madera, uno por cada esquina y dos en la parte inferior.

Las dimensiones del lecho fueron establecidas de esa manera ya que ocupan un espacio mínimo, y pueden ser construidas en la parte superior de los invernaderos de la florícola sin ningún inconveniente por el espacio a ocupar.

### **3.3 Materiales para compostaje**

#### **3.3.1 Plan de recolección de desechos orgánicos**

Se realizó una recolección de los residuos orgánicos vegetales (residuos de cosechas, pinch, postcosecha, cultivo) cada dos días; los residuos generados por las distintas actividades antes mencionadas de la florícola Highland Blossoms. Estos residuos provienen en grandes cantidades tanto del cultivo como de la postcosecha de rosas, que en muchas ocasiones se las desperdicia causando contaminación al ambiente.

En cuanto a la recolección de residuos orgánicos (sin carne) de la cocina, se le entregó a la señora encargada un balde de 18lts en la mañana y retirados en la tarde del mismo día. Se realizó un registro del peso diario de las fundas (Ver Anexo 1 Registros de peso de materia orgánica y residuos vegetales recolectados). Los promedios de generación obtenidos se detallan en el capítulo de Resultados sección 4.1.

#### **3.3.2 Armado de las pilas de compostaje**

Para la conformación de las pilas de compostaje se siguieron los siguientes pasos:

##### **3.3.2.1 Triturado de desechos orgánicos**

Una vez recolectados los residuos, estos fueron triturados con ayuda de la maquina picadora.



**Figura 12: Residuos Orgánicos recolectados en la cocina**

Además, se trituraron los residuos vegetales (residuos de cosechas, desbrote, pinch, postcosecha, cultivo, desbrotos) generados por las distintas actividades antes mencionadas en la florícola Highland Blossoms, con ayuda de la máquina trituradora.

### **3.3.2.2 Conformación de la pila de compostaje**

Para armar la pila de compostaje se utilizó materia orgánica húmeda, cascarilla de café, residuos vegetales (tallos de rosas, pétalos). En el fondo de cada lecho se construyó una base de residuos vegetales previamente triturados.

La distribución de los desechos dentro de los lechos de compostaje se describe a continuación:

Factores	Lecho 1	Lecho 2	Lecho 3
Residuos vegetales	K	K	K
Cascarilla de café	$X_{C1}= 10 \text{ cm}$	$X_{C2}= 5 \text{ cm}$	$X_{C1}= 12 \text{ cm}$
Residuos de cocina	$X_{R1}= 10 \text{ cm}$	$X_{R2}= 15 \text{ cm}$	$X_{R3}= 8 \text{ cm}$
Melaza	$X_{M1}= 1 \text{ l}$	$X_{M2}= 0.5 \text{ l}$	$X_{M3}= 1 \text{ l}$

### 3.3.2.3 Control de parámetros de medición

La temperatura ambiente que existe en el sector Angumba en donde se encuentra localizada la Finca Florícola Highland Blossoms es de 12°C, la temperatura bajo invernadero es de 19°C.

La temperatura se midió con la ayuda de un termómetro de mercurio. Ésta fue una medición in situ. Durante las tres primeras semanas se realizaron 3 mediciones diarias (7 am, 11 am y 2 pm de lunes a sábado) por cada lecho; posteriormente se midió la temperatura a las 8 am y 1 pm diariamente hasta que el proceso se encuentre estable durante 12 semanas. Se calculó un promedio de los valores obtenidos.

Para registrar los valores de temperatura se introdujo el termómetro a 20 cm de profundidad, en línea recta, en distintos puntos del lecho.



**Figura 13: Medición de la temperatura en los lechos de compostaje.**

Para medir el pH se utilizó un medidor de pH de marca Rosemount, la medición se la realizo in situ. Se realizaron 6 mediciones por cada lecho de compostaje diariamente, por un tiempo de 12 semanas.

Otro método de medición fue con las tiras medidoras de pH. Para esto se colocó 10 gr de suelo en un vaso de precipitación de 50 mL; se añadió 25 mL de agua destilada y a continuación se agitó con una varilla de vidrio durante 5

min; luego se dejó reposar por 30 min. Con mucho cuidado se utilizó una tira medidora de pH y se la introdujo dentro del vaso de precipitación.



**Figura 14: Medición del pH en los lechos de compostaje**

Para medir el parámetro humedad en los lechos de compostaje se utilizó el medidor de humedad Rosemount, la medición se la realizó in situ. Se realizaron seis mediciones por cada lecho de compostaje semanalmente, por un tiempo de 12 semanas.



**Figura 15: Equipo con el que se midió la humedad**

Para el cálculo de la relación carbono nitrógeno se la realizó dos veces. Se analizó antes del proceso de compostaje, y una vez concluidas las 12

semanas. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio de suelos especializado de Agrocalidad, los métodos utilizados fueron de Kjeldahl y White and Black (Registro 131178; 131179; 14102; 14103).

Para el cálculo del carbono, se realizó una vez por semana a lo largo de todo el proceso de compostaje durante 12 semanas. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio especializado de Agrocalidad, el método utilizado fue el de cálculo (Registro 131178; 131179; 14102; 14103).

Para obtener el valor de nitrógeno, se realizó una vez por semana a lo largo de todo el proceso de compostaje durante 12 semanas. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio especializado de Agrocalidad, el método utilizado fue el de Dumas (Registro 131178; 131179; 14102; 14103).

Para determinar la cantidad de fósforo, se analizó al inicio y final del proceso de compostaje. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio especializado de Agrocalidad, el método analítico utilizado fue el Colorimétrico. (Registro 131178; 131179; 14102; 14103).

Para obtener el valor de materia orgánica, se analizó al inicio y final del proceso de compostaje. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio especializado de Agrocalidad, el método analítico utilizado fue el Volumétrico (Registro 131178; 131179; 14102; 14103).

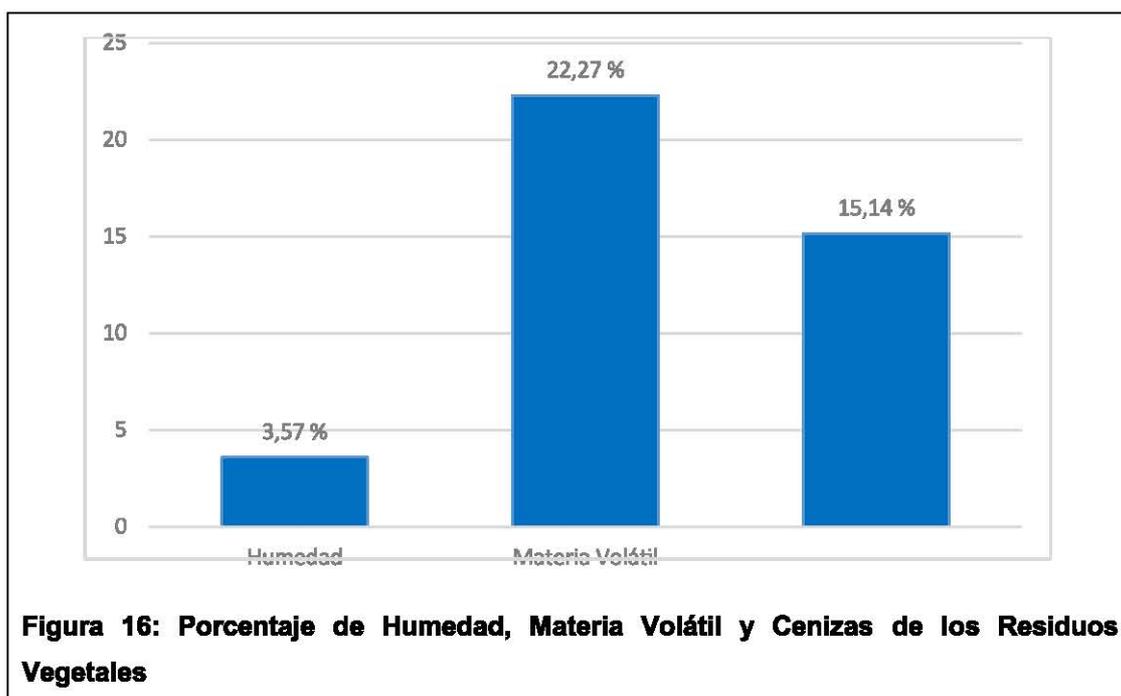
## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Caracterización de los residuos vegetales (tallos de rosas)

A continuación se presentan los datos obtenidos en cuanto a humedad, material volátil y cenizas.

Caracterización de los residuos vegetales	
	Concentración %
Humedad	3.57
Materia Volátil	22.27
Cenizas	15.14

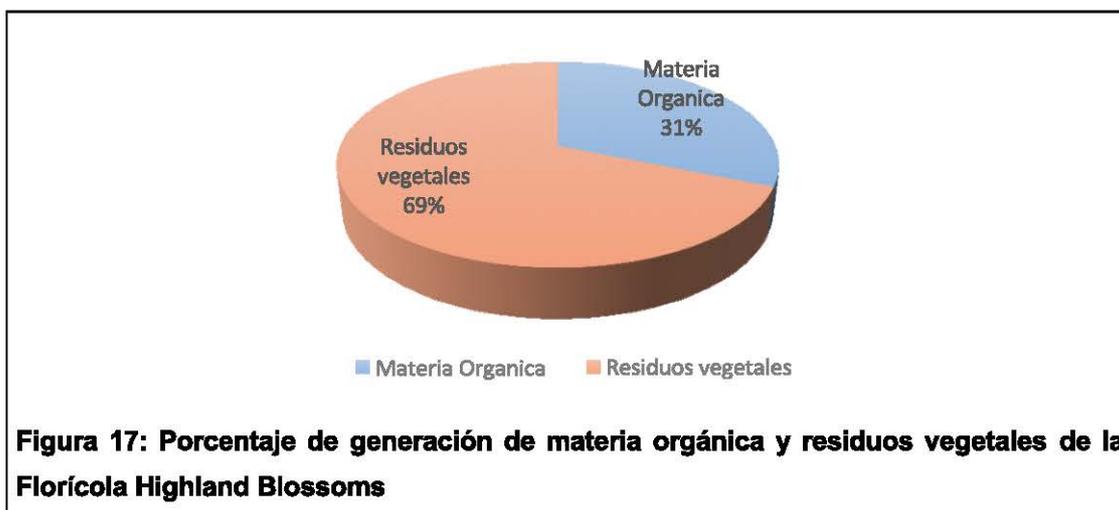
En la figura 16 se puede observar los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos vegetales.



Los resultados de la presente investigación en cuanto a los lechos de compostaje fueron obtenidos en el mismo sitio en donde se desarrolló el experimento (humedad, pH, temperatura) y los demás fueron obtenidos en un laboratorio especializado.

## 4.2 Generación de residuos orgánicos en la Florícola Highland Blossoms

Se pesaron los residuos orgánicos de la cocina recolectados diariamente de la Finca Florícola y los residuos vegetales (Ver Anexo 1 Registros de peso de Materia Orgánica Recolectada y Residuos Vegetales), obteniendo los siguientes porcentajes de generación:



En base a los datos obtenidos sobre la generación de residuos orgánicos de cocina y los residuos vegetales, se determinó que en la florícola el 68,71% de los residuos corresponden a los vegetales y el 31,29% a los residuos orgánicos provenientes de la cocina. Los promedios de generación de residuos sólidos orgánicos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Promedio de generación de residuos orgánicos en la florícola Highland Blossoms.

Tipo de Residuos	Generación diaria (kg)	Porcentaje (%)
Materia orgánica	9,63	31,29%
Residuos vegetales	21,15	68,71%
<b>Total</b>	<b>30,78</b>	<b>100%</b>

### 4.3 Temperatura de los lechos de compostaje

Luego de medir 6 veces en distintas partes del lecho se determinó el promedio aritmético, esos valores se reportan en la siguiente tabla.

**Tabla 4: Temperatura (°C) promedio de cada lecho, durante el proceso**

Semanas	Lecho 1	Lecho 2	Lecho 3
0	16.8	16.8	16.8
1	25	27	23
2	70	70	63
3	25	27	30
4	23	25	26
5	23	21	23
6	22	20	20
7	22	21	21
8	20	21	20
9	19	19	19
10	19	19	19
11	19	19	19
12	19	19	19

### 4.4 Humedad de los lechos

El promedio aritmético de este parámetro se lo obtuvo luego de medir en 6 partes distintas del lecho de compostaje, esos valores se reportan en la tabla 5.

**Tabla 5: Variación de la humedad (Hr. en %) en los lechos de compostaje**

<b>Semanas</b>	<b>Lecho 1</b>	<b>Lecho 2</b>	<b>Lecho 3</b>
0	65	65	65
1	62	65	70
2	59	61	70
3	65	57	65
4	60	60	58
5	50	55	53
6	53	52	60
7	55	57	57
8	61	60	60
9	57	57	60
10	50	60	61
11	62	60	65
12	60	62	60

**4.5 pH**

Sirve para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos. El promedio aritmético de este parámetro se lo obtuvo luego de medir en 6 partes distintas del lecho de compostaje, esos valores se reportan en la tabla 6.

**Tabla 6:pH de los lechos de compostaje**

<b>Semanas</b>	<b>Lecho 1</b>	<b>Lecho 2</b>	<b>Lecho 3</b>
0	6.8	6.8	6.8
1	6.6	6.5	6.6
2	5.9	6.1	5.6
3	7.1	7.1	7.3
4	7.1	7.5	7.2
5	7.4	7.1	7.5
6	7.8	7.4	7.8
7	7.8	7.8	7.9
8	8	7.8	8
9	7.8	8	8
10	7.7	7.7	7.5
11	7.6	7.6	7.6
12	7.6	7.6	7.5

#### 4.6 Carbono

Sirve para conocer la estabilidad estructural, el desarrollo de los microorganismos en los lechos. Para obtener estos valores se envió las muestras a un laboratorio certificado. Estos valores se reportan en la tabla 7.

**Tabla 7: Contenido de carbono (%)**

<b>Semanas</b>	<b>Lecho 1</b>	<b>Lecho 2</b>	<b>Lecho 3</b>
0	37,5	37,6	35,5
1	37,5	37,7	35,7
2	37,7	37,9	35,8
3	38,1	38,1	35,9
4	38,4	38,4	36,1
5	38,6	38,7	36,3
6	38,6	38,9	36,3
7	38,8	39,1	36,6
8	39,1	39,1	36,9
9	39,4	39,2	37,2
10	39,5	39,2	37,5
11	39,8	39,2	37,5
12	39,8	39,2	37,7

#### 4.7 Nitrógeno

Permite inferir la existencia de algún nivel de toxicidad a nivel foliar. Para obtener estos valores se envió las muestras a un laboratorio certificado. Estos valores se reportan en la tabla 8.

**Tabla 8: Contenido de nitrógeno (%)**

<b>Semanas</b>	<b>Lecho 1</b>	<b>Lecho 2</b>	<b>Lecho 3</b>
0	1,55	1,88	1,77
1	1,57	1,95	1,89
2	1,58	2,21	2,15
3	2,60	2,25	2,19
4	2,62	2,33	2,21
5	2,64	2,57	2,27
6	2,65	2,71	2,31
7	2,65	2,75	2,37
8	2,66	2,81	2,40
9	2,68	2,84	2,45
10	2,70	2,87	2,47
11	2,72	2,92	2,55
12	2,72	2,92	2,55

#### **4.8 Relación Carbono/Nitrógeno**

Consecuentemente, con la variación de los elementos carbono y nitrógeno la relación C/N también sufre variaciones; como se puede observar en la tabla 9.

**Tabla 9: Relación C/N**

<b>Semanas</b>	<b>Lecho 1</b>	<b>Lecho 2</b>	<b>Lecho 3</b>
0	24,19	20	20,06
1	23,88	19,33	18,89
2	23,86	17,15	16,65
3	14,65	16,9	16,26
4	14,3	14,03	14,1
5	14,45	15,05	15,9
6	14,57	14,35	15,71
7	14,64	14,22	15,44
8	14,59	13,9	15,38
9	14,7	14,56	15,18
10	14,63	14,67	15,18
11	14,87	15,89	14,7
12	15,17	16,8	15,56

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **5.1 Sobre la caracterización de humedad, materia volátil y cenizas de los residuos vegetales**

Los parámetros analizados de los residuos vegetales nos permitieron determinar las características, lineamientos para la reducción, así como los parámetros de operación dentro del proceso de compostaje.

La caracterización de los residuos vegetales dio como resultados un 3.57% de humedad, 22.27% de materia volátil, 15.14% de cenizas. Mediante la obtención de estos resultados, se determinó que los tallos de rosas contienen un alto porcentaje de formación de cenizas. Es por esta razón que a este parámetro se lo tomó muy en cuenta durante el proceso de compostaje, ya que si los lechos no contaban con un porcentaje óptimo de humedad, se podía observar con en el centro del lecho los residuos vegetales empezaban a convertirse rápidamente en ceniza debido al calor existente en la zona central del lecho. Por tal motivo la humedad fue controlada diariamente durante las cuatro semanas iniciales

### **5.2 Variables de Respuesta en función del tiempo de compostaje y tipo de tratamiento.**

En esta sección se analizan los resultados obtenidos en cada parámetro evaluado, de acuerdo al tipo de tratamiento, en cada lecho de compostaje.

### 5.2.1 Temperatura de compost en función del tiempo de operación y tipo de tratamiento.

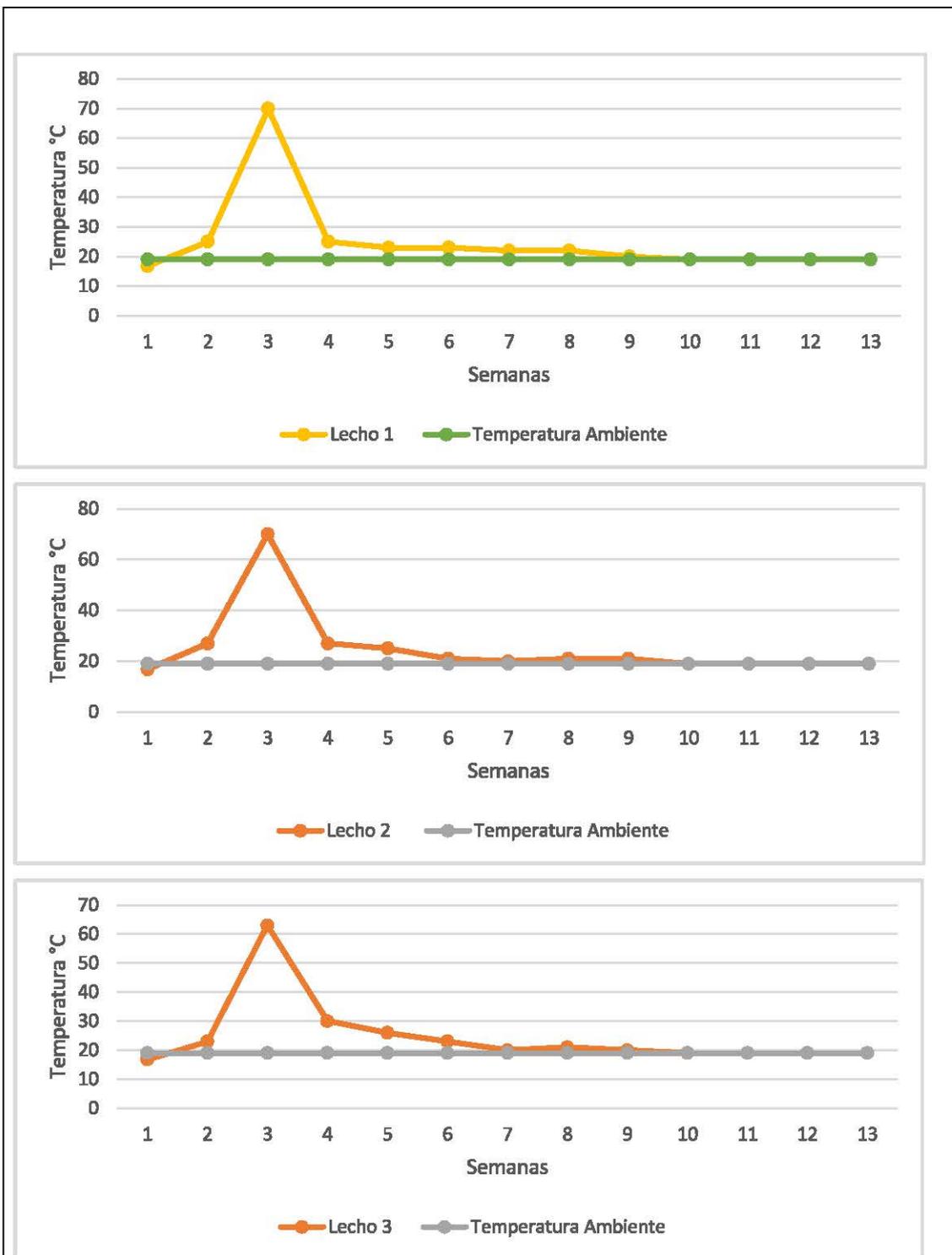


Figura 18: Temperatura vs tiempo vs tipo de tratamiento.

Como se puede evidenciar en la figura 18, los tres lechos cumplieron con las fases necesarias para una correcta evolución en cuanto al proceso de compostaje.

- Fase mesofílica (40°C), al final de la cual se producen ácidos orgánicos.
- Fase termófila (40 °C a 60°C)
- Fase de enfriamiento (regresa a una temperatura inicial)

A continuación se describe el desarrollo de la temperatura en cada lecho:

- Lecho 1: en este lecho se registró en la semana 2 un incremento de temperatura elevado (70°C), a esta temperatura se puede evidenciar la existencia de actividad microbiana ya que los microorganismos generan calor aumentando la temperatura del material. Es importante mencionar que la temperatura ambiente del lugar es de 19°C, por esta razón se puede observar que el lecho cumple con las distintas fases necesarias de temperatura. En las últimas semanas se evidencia una temperatura promedio de 20 °C.
- Lecho 2: sucede lo mismo que en el lecho 1, en la semana 2 alcanza una temperatura máxima de 70°C. En las últimas semanas se evidencia una temperatura promedio de 20°C, por lo tanto se puede decir que tuvo el mismo comportamiento que el lecho 1.
- Lecho 3: en este lecho se puede observar que en la semana 2 logra alcanzar una temperatura de 63°C. En las últimas semanas se evidencia una temperatura promedio de 19°C.

Al inicio del proceso se observó que el material que se va a compostar en los tres lechos se encuentra a una misma temperatura, pero al crecer los microorganismos generan calor aumentando la temperatura del material de los lechos. El síntoma más evidente de la existencia de actividad microbiana es el incremento de temperatura de la masa que se encuentra compostando (Liang, Das, McClendon, 2003, p 25).

Se puede evidenciar que los lechos pasan a través de varios cambios de temperaturas durante el período activo de compostaje (mayor actividad microbiana ya que la materia orgánica es fácilmente descompuesta).

A medida que la temperatura cambia, las condiciones se vuelven adecuadas para algunos microorganismos e inadecuadas para otros. Ya que existe una relación directa entre la degradación y el tiempo durante el cual la temperatura ha sido alta; es importante mencionar que cuando la temperatura alcanza niveles muy altos, se inhibe el crecimiento de los microorganismos, conociéndose este fenómeno como suicidio microbiano (Moreno y Morral, 2007, p 96). Para esto es necesario controlar la humedad de cada lecho, manteniéndola estable durante el proceso para obtener un compost listo para su utilización (Ceustermans, et. all, 2010, p.118).

Dentro del proceso de compostaje, los microorganismos tienen funciones específicas en cada una de las fases anteriormente mencionadas. Cada especie de microorganismos tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva: 15-40 °C para los microorganismos mesófilos y 40-70 °C para los termófilos. Es por esta razón que los microorganismos que resulten beneficiados por una temperatura concreta descompondrán la materia orgánica existente en los residuos; produciendo desprendimiento de calor (Moreno y Morral, 2007, p 96).

De los resultados obtenidos, se puede deducir que los tres tratamientos cumplieron con las fases necesarias para un correcto desarrollo microbiano del compostaje: mesofílica y termofílica (Adediran, Taiwo, y Sobulo, 2003; Agnew y Leonard, 2003; Heribert Insam, Franke-Whittle, y Goberna, 2010).

Es importante mencionar que los lechos cumplieron con las fases de temperatura debido a que se encuentran localizados bajo invernadero y la temperatura ambiente en el interior de éste es de 19 °C, es por esta razón que existieron las condiciones adecuadas para que los microorganismos

descompongan el material más fácilmente degradable y se produzca un aumento de su población. El calor generado por la respiración y actividad microbiana fue atrapado por el material vegetal (tallos de rosas, hojas, pétalos) del lecho, y a medida que el calor se acumuló, la temperatura empezó a subir provocando un aumento y diversificación de la población microbiana.

Por esta razón en los tres lechos se obtuvo promedios superiores a los 50°C, sin embargo es importante recalcar que se obtuvo temperaturas altas durante una semana y luego desciende notablemente, la temperatura alta asegura que existió una intensa actividad microbiana y una eliminación de agentes patógenos, larvas y semillas de malas hierbas (United States Department of Agriculture, 2010, p. 2-5).

A partir de la tercera semana la temperatura en los lechos 1 y 2 descendió notablemente de 70°C a 25°C y 26°C, debido a una reducción de las actividades metabólicas de los microorganismos, por el agotamiento del material fácilmente degradable y a la presencia de oxígeno (Bueno, 2010, pp. 24-26).

Cuando la temperatura disminuyó se produjo una estabilización de los productos resultantes del período activo, esta fase incluye la descomposición adicional de los ácidos orgánicos y la formación de compuestos húmicos (Miyatake y Iwabuchi, 2006, p. 12).

A partir de la quinta semana empieza la etapa de enfriamiento hasta llegar a la temperatura inicial de 19°C, es importante mencionar que en esta semana el material que se utilizó en cada lecho se encuentra ya descompuesto y solo quedan algunos tallos de rosas por terminar de descomponerse.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar que los tratamientos 1 y 2 son óptimos en términos de temperatura. En cambio el tratamiento 3 fue el menos eficaz, ya que en la semana 2 alcanzó una temperatura de 63°C, sin. Esto se debió principalmente a los altos porcentajes de humedad, lo que provocó una disminución de los niveles de oxígeno

presentes en comparación con el resto de lechos y una baja actividad metabólica debido a que en este lecho se colocó 8 cm de materia orgánica.

### 5.2.2 Humedad del compost en función del tiempo de operación y tratamiento

Dentro el proceso de compostaje el agua es un componente esencial para la supervivencia de los microorganismos, los cuales requieren de un entorno acuoso para poder mover y transportar los nutrientes (Moreno y Morral, 2007, p 96). Los promedios de humedad registrados durante las 12 semanas, en los lechos de compostaje se describen en la figura 19.

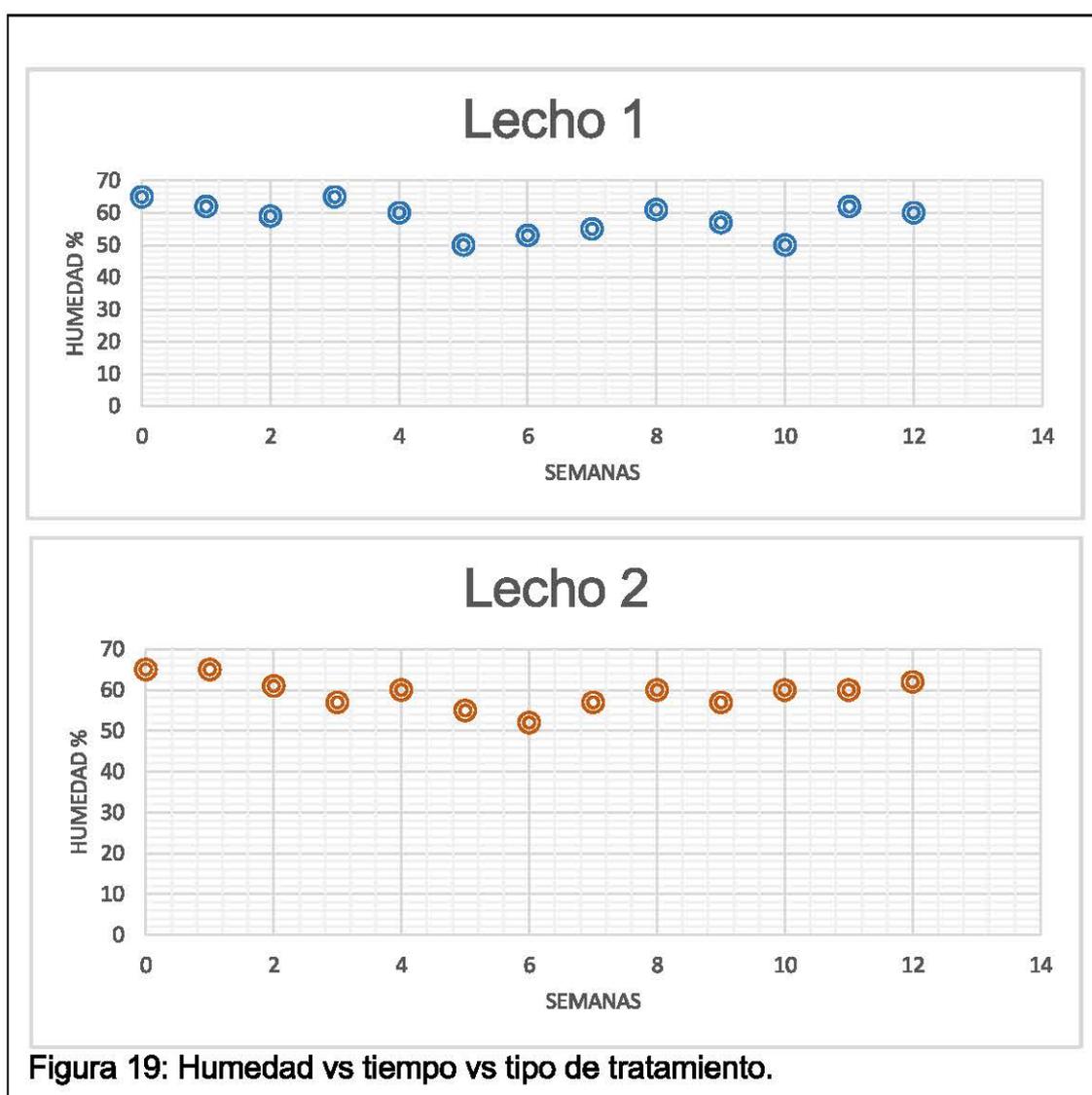
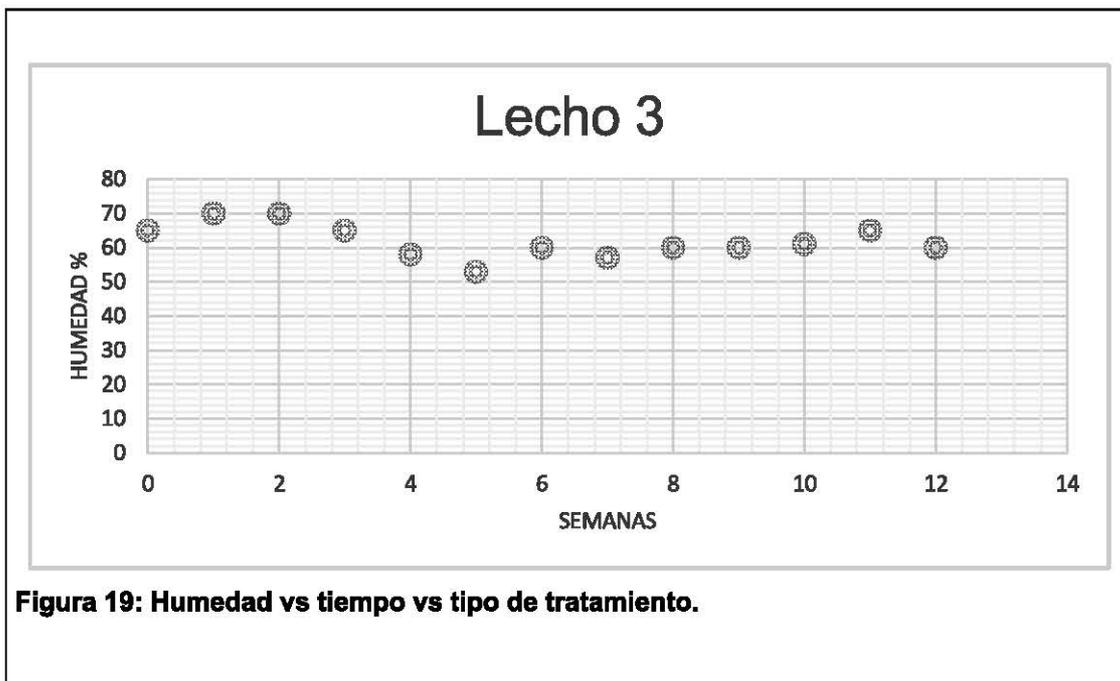


Figura 19: Humedad vs tiempo vs tipo de tratamiento.



El contenido de humedad requerida para los procesos de compostaje debe ser el ideal entre la humedad necesaria para la supervivencia de los microorganismos y el adecuado para que el oxígeno fluya y poder mantener las condiciones aerobia (Yoshii, Moriya y Oshima, 2013, pp. 121-122).

La humedad recomendada debe estar en el intervalo de 40% a 65%; por debajo del 15% de humedad, la actividad microbiana cesa por completo (Ekinci, Keener y Elwell, 2004, p.24).

La humedad afecta a la composición y actividad de la población microbiana, ya que se encuentra relacionada con la evolución de la temperatura y el grado de descomposición del material orgánico. La humedad varía según el método de compostaje, el tamaño de la pila y la composición del material orgánico que se utilice en el proceso (Cronje, Turner y Williams, 2003, p. 17).

A continuación se describe el desarrollo de la humedad en cada lecho:

- Lecho 1: la humedad durante la semana 2, cuando se registra una temperatura de 70°C es de 59%. Al final del proceso se registró un promedio de 57,3% de humedad.

- Lecho 2: la humedad durante la semana 2, cuando se registra una temperatura de 70°C es de 61%, al finalizar el proceso se registró un promedio de 60,7%.
- Lecho 3: inicio con un promedio de 68,3%, al finalizar el proceso se registró un promedio de 62%.

Dentro del compostaje el control de la humedad es un factor indispensable para el desarrollo del proceso ya que determina el avance y el tiempo en el que la materia orgánica es degradada. Un mal control de la humedad llevará al compost a condiciones anaerobias y producción de malos olores (Tognetti, Mazzarino y Laos, 2007).

Durante la actividad metabólica de los microorganismos, ocurre un incremento de la temperatura en especial en la fase termófila, por consiguiente, existe una disminución del porcentaje de humedad, debido a la evaporación directa (Tiquita, 2002), sin embargo para evitar una gran pérdida de humedad en los lechos, estos fueron cubiertos con plástico transparente. Es importante mencionar que la humedad fue controlada y monitoreada semanalmente durante las 12 semanas que duró el proceso de compostaje.

Al finalizar los procesos de compostaje en los lechos, los niveles de humedad disminuyeron, en relación a los valores de humedad iniciales. Todos los tratamientos se encontraron dentro de los rangos aceptables de humedad durante las 12 semanas, ya que la humedad (entre 50-60%) es un factor crítico para la descomposición de la materia orgánica (Insam, Franke-Whittle, y Goberna, 2009).

De acuerdo a la información recolectada se puede concluir que los tratamientos 1 y 2 tuvieron una mejor evolución en términos de humedad, se debe recordar que estos mismos registraron los rangos óptimos de temperatura, superando los 65°C durante la segunda semana.

### 5.2.3 pH del compost en función del tiempo de operación y tratamiento

Los promedios de pH de cada lecho, durante las 12 semanas que duró el proceso, se describen en la siguiente figura 20:

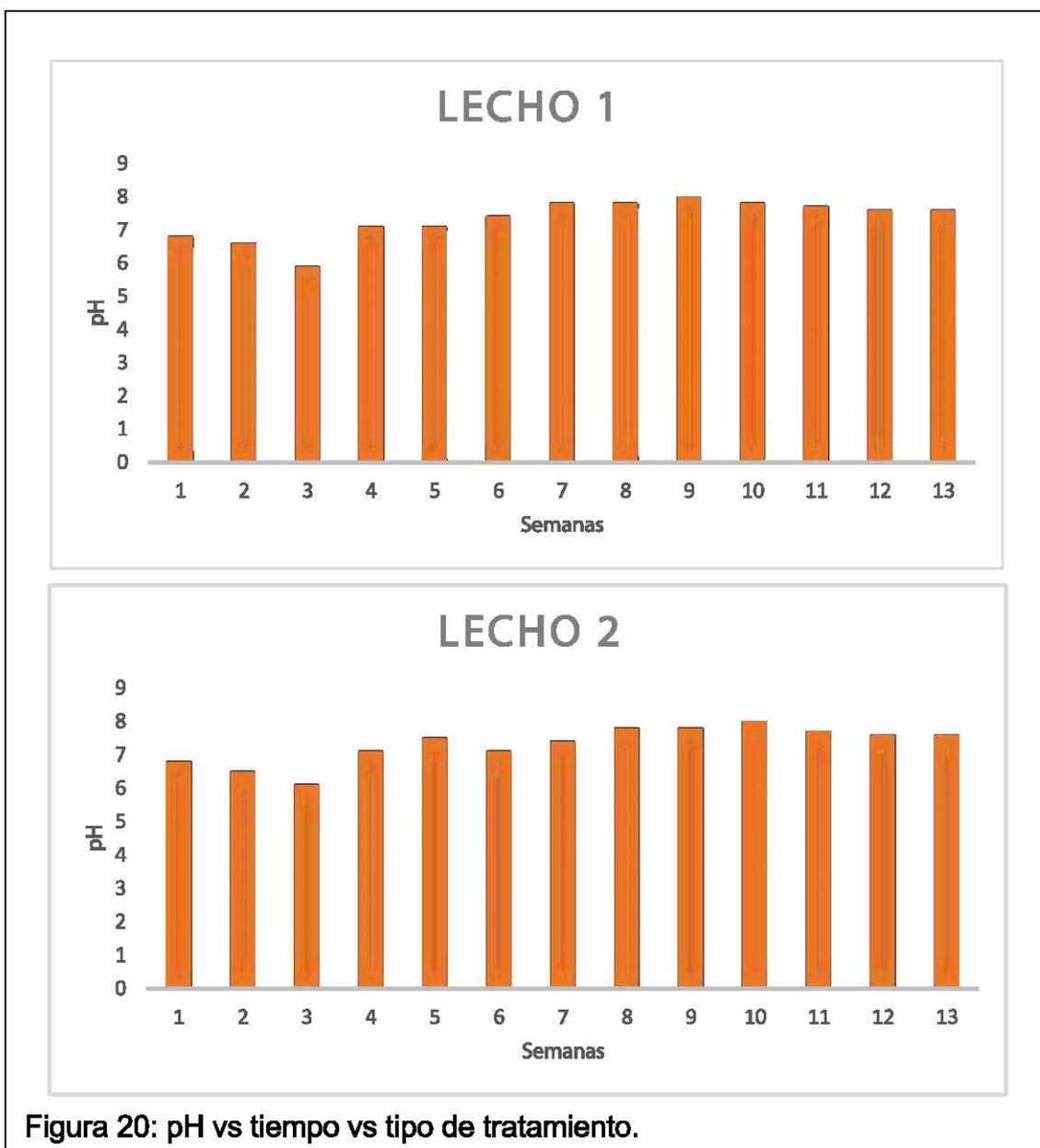
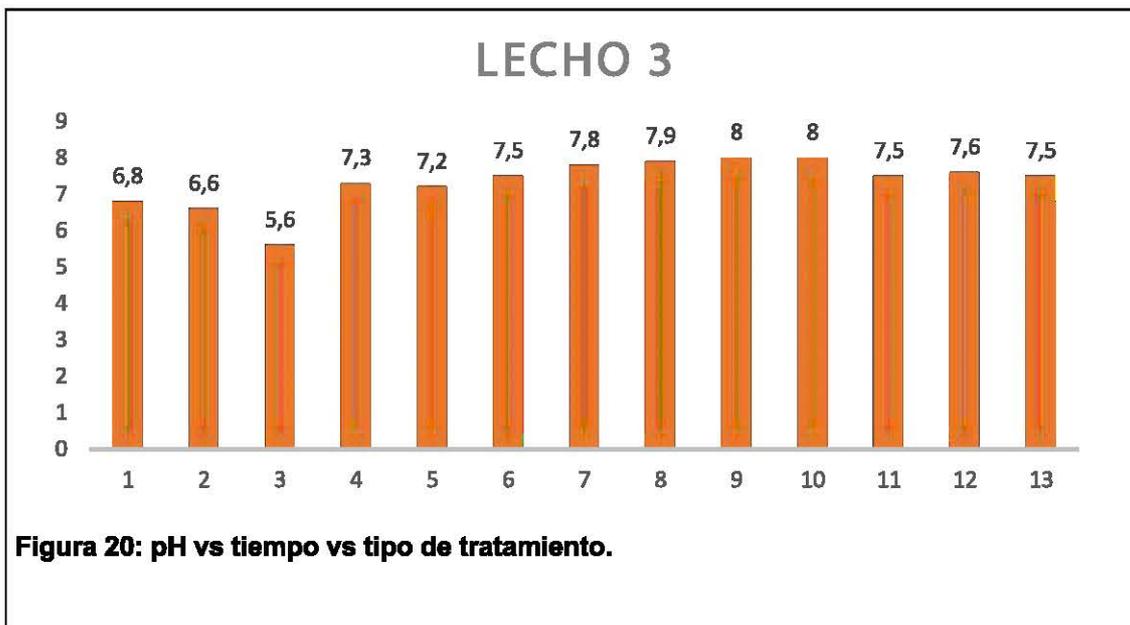


Figura 20: pH vs tiempo vs tipo de tratamiento.



Durante todo el proceso el pH debe mantenerse en un rango entre 6-8 ya que al iniciar el proceso suele ser ácido, pasando a neutro y al final del proceso se convierte en alcalino debido a la acción de bacterias y hongos (Shammas y Lawrence, 2011, p. 653). El pH varía en las tres etapas de compostaje, al principio tiende a disminuir en la etapa mesófila, aumenta en la fase termófila y finalmente se estabiliza en el enfriamiento, el rango óptimo va desde 6.5 a 8

Un pH básico (>8,5) promueve la conversión de compuestos nitrogenados a amoníaco, lo cual sirve para aumentar aún más la alcalinidad, por ende retrasa el proceso de compostaje, sino también de promover la pérdida de nitrógeno a través de la volatilización de amoníaco (Chikae, Ikeda, Kerman, Morita y Tamiya, 2006, p.12).

A continuación se describe el desarrollo del pH en cada lecho:

- Lecho 1: el pH en la primera semana es de 6,6, en la semana 2 el pH desciende a 5,9. A partir de la semana 3 hasta el final del proceso, el pH descendió de 8 a 7,6.
- Lecho 2: el pH tiene casi el mismo comportamiento que en el lecho uno debido a que en la semana 1 el pH es de 6,5 y en la segunda semana

desciende a 6,1. A partir de la semana 4 hasta el final del proceso, el pH se estabiliza en un valor promedio de 7,6.

- Lecho 3: el pH de la semana 2 es de 5,6 siendo el valor más bajo de entre los tres lechos. En el resto de las semanas hasta terminar con el proceso de compostaje, el pH se estabiliza.

Durante la segunda semana existió un descenso de los niveles de pH en todos los lechos, debido a la aceleración de la actividad microbiana (la transformación de compuestos carbonados fácilmente degradable en ácidos orgánicos y otros productos intermedios), y a las condiciones anaerobias que se registraron durante los primeros 15 días, debido a que no se realizó ningún tipo de mezcla, volteo (Márques, 2003).

Con el paso de las semanas se registró un aumento de los niveles de pH en el proceso, se creó un ambiente alcalino, debido a la formación de amonio al degradarse las proteínas y los aminoácidos (Nakasaki, Nag y Karita, 2005, p. 15). Finalmente, en la fase final del proceso el pH descendió a valores ligeramente alcalinos, debido a las propiedades naturales de efecto tampón de la materia orgánica (Benito, Masaguer, Moliner, Arrigo y Palma, 2003, p. 24).

Se observó que los tres lechos se acercaron a las condiciones de pH óptimas para un correcto compostaje. Durante la primera semana existió un descenso considerable de los niveles de pH, debido a la formación de ácidos orgánicos producto de la descomposición acelerada de la materia orgánica, procesos que se pueden comprobar con los rangos de temperatura máximos alcanzados en estos lechos.

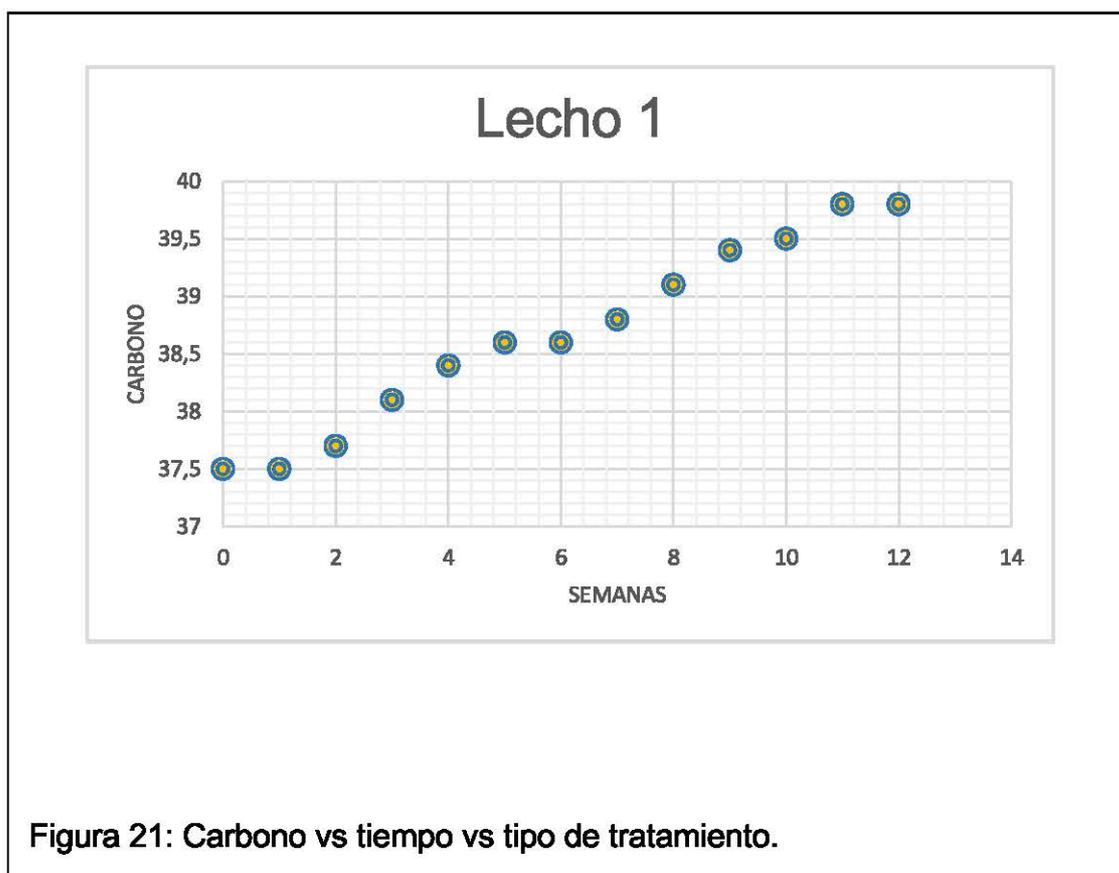
Al finalizar el proceso, de acuerdo a los resultados, se evidenció que el pH se encontraba cercano a la neutralidad, lo que confirma su estabilidad debido a la oxidación de amonio por nitrificación (Tognetti, Mazzarino y Laos, 2007).

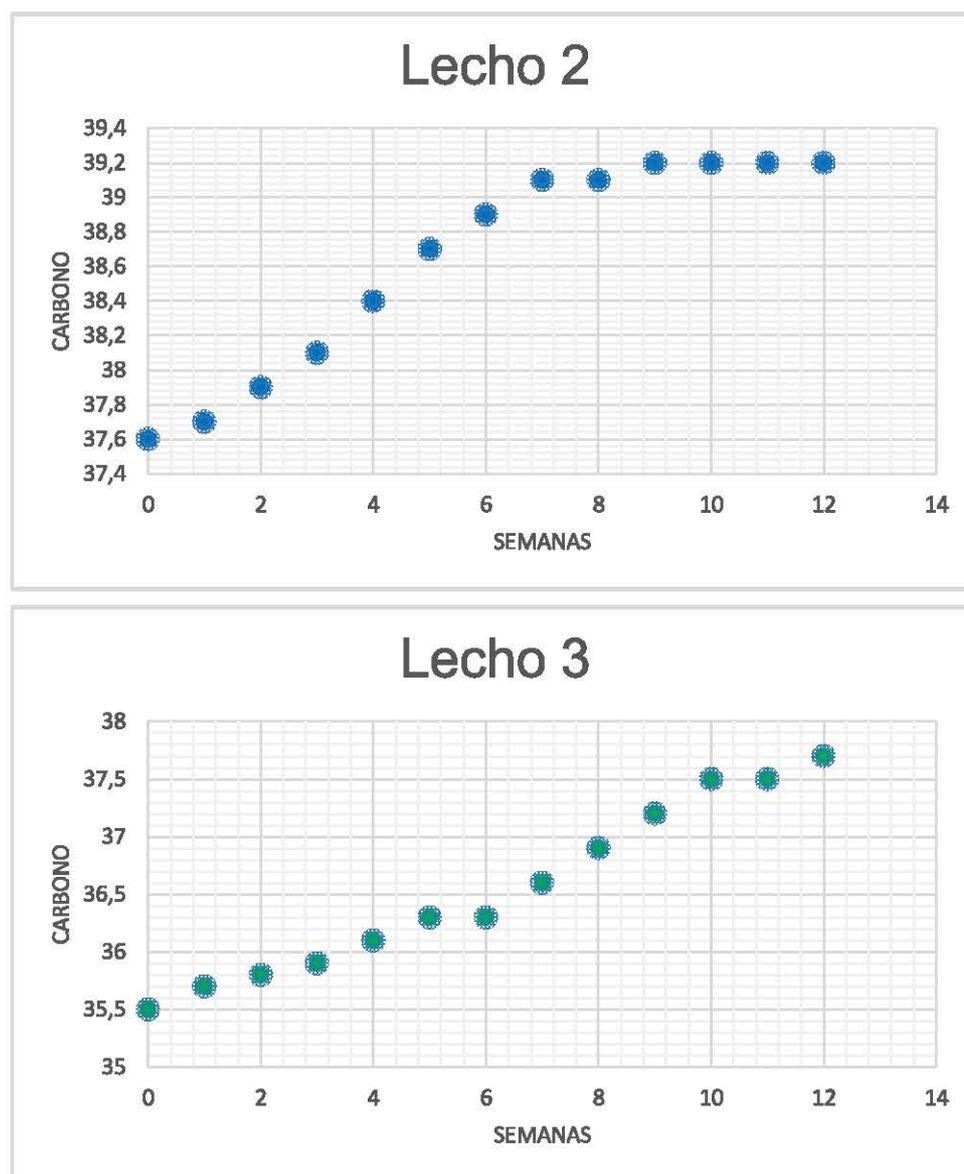
#### 5.2.4. Carbono del compost en función del tiempo de operación y tratamiento

La presencia de carbono durante el proceso de compostaje es esencial ya que este es la fuente de energía para el crecimiento de los microorganismos. En condiciones aerobias, gran parte del carbono se libera como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el resto es combinado con el nitrógeno para el crecimiento microbiano.

La pérdida de carbono como dióxido de carbono es mayor durante la fase termófila, como resultado, el contenido de carbono de una pila de compost va disminuyendo continuamente (United States Department of Agriculture, 2000, p. 2-10).

Los promedio del contenido de carbono en cada lecho, durante las 12 semanas que duro el proceso, se describen en la siguiente figura 21:





**Figura 21: Carbono vs tiempo vs tipo de tratamiento.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Laboratorio, se evidenció diferencias en las concentraciones de carbono, al inicio y al final del proceso, en cada lecho.

En esta sección se detallaran los resultados más significativos.

- Lecho 1: el porcentaje inicial de carbono en este lecho fue de 37,5%, con forme pasaban las semanas se pudo observar que el porcentaje va

aumentando, hasta que en las últimas semanas se obtiene un porcentaje de 39,8%.

- Lecho 2: este lecho tiene un comportamiento similar al lecho 1, debido a que sus porcentajes iniciales son muy parecidos, para este lecho su porcentaje inicial es de 37,6% y el final es de 39,2%.
- Lecho 3: este lecho tiene el porcentaje inicial y final más bajo de entre los tres lechos, ya que su porcentaje inicial es de 35,5% y el final es de 37,7%.

Se observó que los tres lechos disminuyeron en cuanto a sus porcentajes finales vs los iniciales.

#### **5.2.5. Nitrógeno del compost en función del tiempo de operación y tratamiento**

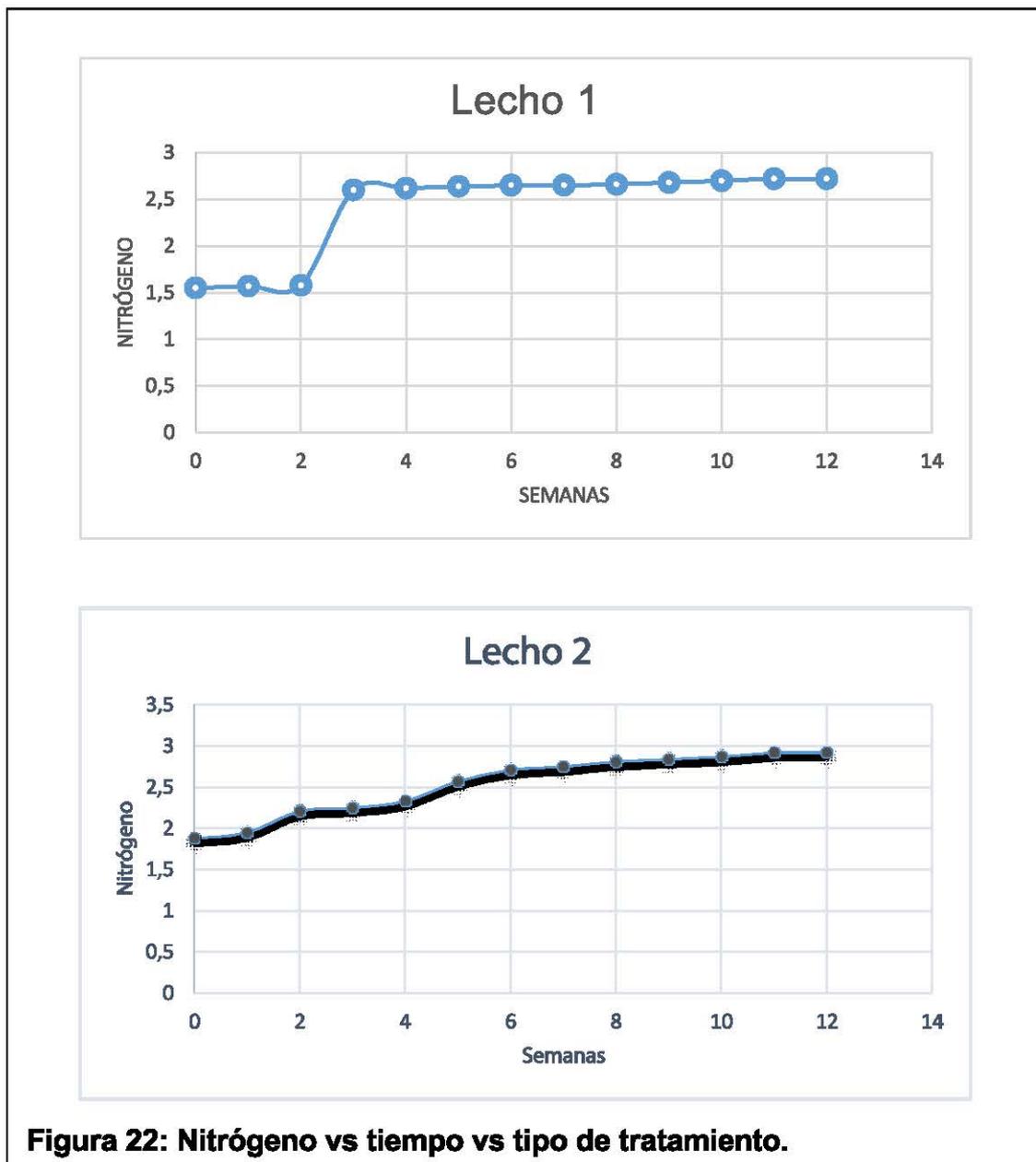
Existen dos tipos de nitrógeno: nitrógeno orgánico e inorgánico, el orgánico se encuentra en las proteínas, urea, ácidos nucleicos, biomasa microbiana. Los microorganismos mineralizan el nitrógeno orgánico para producirlo en inorgánico, tales como el amoníaco, nitrito y nitrato.

El nitrógeno inorgánico se encuentra disponible como nutrientes para las plantas cuando se aplica el compost en los cultivos.

Durante el proceso de compostaje ocurre una significativa pérdida de nitrógeno durante el proceso de compostaje, las posibles vías: emisiones gaseosas, lixiviación y desnitrificación. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno perdido varía de acuerdo a la materia orgánica utilizada.

Las pérdidas de nitrógeno son preocupantes cuando durante el proceso de compostaje existen problemas de olores, emisiones de precursores de ozono y un gas de efecto invernadero.

Los promedio del contenido de carbono en cada lecho, durante las 12 semanas que duro el proceso, se describen en la siguiente figura 22:



**Figura 22: Nitrógeno vs tiempo vs tipo de tratamiento.**



**Figura 22: Nitrógeno vs tiempo vs tipo de tratamiento.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Laboratorio, se evidenció diferencias en las concentraciones de carbono, al inicio y al final del proceso, en cada lecho.

En esta sección se detallaran los resultados más significativos.

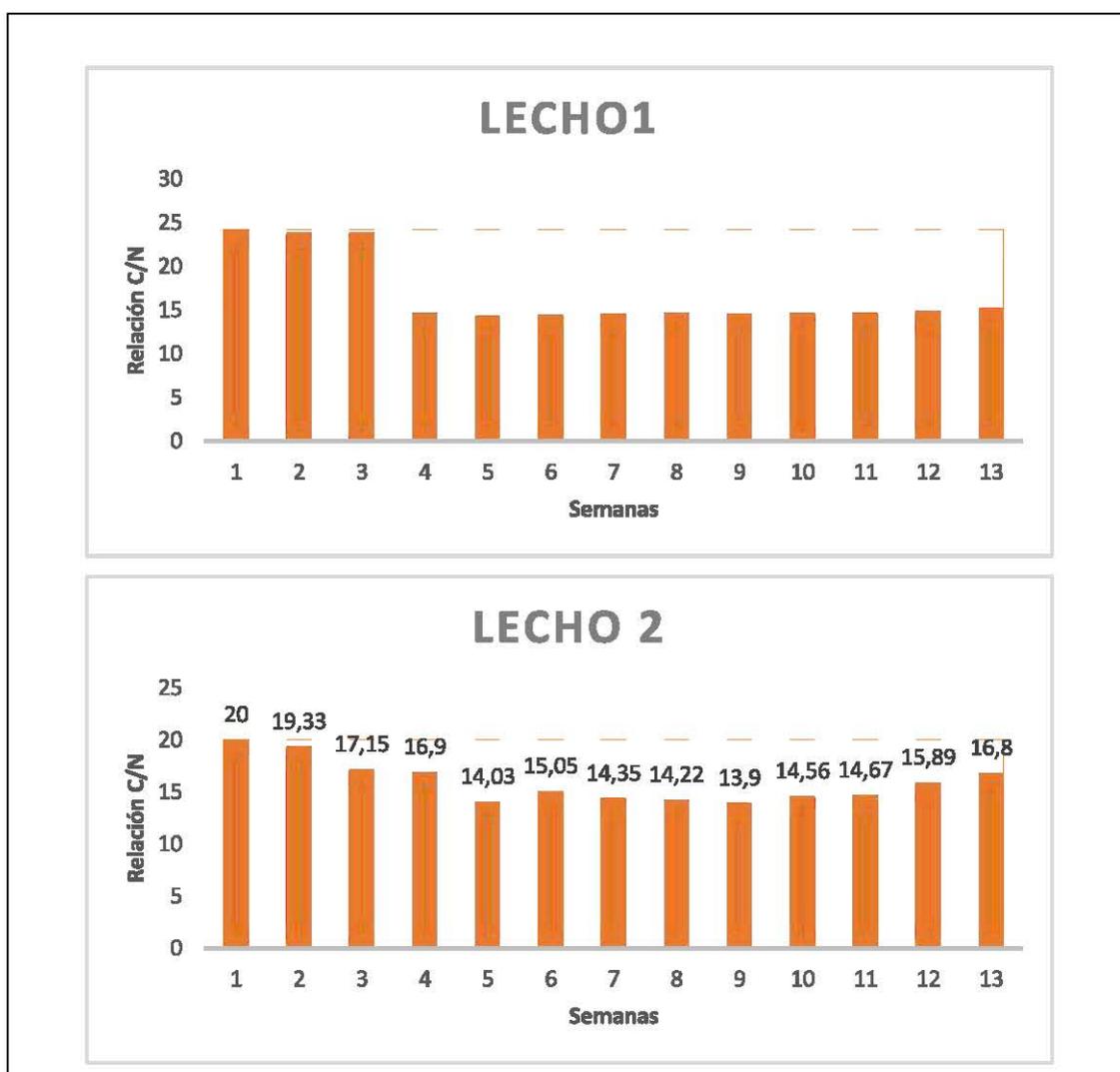
- Lecho 1: en este lecho el porcentaje de nitrógeno inicial fue de 1,55%; en el análisis final se evidencio un incremento ubicándose en un rango de 2,70%-2,72%.
- Lecho 2: en este lecho el porcentaje de nitrógeno inicial fue de 1,88%; con el paso de las semanas se evidencio un incremento ubicándose en un rango de 2,88%-2,92% al final del proceso. En este lecho se observa los valores más altos tanto al inicio como al final del proceso de compostaje.
- Lecho 3: en este lecho el porcentaje inicial de nitrógeno fue de 1,77%; en el análisis final se evidencio un leve incremento en un rango de 2,47%-2,55%.

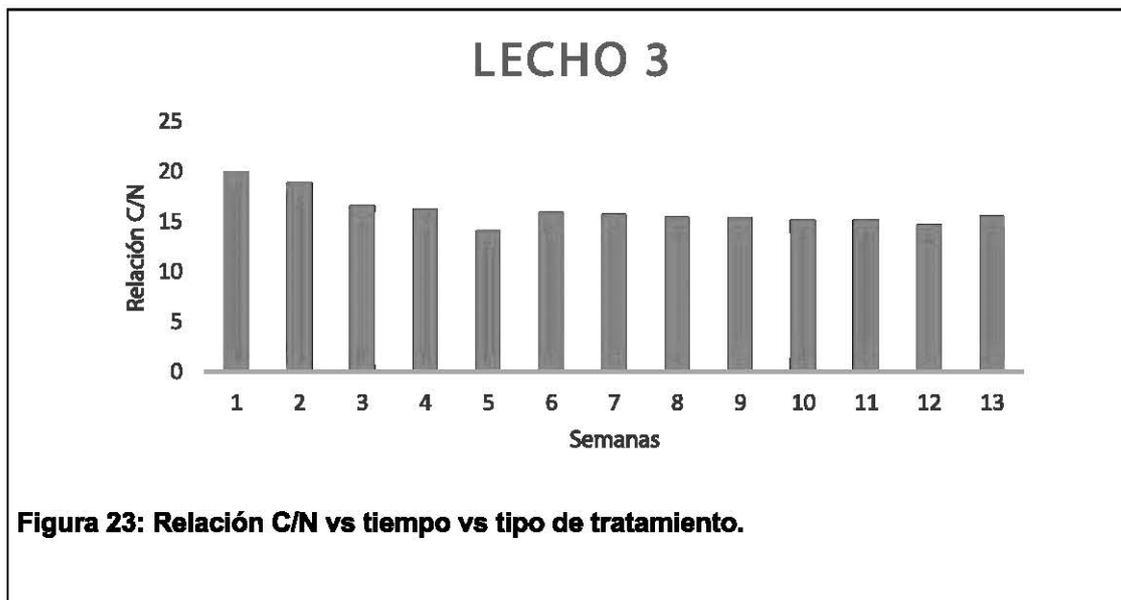
Se observó que los tres lechos tienen un incremento en cuanto a los porcentajes iniciales vs finales. Sin embargo, el mayor aumento se produjo en el lecho 2 con un porcentaje final de 2,92%.

### 5.2.6 Relación C/N del compost en función del tiempo de operación y tratamiento

Los microorganismos requieren ciertos nutrientes tales como, carbono, nitrógeno, fósforo y potasio. Es así, que las cantidades de carbono y nitrógeno presente tienen el mayor efecto sobre el proceso de compostaje y se utilizan como el principal indicador de contenido de nutrientes. El carbono y el nitrógeno son el foco principal de los nutrientes debido a que si estos nutrientes se encuentran presentes en la proporción adecuada, los otros nutrientes también tienden a estar presentes en cantidades aceptables.

Los promedios del contenido de carbono en cada lecho, durante las 12 semanas que duró el proceso, se describen en la siguiente figura 23:





De acuerdo a los resultados obtenidos en el Laboratorio, se evidenció diferencias en las concentraciones de la relación C/N, al inicio y al final del proceso, en cada lecho.

En esta sección se detallarán los resultados más significativos.

- Lecho 1: al inicio del proceso el porcentaje de la relación C/N es de 24,19%, conforme pasan las semanas el porcentaje se reduce a un promedio de 14,7%-15,17%.
- Lecho 2: este lecho inicia con un porcentaje de 20% y conforme pasan las semanas este porcentaje disminuye a un promedio de 14,56%-16,8%.
- Lecho 3: al inicio del proceso, este lecho cuenta con un porcentaje de 20,06% y al final del proceso el porcentaje se reduce a 15,56%.

Se observó que los tres lechos inician el proceso con un porcentaje de relación C/N similares, conforme pasan las semanas este porcentaje disminuye. Sin embargo, el mayor porcentaje en cuanto a la relación C/N se observó en el lecho 2.

### **5.2.7 Olor del compost en función del tiempo de operación y tratamiento**

En la respiración anaeróbica, los microorganismos utilizan aceptores de electrones distintos de  $O_2$ , como los nitratos, sulfatos y carbonatos para obtener energía. El uso de estos aceptores de electrones alternativos en el metabolismo produce compuestos olorosos o no deseables, tales como sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ), y metano ( $CH_3$ ).

Un pH 8 ayuda a controlar los olores mediante la prevención de la formación de ácidos orgánicos intermedios que son responsables de la mayoría de los compuestos olorosos generados en los sitios de compostaje (Brewer y Sullivan, 2003, p. 13).

Para esto es necesario llevar un control y monitoreo de los parámetros temperatura, humedad de cada lecho de compostaje.

Durante los primeros 15 días se pudo percibir un leve olor a fermento proveniente de todos los lechos, esto se debe a que durante ese tiempo no se realizó ningún volteo, produciéndose una acumulación de ácidos orgánicos intermedios y una descomposición anaerobia. A partir de la semana 3 los olores fueron desapareciendo y al final del proceso los lechos tenían un olor a tierra.

### **5.2.8 Análisis químico del compost en función del tiempo de operación y tratamiento**

De acuerdo a los resultados del análisis de suelos se evidencio diferencias en las concentraciones de cada elemento, al inicio y al final del proceso, en cada lecho.

Los porcentajes del contenido de materia orgánica, Fósforo de cada lecho al inicio y final del proceso de compostaje, se describen en la siguiente figura 24:



Figura 24: Materia orgánica y Fósforo al inicio y final del proceso de compostaje

En esta sección se detallarán los resultados más significativos.

- Lecho 1: el porcentaje de materia orgánica al inicio del proceso fue de 67,07%, al cabo de las 12 semanas el porcentaje aumentó a 68,56%.  
En cuanto al resultado de fósforo, al inicio del proceso fue 0,88% y al cabo de las 12 semanas el porcentaje aumentó a 0,91%.
- Lecho 2: el porcentaje de materia orgánica al inicio del proceso fue de 69,98%, al cabo de las 12 semanas el porcentaje se redujo a 67,51%.  
En cuanto al resultado de fósforo, al inicio del proceso fue 0,90%, y al cabo de las 12 semanas el porcentaje disminuyó a 0,81%.
- Lecho 3: el porcentaje de materia orgánica al inicio del proceso fue de 66,51%, mientras que en la semana 12 el porcentaje se redujo a 65%.  
Mientras que para los resultados del fósforo, al inicio del proceso fue de 0,81% y al cabo de las 12 semanas el porcentaje disminuyó a 0,79%.

#### **5.2.9 Análisis químico del lecho que presenta óptimos resultados**

Luego de analizar todas las anteriores variables en cada lecho de compostaje, se puede observar que los más eficientes son el lecho 1 y 2, es por esta razón que la Florícola envió al Laboratorio BLGG AGROEXPERTUS una muestra del lecho 1 para obtener información más detallada acerca de su composición química (Ver Anexo 2 Análisis Químico). En la siguiente tabla 10 se detallan los resultados obtenidos:

**Tabla 10: Análisis químico del lecho 1**

	<b>Elemento Analizado</b>	<b>Muestra</b>
<b>Cationes (ppm)</b>	NH <sub>4</sub>	< 1,9
	K	149
	Na	2,3
	Ca	8
	Mg	2,4
<b>Aniones (ppm)</b>	NO <sub>3</sub>	87
	Cl	39
	S	19
	HCO <sub>3</sub>	43
<b>Micronutrientes (ppm)</b>	Fe	168
	Mn	55
	Zn	33
	B	70
	Cu	32
	Mo	<9,6
<b>(ppm)</b>	Si	4,5

### **5.3 Análisis Costo/Beneficio**

La finalidad del análisis costo beneficio es identificar los beneficios, valorar los criterios e informar sobre el valor total que implicó la implementación de los lechos de compostaje y ponerlo en consideración para ser realizado en cualquier en las otras florícolas que pertenecen al mismo dueño de la Florícola Highland Blossoms. El presente proyecto está destinado a equilibrar los tres factores que intervienen en el desarrollo sustentable, el aspecto económico, ambiental y social.

### 5.3.1 Evaluación del proyecto de compostaje de residuos orgánicos en la Florícola Highland Blossoms

En esta sección se pretende identificar, cuantificar, valorar y calificar los costos y beneficios ambientales y económicos del proyecto.

#### 5.3.1.1 Costos de inversión y reinversión

La inversión inicial para la construcción de los lechos de compostaje es mínima, debido a que no se necesita de equipos o maquinaria especializada para la obtención del compost. Para este trabajo de investigación se construyeron tres lechos de compostaje, la inversión inicial por los tres lechos de compostaje se detalla en la Tabla 11:

**Tabla 11: Costo de inversión para la construcción de los lechos de compostaje**

Material	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Pambil	76	0.70	53.2
Clavos	2 libras	2.00	4.00
Madera redonda	10	2.1	21.00
Plástico transparente	1 (4 mx2 m)	4.00	4.00
		<b>Subtotal</b>	<b>\$82.2</b>

El costo de inversión por los tres lechos fue de \$82.2, es necesario mencionar que se escogió pambil para la construcción de los lechos, debido a que la florícola usa pambil para levantar las camas de cultivo y muchas veces existen residuos de pambil.

Sin embargo el costo de inversión puede ser menor, dependiendo del tipo de sistemas que se quiera implementar.

### **5.3.1.2 Costos de operación y mantenimiento**

Debido a la sencillez del proceso de degradación de la materia orgánica, no se requieren costos adicionales a los iniciales, los gastos en operación y mantenimiento se consideran nulos debido a que el tiempo de dedicación es inferior a 5 horas a la semana.

### **5.3.2 Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios**

#### **5.3.2.1 Producción agrícola**

La Florícola Highland Blossoms, cuenta con una pequeña huerta orgánica en la cual se cultivan: pepinillos, papas, manzanilla, menta. Esta huerta será beneficiaría ya que el compost mejorara la calidad del suelo, un mejoramiento de su estructura y capacidad de movilización de nutrientes.

Además, protege a las plantas de enfermedades, se incrementan las poblaciones de microorganismos y de lombrices.

#### **5.3.2.2 Reducción de la formación de gases de efecto invernadero**

Los residuos orgánicos de la cocina y los residuos vegetales serán compostados en un área determinada bajo cubierta en la Florícola Highland Blossoms. Al ser un proceso controlado en presencia de oxígeno, no se generarían gases de efecto invernadero, teniendo impactos positivos para el ambiente.

### **5.3.2.3 Impacto sobre las actividades económicas**

La finca Florícola Highland Blossoms se caracteriza por la producción de rosas para exportación, es por esta razón que necesitan que las rosas satisfagan las exigencias del mercado internacional (botón y tallos grandes). Es por esta razón que la implementación del compost elaborado en las camas de cultivo, ayudará a que la planta asimile de mejor manera los nutrientes existentes en el suelo.

En conclusión el mayor beneficio que se obtiene de elaborar compost con residuos orgánicos y vegetales, es la reducción de los residuos vegetales que se generan en grandes cantidades diariamente. Además de la reutilización de estos residuos tanto orgánicos como vegetales.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Mediante este trabajo, se obtuvo como resultado un 40% de reducción de residuos orgánicos provenientes de la Finca Florícola Highland Blossoms.
- Este experimento llevado a cabo a pequeña escala ha permitido demostrar que es factible el obtener compost a partir de los residuos orgánicos de la cocina y de los residuos vegetales (tallos de rosas) provenientes de las distintas actividades que se realizan para la producción de rosas de exportación. Se cumple así con el objetivo reducir y aprovechar los residuos generados por la Florícola, para la elaboración de compost.
- Con los análisis de los factores que influyen en el proceso de compostaje se logró obtener un compost de buena calidad, listo para ser aprovechado en las mismas camas de cultivo y jardineras de la finca.
- El análisis físico-químico del lecho 1, muestra que el compost obtenido en este lecho es el mejor de entre los tres tratamientos, es por esta razón que este tratamiento ha sido el escogido para seguirlo elaborando en la finca.
- Todos los tratamientos cumplieron con los rangos necesarios durante el proceso, pero solo un tratamiento (lecho 1) alcanzó los niveles óptimos.
- Se determinó que el tratamiento más eficaz de acuerdo a los parámetros registrados fue con las cantidades anteriormente mencionadas de cascarilla de café (10 cm), residuos orgánicos de la cocina (10 cm) y melaza (1000 ml); fue el tratamiento 1 (lecho 1), el cual cumplió con todos los rangos necesarios para obtener un compost de calidad. Esta conclusión concuerda con el análisis de los factores más influyentes a lo largo de todo el proceso de compostaje.

- En el tratamiento 3 (lecho 3), se registraron los peores rangos durante la evaluación del compost de este lecho; la razón principal fue los altos niveles de humedad registrados en este lecho.
- La etapa que presentó más dificultad durante todo el proceso fue el armado de los lechos de compostaje, principalmente por la construcción del contenedor y la fragmentación de los residuos orgánicos y vegetales en restos de tamaño más pequeño, para acelerar el proceso de descomposición. La fragmentación de los residuos es un obstáculo, ya que solo una persona autorizada puede utilizar la maquina picadora debido a que es peligroso.

Adicionalmente, la fuerza manual que se requiere para el volteo/mezcla de la pila podría ser un impedimento, por tal motivo es importante analizar el tamaño de la pila donde se trataran los desechos.

- La participación de los integrantes de la Florícola, ya sea desde el Gerente Técnico hasta los empleados creó conciencia ambiental sobre el correcto manejo y aprovechamiento de los residuos. Los conocimientos impartidos durante el proceso de compostaje fueron constantemente evaluados por el propietario de la florícola y el gerente técnico para ver el avance del proceso de compostaje.
- Los resultados obtenidos reflejan satisfactoriamente los planteamientos y requerimientos necesarios para ejecutar un proyecto de estas características en la Florícola Highland Blossoms. La realización de este proyecto implica un beneficio al ambiente, al evitar la formación de gases de efecto invernadero y lixiviados que se crean cuando los desechos tienen como destino final el acumulamiento de estos bajo cubierta sin ningún tratamiento previo.
- El abono obtenido cumple con las características necesarias para ser usado en los suelos de la Florícola, mejorando la calidad del sustrato y reduciendo el uso de fertilizantes químicos en los cultivos.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- No puede pasar más de un día sin recolectar los residuos orgánicos, pueden ser fuente de vectores no deseados.
- Es primordial llevar un control constante de los niveles de temperatura para un buen desarrollo del proceso de compostaje, y por lo tanto, la obtención de un compost de calidad.
- Se recomienda realizar más estudios sobre el aprovechamiento de residuos vegetales (tallos de rosas, pétalos) y su utilización en el país y en la localidad, para poder contar con información actualizada del tema y desarrollar mejores técnicas de utilización de los desechos generados.
- El propietario de la florícola Highland Blossoms a partir de este documento podrá replicar el experimento en las otras florícolas que posee, con el fin de brindar la posibilidad de que las otras florícolas reduzcan, aprovechen los residuos vegetales y orgánicos mediante la elaboración de compost.

## REFERENCIAS

- Adediran, J. A., Taiwo, L. B., & Sobulo, R. A. (2003). Effect of Organic Wastes and Method of Composting on Compost Maturity, Nutrient Composition of Compost and Yields of Two Vegetable Crops. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(4), 95–109. doi:10.1300/J064v22n04\_08
- Agnew, J. M., & Leonard, J. J. (2003). The Physical Properties of Compost. *Compost Science & Utilization*, 11(3), 238–264. doi:10.1080/1065657X.2003.10702132
- Alonso, J. (2011). *Cómo hacer compost. Guía para amantes de la jardinería y el medio ambiente*. España: Mundi-Prensa.
- Álvarez, M. Manual de compostaje para agricultura ecológica. Recuperado el 6 de Junio del 2013, de [http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/agriculturaecologica/Manual%20compostaxe.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agriculturaecologica/Manual%20compostaxe.pdf)
- Ambiente, M.d. (2002). *Guía Ambiental para la Floricultura*, pág. 10-13. Recuperado el 25 de Abril del 2013, de <http://www.minambiente.gov.com/documentos/floricultor.pdf>
- Banchon, C. y Larreátegui, E. (2013) Un modelo matemático para la reducción del tiempo de compostaje. Enfoque UTE. Quito, Ecuador
- Brewer, L., y Sullivan, D. (2003). Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings.
- Bueno, M. (2010). *Cómo hacer un buen compost Manual para horticultores ecológicos*. (4ta edición). Navarra- España: Gráficas Lizarra.
- Ceustermans, A., Coosemans, J. y Ryckeboer, J. (2010). *Compost Microbial Activity Related to Compost Stability*. NYC-USA: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Chikae, M., Ikae, R., Kerman, K., Morita, Y., y Tamiya, E. (2006). Estimation of maturity of compost from food wastes and agro-residues by multiple regression analysis.
- CICO. (2009). Sector Florícola, pag. 2-11. Recuperado el 25 de Abril del 2013, de [http://www.puce.edu.ec/documentos/perfil\\_de\\_flores\\_2009.pdf](http://www.puce.edu.ec/documentos/perfil_de_flores_2009.pdf)

- Colomer, F. y Gallardo, A. (2010). Tratamiento y gestión de residuos sólidos. México: Limusa.
- Cronje, A., Turner, C. y Williams, A. (2003). Composting under controlled conditions.
- Darlington, W. (2010). Compost A Guide for Evaluating and Using Compost Materials as Soil Amendments. NYC-USA.
- Díaz, E. (2002). Lombricultura una alternativa de producción. España: La Rioja.
- Diputación Provincial de Barcelona. (2010). Guía del Usuario. El compostaje casero. Barcelona, España.
- Ekinci, K., Keener, H. y Elwell, D. (2004). Effects of aeration strategies on the composting process.
- Fondo para la Protección del Agua. (2010). Abonos Orgánicos Protegen el suelo y garantizan alimentación sana.
- Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2002). Manual Agropecuario. Bogotá, Colombia: Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente.
- García, C. (1984). Abonos Orgánicos - IV. Compost. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Gómez., R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos, pág. 11.28. Recuperado el 24 de Abril del 2013, de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf;jsessionid=307522634782CF4BD6FAOF756ECD40D8.tdx2?sequence=1>
- Infoagro. (2009). El compostaje. Recuperado de página de Infoagro el 2 de junio de 2014. <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>
- Insam, H., Franke-Whittle, I., & Goberna, M. (2009). Microbes at Work: From Wastes to Resources. Springer. Recuperado el 24 de Agosto del 2013, de <http://books.google.com.ec/books?id=5lhHN3Pq2goC>.
- Liang, C., Das, K. y McClendon, R. (2003). The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend.
- López, J., Pereira, J. y Rodríguez, R. (1980). Eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos. Barcelona, España.

- Martínez, M., Castro, D., Gutiérrez, V., Carrascal, A., Matiz, A., Serna, R., Montoya, J., Caro, J. y Zambrano, C. (2009). Importancia de la materia orgánica en la agricultura. España.
- Miyatake, F. y Iwabuchi, K. (2006). Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure.
- Moreno, J. y Moral, R. (2011). Compostaje. Barcelona, España: Mundi-Prensa.
- Muñoz, M. (2008). Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos. Ecuador.
- Nakasaki, K., Nag, K. y Karita, S. (2005). Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic composting of organic waste.
- Ordoñez J., Moreno R. (2013). Estudio del aprovechamiento de residuos orgánicos de cultivos de flores (tallos de rosas) como biosorbente de cadmio para el tratamiento de aguas residuales, pág. 4.
- Rodríguez, M. y Córdova, A. (2006). Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. (1a. ed.). México.
- Shammas, N. y Lawrence, K. (2011). Biosolids Composting. New Jersey, USA
- Sztern, D., Pravia, M. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Recuperado el 5 de Junio de 2013, de <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. (1997). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 1. Madrid, España: McGraw Hill.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. (1997). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen 2. Madrid, España: McGraw Hill.
- United States Department of Agriculture. (2000). Environmental Engineering National Engineering Handbook. United States of America.
- Yoshii, T., Moriya, T. y Oshima, T. (2013). Bacterial and Biochemical Properties of Newly Invented Aerobic, High-Temperature Compost. Tokyo, Japón.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Registro de Peso de Materia Organica Recolectada

Recoleccion de Residuos Orgánicos de la Cocina.

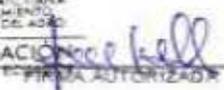
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio en kg
<b>Semana 1</b>	9	11	9	12	10	7	9,6
<b>Semana 2</b>	10	10	9	11	13	10	10,5
<b>Semana 3</b>	9	10	9	9	11	5	8,8

Recoleccion de Residuos Orgánicos de la Cocina.

Invernadero	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Promedio en kg
1	20		25		19		21,33
2		25		20		20	21,7
3	20		23		23		22
4		24		23		20	22,33
5	23		25		25		24,33
6		20		25		19	21,33
Postcosecha	15	15	15	15	15	15	15

## Anexo 2

### Análisis del Laboratorio Certificado

	<b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	Maena: Av. Amazonas 14 y Av. Day Añazo Telf: (02) 254 8751 / 258 7232 / 254 3319 Quito-Ecuador Sucursal - Tumbaco: Km. 14, Vía Intercomunal Granja del MAG Telf: (02) 237 0528 / 237 2844 - Telefax: 237 2945 FECHA DE AUTORIZACIÓN: 14-AGOSTO-2013	<b>FACTURA</b> SERIE 002-001 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> <b>Nº 0013849</b> </div> RUC: 1768105720001 AUT. SRI: 1113342313	
Lugar y Fecha: QUITO, 10/12/2013		FA032001-0013849	1713710745	
RUC/DI: 1722738392		Razón Social: KAREN QUILACHAMIN		
Dirección: SELVA ALEGRE E43-43		Teléf: 022871759	Dcto: 0	
Observaciones: 2 MUESTRAS				
Cantidad	Concepto	Unidad	V/Unitario	V/Total
2.000	(130108) - DETERMINACION DE CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	ANALISIS	9.000	18.00
2.000	(130105) - DETERMINACION DE CONTENIDO DE FOSFORO	ANALISIS	8.500	17.00
2.000	(130106) - DETERMINACION DE CONTENIDO DE Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso (por cada uno)	ANALISIS	8.500	17.00
SON: CINCUENTA Y OCHO DOLARES CON VEINTE Y CUATRO CENTAVOS Depositos: 274245.			<b>Subtotal 12%:</b> <b>Subtotal 0%:</b> <b>Iva 12%:</b> <b>Total:</b>	52.00 0.00 6.24 58.24
 RECIBI CONFORME			<b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO RECAUDACION TUMBACO - ESPECIAL AUTORIZADO 	
CONTRIBUYENTE ESPECIAL, SEGÚN RESOLUCIÓN No. 1381 del 7 de Octubre de 2008 MARGAS FERNANDO ROBERTO RUIZ, 1705537510001 - AUT. SRI: 12513 DEL 06/12/12 AL 06/14/13 - FIRMACIÓN: 14 DE AGOSTO DE 2013.			Original - Verde - Rosado - Celeste VALEO PARA SU EMISIÓN HASTA EL 14 DE AGOSTO DE 2014	

**Persona o Empresa solicitante:** KAREN QUELACHAMEN  
**Dirección:** Selva Alegre - Sangolquí  
**Parroquia:**  
**Provincia:** Pichincha  
**Fecha de Ingreso de la muestra:** 10/12/2013  
**No. de Factura:** 15849

**Teléfono:** 2871-739  
**Cantón:** Rumiñahui  
**País:** Ecuador

**Código de muestra (s):** 131546-131550

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregaron al Laboratorio 1 muestra sólida, recibida en buen estado para control de calidad de fertilizantes.

**Fecha inicio análisis:** 12/12/2013

**Fecha finalización análisis:** 30/12/2013

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

NOMBRE MUESTRA	EXPRESIÓN	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	FORMULACIÓN TEÓRICA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Muestra 5	NT*	2.72	%	Dumas	—	—
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.88	%	Colorimétrico*	—	—
	CaO*	2.54	%	AA (Barral)*	—	—
	MO*	57.07	%	Volumétrico	—	—
	CO*	35.40	%	Cálculo	—	—
	C/N	14.30	%	Cálculo	—	—

\* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- Fosforo, CaO- Calcio, MO- Materia Orgánica, y AA- Análisis de Arrastre

**OBSERVACIONES:**

- El resultado de la muestra se expresan en %p/p.

**Analizado por:** Q. Amparo Pacheco, Q. A. Paulette Andrade, y Biot. Patricio García.

  
**Biot. Patricio GARCÍA**  
 Responsable Técnica

**AGROCALIDAD**  
 AGENCIA ECUATORIANA  
 DE REGULACIÓN Y CONTROL  
 DE LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS  
 Y FORESTALES  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
 DE FERTILIZANTES  
 QUITO, ECUADOR

- Los resultados analíticos presentes en el informe corresponden exclusivamente a la muestra analizada por el laboratorio.
- Esta información podrá ser reproducida parcialmente o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio.
- El criterio de aceptación se basa en la NTE ANEP 231-98.

	<b>LABORATORIO DE FERTILIZANTES</b>	 <b>AGROCALIDAD</b> <small>UNIDAD EJECUTIVA DE AGROCALIDAD DE LA CÁMARA DE AGROPECUARIOS DEL ECUADOR</small>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	
<small>(Vía Internet: www.14.Gobierno.org.ec, Tumbaco - Quito, Tel: 02252-2-045 Ext. 2911)</small>		

Hoja 1 de 1  
**Informe N° 131179**  
**Fecha del Informe: 31/12/2013**

**Persona o Empresa solicitante: KAREN QUELACHAMIN**  
 Dirección: Selva Alegre - Sangolquí  
 Parroquia:  
 Provincia: Pichincha  
 Fecha de Ingreso de la muestra: 10/12/2013  
 No. de Fatura: 13849

Teléfono: 2871-759  
 Cantón: Rumiñahui  
 País: Ecuador

Código de muestra (ej): 131549-131550

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregaron al Laboratorio 1 muestra sólida, recibida en buen estado para control de calidad de fertilizantes.

**Fecha inicio análisis:** 12/12/2013

**Fecha finalización análisis:** 30/12/2013

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

NOMBRE MUESTRA	EXPRESIÓN	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	FORMULACIÓN TEÓRICA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Muestra 2	NT*	2.92	%	Dumas	—	—
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.50	%	Colorimétrico*	—	—
	CaO*	2.75	%	AA (flama)*	—	—
	MO*	69.38	%	Volumétrico	—	—
	CO*	40.59	%	Cálculo	—	—
	C/N	14.05	%	Cálculo	—	—

\* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Fósforo, CaO= Calcio, MO= Materia Orgánica, y AA= Absorción Atómica.

**OBSERVACIONES:**

- El resultado de la muestra se expresan en %p/p.

**Analizado por:** Q. Amparo Pacheco, Q. A. Paulette Andrade y Biop. Patricio Gersta.

  
  
**Biop. Patricio Gersta**  
 Responsable Técnico

**AGROCALIDAD**  
UNIDAD EJECUTIVA DE AGROCALIDAD DE LA CÁMARA DE AGROPECUARIOS DEL ECUADOR  
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FERTILIZANTES  
 TUMBACO - ECUADOR

- Los resultados analíticos presentados en el Informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del laboratorio.
- El criterio de aceptación se basa en la NTE INEN 211:08.

## Análisis del Laboratorio Certificado



**AGROCALIDAD**  
AGENCIA ECUATORIANA  
DE ASEGURAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**Matriz:**  
Av. Amazonas s/n y Av. Eloy Alfaro  
Tel: (02) 254 8751 / 256 7232 / 254 3319  
Quito-Ecuador  
**Bucanari - Tumbaco:**  
Km. 14, Vía Interodérmica Grupos del MAG  
Tel: (02) 237 0528 / 237 2644 - Telefax: 237 2646  
FECHA DE AUTORIZACIÓN: 21-ENERO-2014

**FACTURA** SERIE 003-001

**0015736**

**RUC: 1768105720001**  
**AUT. SRI: 1114209822**

Lugar y Fecha: QUITO, 31/01/2014

FA032001-0015736

1713710745

RUC/Ci: 1722736392

Razón Social: KAREN QUILACHAMIN

Dirección: SELVA ALEGRE E43-43

Teléf: 022871759

Dicto: B

Observaciones: 2 MUESTRAS

Cantidad	Concepto	Unidad	V/Unitario	V/Total
2.000	(130108) - DETERMINACION DE CONTENIDO DE NITROGENO TOTAL	ANALISIS	9.000	18.00
2.000	(130102) - DETERMINACION DE CONTENIDO DE FOSFORO	ANALISIS	8.500	17.00
2.000	(130106) - DETERMINACION DE CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	ANALISIS	9.000	18.00

SÓN: CINCUENTA Y NUEVE DOLARES CON TREINTA Y SEIS CENTAVOS

Depositos: 171544

Subtotal 12%: 53.00

Subtotal 0%: 0.00

Iva 12%: 6.36

Total: 59.36

  
RECIBI CONFORME



**AGROCALIDAD**  
AGENCIA ECUATORIANA  
DE ASEGURAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO  
RECAUDACION  
QUITO - ECUADOR

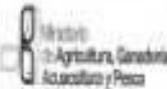
  
FIRMA AUTORIZADA

CONTRIBUYENTE ESPECIAL SEGÚN RESOLUCIÓN  
No. 1306 del 7 de Octubre de 2008

VALENZUELA ESPINOSA RONNY FABRICO R.L.C. 1719238801 • AUT. SRI: 11159  
DEL 0015701 AL 0016300 • IMPRESIÓN: 21 DE ENERO DE 2014

Original - Verde - Rosado - Celeste

VALIDO PARA SU EMISIÓN HASTA EL 30 DE MARZO DE 2014

	<b>LABORATORIO DE FERTILIZANTES</b>	
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	
<small>Calle Intercomunal N° 14, Zona del BNO, Turisaco - Quito Tel. 02 2072 99 88, 210</small>		

Hoja 1 de 1  
Informe N° 14102  
Fecha del Informe: 14/02/2014

**Persona o Empresa solicitante:** KAREN QUILACHANIN  
**Dirección:** Solva Alegre  
**Parroquia:** Nangolqui  
**Provincia:** Pichincha  
**Fecha de ingreso de la muestra:** 31/01/2014  
**No. de Factura:** 13726

**Teléfono:** 2871-759  
**Cantón:** Rumiñahui  
**País:** Ecuador  
**Código de muestra(s):** 14102

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregaron al Laboratorio 1 muestra sólida, recibida en buen estado para control de calidad de fertilizante.

**Fecha inicio análisis:** 30/01/2014

**Fecha finalización análisis:** 14/02/2014

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

NOMBRE MUESTRA	EXPRÉSION	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	FORMULACIÓN TEÓRICA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
<b>COMPOST M 1</b>	N <sup>T</sup> *	2.52	%	Dumas	—	—
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>*</sup>	0.81	%	Colométrico*	—	—
	K <sub>2</sub> O*	68.56	%	Volumétrico	—	—
	CO <sup>*</sup>	39.76	%	Cálculo	—	—
	C/N	13.17		Cálculo	—	—

\*N<sup>T</sup>: Nitrógeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Fosforo y K<sub>2</sub>O: Potasio.

**OBSERVACIONES:**

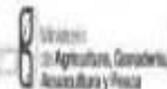
- El resultado de la muestra se expresan en %p/p

**Analizado por:** Q. Angaro Pacheco, Q. A. Paulette Acuña, y Bq. Patricio García.

  
 Bq. Patricio García  
 Responsable

  
 AGROCALIDAD  
 INSTITUCIÓN NACIONAL  
 DE CALIDAD DEL AGRICULTOR  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y  
 PROMOCIÓN EDUCATIVA

- Los resultados analíticos presentados en el informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del laboratorio.
- El criterio de aceptación se basa en la NTC/NES 2111:08

	<b>LABORATORIO DE FERTILIZANTES</b>	
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b>	
<small>(Vía Intercomunicación Fm. 14, Caspa del BAC, Tumbaco - Quito Telf. 002272 899 Ext. 221)</small>		

Hoja 1 de 1  
 Informe N° 14103  
 Fecha del Informe: 14/02/2014

**Persona o Empresa solicitante: KAREN QUILACHAMEN**  
 Dirección: Selva Alegre  
 Parroquia: Sangolquí  
 Provincia: Pichincha  
 Fecha de ingreso de la muestra: 31/01/2014  
 No. de Factura: 15736

Teléfono: 2871-759  
 Cantón: Rumiñahui  
 País: Ecuador  
 Código de muestra(s): 14103

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregaron al Laboratorio 1 muestra sólida, recibida en buen estado para control de calidad de fertilizantes

**Fecha inicio análisis:** 30/01/2014

**Fecha finalización análisis:** 14/02/2014

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

NOMBRE MUESTRA	EXPRÉSION	RESULTADO	UNIDAD	METODO ANALITICO	FORMULACIÓN TEÓRICA	CRITERIO DE ACEPTACION
COMPOST M 2	NT*	2.33	%	Dumas	—	—
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.81	%	Colométrica*	—	—
	MO*	67.51	%	Volúmetrico	—	—
	CO*	39.15	%	Cálculo	—	—
	C/N	14.80		Cálculo	—	—

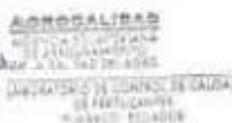
\*NT= Nitrogeno Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Fosforo y MO= Materia Orgánica

**OBSERVACIONES:**

- El resultado de la muestra se expresan en %ppp

**Analizado por:** Q. Amparo Pacheco, Q. A. Paulitta Andrade y Biot. Patricio García.

  
 Biot. Patricio García  
 Responsable Técnico

  
 AGROCALIDAD  
 INSTITUTO ECUATORIANO  
 DE REGULACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD  
 DE FERTILIZANTES  
 QUITO - ECUADOR

- Los resultados analíticos presentados en el informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio.
- El criterio de aceptación se basa en la NTE INEN 211:08.



# COMPOST



**Laboratorio**  
V. Sotomayor - Ing. María Fátima  
Ecuador  
F: 002 2 21 214 10  
M: 099 999999999  
E: [lab@biologico.com](mailto:lab@biologico.com)  
www.biologico.com

Descripción: COMPOST  
Número de cliente: 0100136

International Flower Service S.A.  
CAYMBIE  
Ecuador

Interno: Querado por PROYECTO NICLANO BLOSSOMS Ing. Fabian Caldera FABIAN@BI

### Muestra

No. de muestra: 992-9 Código del anal. Co- CM  
Lugar de muestra: 2007-2074 Muestra tomada por: Fabian  
Fecha de envío: 2007-2074 Código del objeto: COMPOST-A.C.

### Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento
% Nitrógeno Orgánico	%	66.5	Método Se 20
Carbono Total	%	55	APHA 5310 B
Nitrógeno Total	%	3.20	APHA 5310 B
Relación C/N		12.1	Procedimiento interno

### Referencias

VALOR	VELOCIDAD	EVOLUCIÓN DEL NITRÓGENO
50 - 50	LENTA	Existencia de nitrógeno orgánico en forma de nitrato y poca actividad microbiana
40 - 15	RAPIDA	Degradación rápida al equilibrio y se incorpora al nitrógeno parte del nitrógeno es liberado
Menor 10	LENTA	La descomposición ha estado en equilibrio, las cantidades de nitrógeno y carbono son las adecuadas para que el proceso se realice al acelerar

### REPORTA

Ing. Mónica Cañizares  
Técnico  
BLGG - Agroperú  
ECUADOR