



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL
BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ESCUELA
SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO MEDIANTE
COMPOSTAJE”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ANTONY JAVIER PULLOPAXI CIFUENTES.

DIRECTORA: Dra. JANNETH JARA SAMANIEGO

Riobamba – Ecuador

2019

© 2019, Antony Javier Pullopaxi Cifuentes

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

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

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “**TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO MEDIANTE COMPOSTAJE**”, de responsabilidad del señor ANTONY JAVIER PULLOPAXI CIFUENTES, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Janneth Lourdes Jara Samaniego DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	__25/07/2019__
Dra. Janneth María Gallegos Núñez MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	__25/07/2019__
Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	__25/07/2019__

Yo, ANTONY JAVIER PULLOPAXI CIFUENTES soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ANTONY JAVIER PULLOPAXI CIFUENTES

DEDICATORIA

Al ser supremo por darme la fortaleza y sabiduría para lograr superar todo obstáculo en la vida y cumplir con mis metas propuestas.

A mis padres por brindarme todo su apoyo, amor y paciencia para llegar a conseguir una meta importante más en mi vida.

A mis hermanos por brindarme su confianza y apoyo incondicional para lograr cumplir esta meta propuesta.

A mis maestros que formaron parte de mi vida estudiantil, y que aportaron con sus conocimientos para poder cumplir una etapa de mi vida.

Antony

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas para un mejor futuro al darme los conocimientos necesarios para ser un profesional preparado.

A mis docentes que me guiaron en el trascurso de mi carrera les extiendo mis agradecimientos, en especial a mi guía y mentora frente a este proyecto la Dra. Janneth Jara; quienes con su apoyo hicieron posible el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A mi familia y amigos que me brindaron su ayuda para hacer posible este proyecto gracias.

Antony

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
Identificación del problema	2
Justificación de la investigación	2
Antecedentes de la investigación	3
OBJETIVOS	4
CAPITULO I	5
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Residuos sólidos orgánicos	5
<i>1.1.1 Definición</i>	5
<i>1.1.1.1 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos</i>	5
<i>1.1.1.2 Residuos sólidos orgánicos de Bioterio</i>	6
<i>1.1.1.3 Residuos sólidos orgánicos de la Unidad Académica y de Investigación en Especies Menores</i>	7
1.1.2 Fertilización orgánica	8
<i>1.1.2.1 Importancia de la fertilización orgánica</i>	8
<i>1.1.2.2 Tipos de abonos orgánicos</i>	9
1.1.3 Compostaje	10
<i>1.1.3.1 Parámetros del control y afección del proceso</i>	10
<i>1.1.3.2 Proceso del compostaje</i>	10
<i>1.1.3.3 Etapas del proceso de compostaje</i>	11
<i>1.1.3.4 Sistemas de compostaje</i>	14

1.1.3.5	<i>Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje</i>	15
1.1.4	<i>El compost</i>	17
1.1.4.1	<i>Calidad del compost</i>	17
1.1.4.2	<i>Utilización del compost</i>	18
1.1.4.3	<i>Ventajas del compost sobre las propiedades del suelo</i>	19
1.1.5	<i>Marco legal para residuos sólidos y compost</i>	20
1.1.5.1	<i>Marco legal para la elaboración de compost</i>	20
1.1.5.2	<i>Marco legal para residuos sólidos</i>	22
CAPÍTULO II		27
2	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1	Lugar de estudio	27
2.1.1	<i>Datos generales de la ESPOCH</i>	27
2.1.2	<i>Lugar experimental</i>	27
2.1.3	<i>Tipo y diseño de la investigación</i>	29
2.2	Metodología	30
2.2.1	<i>Materiales y equipos</i>	30
2.2.2	<i>Montaje y seguimiento del experimento</i>	32
2.2.3	<i>Técnicas</i>	33
CAPÍTULO III		34
3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
3.1	Análisis de los parámetros principales	34
3.1.1	<i>Caracterización de los materiales iniciales</i>	34
3.1.2	<i>Parámetros de control del proceso</i>	35
3.1.2.1	<i>Parámetros químicos</i>	38
3.1.2.2	<i>Parámetro biológico: Índice de germinación y microbiológico</i>	43
CONCLUSIONES		46
RECOMENDACIONES		47

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1.- Fisiológicas de las bacterias según su relación con la temperatura.

TABLA 2-1.- Ventajas de la aplicación de compost.

TABLA 3-1.- Marco legal

TABLA 1-2.- Componentes para recolectar y cuantificar los RSV.

TABLA 2-2.- Componentes para la elaboración de compost.

TABLA 3-2.- Datos de los componentes usados para armar las pilas.

TABLA 4-2.- Registro de las temperaturas durante el proceso de compostaje.

TABLA 5-2.- Registro de la humedad durante el proceso de compostaje.

TABLA 6-2.- Datos de fitotoxicidad del compost.

TABLA 7-2.- Fechas de la toma de muestras del proceso de compostaje.

TABLA 1-3.- Caracterización inicial de los componentes a compostar.

TABLA 2-3.- Parámetros analizados durante el proceso de compostaje en ambos tratamientos.

TABLA 3-3.- Análisis estadístico de los parámetros en las pilas.

TABLA 4-3.- Caracterización microbiológica del compost obtenido de la pila 1 y 2.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Transformación de la materia orgánica y sus diferentes productos finales.

Figura 2-1: Sucesión microbiana y ambiental durante el compostaje.

Figura 3-1: Fases del proceso de compostaje

Figura 1-2: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Figura 2-2: Centro de Acopio de la ESPOCH.

Figura 3-2: Puntos de muestreo

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Evolución de las temperaturas.

Gráfico 2-3: Evolución del potencial de hidrógeno.

Gráfico 3-3: Evolución de la conductividad eléctrica.

Gráfico 4-3: Evolución de la materia orgánica.

Gráfico 5-3: Variación del índice de germinación.

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Técnica para determinar el porcentaje de humedad.
- ANEXO B:** Técnica para la determinación de materia orgánica
- ANEXO C:** Técnica para la determinación de pH y Conductividad eléctrica.
- ANEXO D:** Técnica para determinar el índice de germinación.
- ANEXO E:** Recolección de la cascarilla de arroz (Tamo)
- ANEXO F:** Recolección de los residuos orgánicos del comedor
- ANEXO G:** Toma de muestra del tamo a caracterizar
- ANEXO H:** Ensamblaje de las pilas a compostar
- ANEXO I:** Control de los parámetros de humedad y temperatura
- ANEXO J:** Medición de los parámetros en los laboratorios
- ANEXO K:** Prueba de índice de germinación
- ANEXO L:** Fase final del proceso
- ANEXO M:** Resultados de análisis de las muestras
- ANEXO N:** Registro de las temperaturas durante el proceso de compostaje.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Ca	Calcio
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
Cu	Cobre
CO₂	Dióxido de carbono
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
°C	Grados Celsius
P	Fósforo
Mg	Magnesio
g	Gramo
Fe	Hierro
h	Hora
kg	Kilogramo
Mn	Manganeso
MO	Materia orgánica
CE	Conductividad Eléctrica
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mS	MiliSiemens
Mo	Molibdeno

N	Nitrógeno
K	Potasio
pH	Potencial de hidrógeno
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
RSO	Residuos sólidos orgánicos
RSV	Residuos Sólidos Vegetales
Zn	Zinc
UFC	Unidades Formadoras de Colonias

RESUMEN

El presente proyecto técnico se realizó con el objetivo de compostar los residuos sólidos orgánicos generados en el bioterio de la Facultad de Ciencias en mezcla con estiércol de cuyes y conejos y residuos orgánicos del comedor politécnico, que normalmente terminan en el vertedero de la ciudad de Riobamba. Con estos residuos se montaron dos pilas de compostaje: Pila 1 residuos en proporción 3:1:3 y Pila 2 residuos en proporción 3:2:5. Los residuos en mezcla fueron sometidos a un proceso de descomposición aerobia. A lo largo del proceso se controló la temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y aireación. El volteo fue manual y se realizó en función de la temperatura. La fase biooxidativa duró seis meses y el tiempo de maduración fue de dos meses. El contenido inicial de macronutrientes de la pila 1 fue: N 0.83%, P 0.4665% y K 1.5265%, mientras que el de la pila 2 fue: N 1.28%, P 0.8767% y K 1.9070%. Al finalizar el proceso se obtuvieron valores de N 1.70%, P 5.37% y K 2.02%, y N 1.52%, P 4.44% y K 1.81% para las pilas 1 y 2 respectivamente lo que denota la concentración de macronutrientes. Con el fin de establecer la ausencia de sustancias fitotóxicas en los compost elaborados, se determinó el índice de germinación, cuyos valores, en ambos casos, superaron el 80%. Los análisis microbiológicos revelaron la ausencia de *Salmonella* y *Escherichia coli*. Con base en estos resultados los compost obtenidos pueden ser utilizados en labores agrícolas como abonos orgánicos ricos en nutrientes y como buenos agentes estructurantes.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <BIOTERIO>, <BIOXIDATIVA>, <MACRONUTRIENTES>, <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <COMPOST>, <SUSTANCIAS FITOTÓXICAS>, <DESCOMPOSICIÓN AEROBIA>, <ABONOS ORGÁNICOS>.

ABSTRACT

The present technical project was carried out with the aim of composting the solid waste organic generated in the biotherium of the Faculty of Sciences in mixture with manures of guinea pig and rabbits and organic residues of the polythenic dining room, which usually end in the Riobamba city dump. Two composting piles are assembled with this waste: Pile 1 waste in 3: 1: 3 proportion and Pile 2 waste in 3: 2: 5 proportion. The waste in the mixture was subjected to an aerobic decomposition process. Throughout the process temperature, humidity, pH, electrical conductivity, organic matter and aeration were controlled. The tipping was manual and was carried out according to the temperature. The biooxidative phase lasted six months and the maturation time was two months. The initial macronutrient content of pile 1 was: N 0.83% P 0.4665% and K 1.5265%, while that of pile 2 was: N 1.28%, P 0.8767% and K 1.9070%. at the end of the process values of N 1.70%, P 5.37% and K 2.02%, and N 1.52%, P 4.44% and K 1.81% were obtained for stacks 1 and 2, respectively, which denotes the concentration of macronutrients. In order to establish the absence of phytotoxic substances in the elaborate compost, the germination index was determined, the values of which, in both cases, exceeded 80%. Microbiological analyzes revealed the absence of Salmonella and Escherichia coli. It was based on these results the compost obtained can be used agricultural work as organic fertilizers rich in nutrients and as good structuring agents.

KEYWORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <BIOTHERIUM>, <BIOXIDATIVE>, <MACRONUTRIENTS>, <ORGANIC RESIDUES>, <COMPOST>, <PHYTOTOXIC SUBSTANCES>, <AEROBIC COMPOSITION>, <ORGANIC FERTILIZERS>.

INTRODUCCIÓN

El campo de la salud humana no ha quedado exento del uso de herramientas de naturaleza variada para mejorar las investigaciones. Estas herramientas han permitido el uso de animales que son, incluso en la actualidad, una de las formas más confiables y accesibles de estudiar los fenómenos biológicos y microbiológicos en investigaciones de las ciencias de la vida. Son un recurso invaluable a la hora de modelar y analizar sistemas complejos con un paralelo al humano. Al estudiar los efectos de los medicamentos y de la exposición a diferentes condiciones en animales, los investigadores a menudo pueden sacar conclusiones extrapolables a otros sistemas biológicos, permitiendo así curar padecimientos en seres humanos de forma más confiable (Manso et al. 2017). Algunos animales son filogenéticamente más parecidos a la especie humana y han permitido, en consecuencia, pronosticar el comportamiento de algún tratamiento en el ser humano. Una de esas herramientas ha sido el empleo de ratas y ratones de laboratorio criados en condiciones controladas en los llamados bioterios.

La palabra Bioterio proviene del griego “BIOS” que significa vida y “TEIRON” que significa conservar, por tanto, el bioterio es el lugar destinado a la cría y control de los animales de laboratorios. Países como Canadá, España, Inglaterra, Estados Unidos, México y Argentina, poseen leyes y reglamentos para la regulación, producción, cuidados éticos y uso de los biomodelos experimentales. Estos reglamentos no difieren grandemente uno del otro, puesto que tienen como base acuerdos internacionales como la Declaración Universal de los Derechos de los Animales (UNESCO, 1977) y la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (NRC, 1996). En Ecuador existen algunos bioterios localizados en diferentes Universidades y Laboratorios Industriales Farmacéuticos; los mismos que se rigen a normativas internas desarrolladas bajo los fundamentos de manuales aprobados internacionalmente.

El Bioterio de la Facultad de Ciencias está destinado a la crianza, mantenimiento y control sanitario de roedores de laboratorio (ratas y ratones) para ser utilizados en docencia e investigación científica. Los roedores se alojan en salas con estanterías convencionales ventiladas, máximo 5 animales por caja, con una tapa, rejilla interna, comedero y sujetador de bebedero. Todas las celdas tienen una cama de tamo o cascarilla de arroz en donde se recogen sus deposiciones. De estos residuos, al tener una baja densidad, ocupan un gran espacio, por lo que semanalmente deben ser trasladados al centro de acopio de residuos sólidos de la ESPOCH. Estos residuos orgánicos son ricos en sílice y al estar en mezcla con las excretas de ratas y ratones constituyen una potencial fuente de macro y

micronutrientes. Con el fin de garantizar una correcta gestión de estos residuos, se ha considerado al compostaje como una opción viable y económica para una descomposición biológica controlada.

El compostaje es una de las técnicas más utilizadas para el tratamiento biológico de los residuos orgánicos, y que tienen como meta final el obtener un producto altamente beneficioso, ya que esta técnica se basa en una transformación natural de los residuos orgánicos ricos en nutrientes, los cuales luego son aplicados al suelo en forma de abono para mejorar sus propiedades.

Con el fin de lograr una relación carbono-nitrógeno óptima y viabilizar su descomposición, se ha añadido excretas de cuyes y conejos criados en la Granja de especies menores de la Facultad de Industrias Pecuarias y los residuos que se generan diariamente en el Comedor Politécnicos.

Identificación del problema

Los bioterios deben cumplir con reglamentos estrictos para el uso adecuado de sus instalaciones, además de una correcta forma de disponer de los animales y sus residuos ya que éstos pueden ser un factor desencadenante de vectores de enfermedades y contaminación ambiental.

En el bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, el mantenimiento y limpieza de las cajas que contienen a los animales es periódico y permanente, ya que el tamo (cascarilla de arroz) en mezcla con las heces de los animales puede generar una proliferación de bacterias que alterarían las condiciones de asepsia del lugar. La limpieza se realiza los lunes, miércoles y viernes, y no existe un control sobre la cantidad de residuos generados, sólo se conoce que por tener una baja densidad estos residuos ocupan mucho espacio. Sabiendo que la materia orgánica acumulada y almacenada inadecuadamente, se convierte en un foco de contaminación ambiental y pone en peligro la asepsia del bioterio y de su área de influencia, se precisa encontrar un tratamiento adecuado para evitar que estos residuos se descompongan en forma inadecuada y terminen en el vertedero.

Justificación de la investigación

En el Bioterio de la Facultad de Ciencias, se generan residuos orgánicos provenientes de las camas de ratas y ratones usados en experimentación que reciben las heces fecales de estos roedores. Actualmente, estos residuos son enviados a la celda emergente del relleno sanitario de la ciudad de Riobamba, ocasionando problemas de contaminación de los recursos suelo, agua y aire y posibles

riesgos en la salud del personal que labora en ese lugar. Conscientes de esta realidad, en la presente investigación se pretende tratar estos residuos mediante su compostaje, como una alternativa de tratamiento biológico. Otros residuos sólidos orgánicos generados e identificados en la institución y que al momento no son utilizados, son las excretas de cuyes y conejos de la Granja de especies menores de la Facultad de Ciencias Pecuarias y los residuos de alimentos del Comedor Politécnico. Estos residuos, en proporciones adecuadas permitirán mejorar la relación C/N del tamo garantizando un proceso técnico óptimo. La universidad, al ser un centro de formación de futuros profesionales, no puede convertirse en un generador de residuos, sino que tiene la obligación de liderar procesos de gestión, tratamiento y valorización de residuos.

La importancia de esta de investigación radica en transformar un residuo que al momento causa problemas, en un abono orgánico, que, en dependencia de su calidad, podría ser usado como un abono orgánico libre de patógenos que contribuya a nutrir y mejorar la calidad y fertilidad de los suelos. Este abono podría ser utilizado en programas de forestación, reforestación, jardinería urbana, etc.

La calidad del compost final dependerá de varios parámetros que se deben intervenir durante el proceso de descomposición aeróbica, los cuales generalmente oscilan dentro de ciertos rangos debido al tipo de residuos que se usa y a las posibles variaciones estacionales en su composición. Estos parámetros son la temperatura, humedad, relación C/N, presencia de oxígeno, pH, entre otras (Dalzell & Gray, 1981).

Antecedentes de la investigación

La cascarilla de arroz es un material de desecho agrícola que constituye alrededor del 20% de la producción mundial de arroz, es el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos (Mattey, et al., 2015). Por tratarse de un material orgánico y por sus características físicas, se lo emplean en granjas avícolas donde se engordan a los pollos, en camas para cerdos y lechones en el que defecan y orinan, generando una especie de colchón que les proporciona confort (Vásquez, 2016). Además, también es usada como cama de los roedores en bioterios para mantenerlos limpios y libre de estrés.

Debido a la poca atención que se le presta a la cascarilla de arroz para darle una aplicación y otorgarle un valor agregado apropiado por su potencial, no se le ha dado un uso final provechoso, aunque algunos países le dan ciertas aplicaciones según su necesidad. Es importante mencionar que ninguna

de las alternativas de uso señaladas anteriormente demanda la producción total de cascarilla de arroz que se genera en el mundo (Castro, et al., 2011).

La cascarilla de arroz es uno de los residuos agrícolas más abundantes, además de es un desecho difícil de tratar por su alto contenido en sílice. Los países productores de arroz como China, Brasil, India, Bangladesh, Estados Unidos, Camboya, Vietnam, entre otros, han propuesto diferentes técnicas y procesos que pueden utilizar este residuo para obtener un producto o darle alguna utilidad, como es el caso de producción de energía, fabricación de geles de sílice, chips de silicio o abonos a través de compostaje.

En Vietnam, algunos agricultores agregan paja de arroz al estiércol para hacer compost que se aplica a los arrozales. El compostaje puede ser una alternativa para evitar la quema de estos residuos. Convierte los desechos en fertilizantes orgánicos que pueden ser usados como un reemplazo o suplemento para fertilizantes y abono fresco en actividades agrícolas. Sin embargo, ni las cáscaras de arroz ni el aserrín se pueden compostar solos, debido a su alta relación Carbono/Nitrógeno (C/N), alta concentración de celulosa y lignina y muy bajas concentraciones de nutrientes, es por esto que, en Asia, las cáscaras de arroz y el serrín a menudo se compostan con estiércol animal ricos en N y C. Otra utilidad es la que le dio Uganda a la cáscara de arroz, la cual fue usada para la producción de biocombustibles (Kyung Hee University, 2015, p.1469).

OBJETIVOS

Objetivo general

Tratar los residuos orgánicos generados del bioterio de la facultad de ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo mediante compostaje

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de residuos orgánicos (tamo) que se generan en el Bioterio de la Facultad de Ciencias.
- Caracterizar el tambo empleado como cama, en mezcla con heces fecales de ratas y ratones determinando las propiedades físicoquímicas, químicas y biológicas.
- Establecer la calidad del compost obtenido.
- Analizar la fitotoxicidad del compost mediante pruebas de germinación de semillas (IG).

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Residuos sólidos orgánicos

1.1.1 Definición

Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. (JARAMILLO H, 2008)

1.1.1.1 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

Existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su origen y con su naturaleza y/o características físicas (TULSMA, 2017).

Según su fuente de generación:

- **Residuos sólidos orgánicos provenientes del barrido de las calles:** Son los originados por el barrido y limpieza de las calles y comprende entre otras: basuras domiciliarias, institucional, industrial y comercial, arrojadas clandestinamente a la vía pública, hojas, ramas, polvo, papeles, residuos de frutas, excremento humano y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos, así como demás desechos sólidos similares a los anteriores.
- **Residuos sólidos orgánicos institucionales:** Se entiende por desecho sólido institucional aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos, y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras.

- **Residuos sólidos de mercados:** son aquellos que provienen de mercados de suministros y otros establecimientos de venta de productos alimenticios. Son una excelente fuente para la obtención y aprovechamiento de residuos orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizantes orgánicos.
- **Residuos sólidos orgánicos de origen comercial:** Aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías, plazas de mercado y otros.
- **Residuos sólidos domiciliarios:** El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

Según su naturaleza y/o características físicas:

- **Residuos de alimentos:** son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.
- **Estiércol:** son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bioabono o para la generación de biogás.
- **Restos vegetales:** Es aquel originado por la limpieza y arreglos de jardines y parques públicos, corte de césped y poda de árboles o arbustos ubicados en zonas públicas o privadas.
- **Papel y cartón:** son residuos con un gran potencial para su reciclaje.

1.1.1.2 Residuos sólidos orgánicos de Bioterio

Desde el siglo XIX al presente siglo, el uso de animales de laboratorio ha dado pasos agigantados. Las investigaciones biomédicas, la industria médico-farmacéutica, la biotecnología, la producción de vacunas y productos biológicos cuentan con animales de laboratorio de calidad genética y microbiológica definidas. Esto ha permitido entender no solo de la importancia del uso de animales de experimentación, también ha permitido ver la seriedad y rigurosidad observadas en esas ramas científicas (UAEH, 2017).

Los encargados del bioterio deben saber que la aplicación de buenas prácticas de limpieza y de desinfección son importantes para la prevención de las enfermedades (Small, 1983). Todas las jaulas, cercados, soportes, acuarios, equipamientos, etc., deben ser completamente limpiados y desinfectados antes de utilizarlos de nuevo.

La limpieza y las medidas sanitarias complementan los procedimientos apropiados que minimizan la contaminación. Actividades tales como la limpieza de jaulas y la descarga de la cama pueden generar una gran cantidad de residuos orgánicos como es el caso de la cascarilla de arroz (tamo) usado para las camas. Estos residuos están mezclados con las heces fecales y orina de los roedores. Por este motivo se deben tomar las debidas precauciones para su disposición final, ya que si no se los recoge en fundas plásticas y estas a su vez en recipientes sellados pueden ser una fuente de contaminación del aire, agua y suelo.

La cama en las jaulas o en los cercados de los animales debería ser renovadas tan frecuentemente como sea necesario para mantener los animales limpios, secos y relativamente sin mal olor, y para mantener el nivel de amoníaco en la jaula en niveles aceptables (Conn, 2013). Para los animales menores de laboratorio, se debe cambiar la cama de las jaulas de una a tres veces por semana según variables tales como el tamaño de los animales, la densidad de población, el tipo de jaula y el grado de producción de excrementos.

1.1.1.3 Residuos sólidos orgánicos de la Unidad Académica y de Investigación en Especies Menores

La unidad académica y de investigación de especies menores fue establecida en la ESPOCH en el año 1981, en la Facultad de Recursos Naturales, con el objetivo de dar a los estudiantes la experiencia de trabajar con animales en un laboratorio vivo a través de prácticas estudiantiles, además de que puedan realizar trabajos de titulación. Actualmente la unidad cuenta 267 cuyes y 158 conejos, los cuales están clasificados de la siguiente forma: para los cuyes

- Reproductores: 95 hembras y 56 machos
- Crías: 13 (1 a 15 días)
- Recrías: 103 (15 a 3 meses)

Para los conejos:

- Reproductores: 87 hembras y 50 machos
- Crías: 8
- Recrías: 8
- Descartes: 5 (más de 2 años)

La limpieza del lugar de cría se realiza cada tres semanas. Los residuos generados están formados de excretas, restos de alfalfa, caña de maíz, balanceado y un poco de serrín. Estos residuos se emplean como fertilizantes aplicándolos de forma directa en los terrenos cercanos o para procesos de vermicompostaje.

El comedor institucional es el lugar donde se genera la mayor cantidad de residuos orgánicos en comparación con los bares de la ESPOCH, con un promedio de 59,3 Kg/día, debido a que en este lugar se preparan los desayunos y almuerzos que son consumidos diariamente por un gran número de estudiantes, (Valencia, 2016).

1.1.2 Fertilización orgánica

1.1.2.1 Importancia de la fertilización orgánica

La agricultura orgánica no implica solo el hecho de fertilizar con abonos orgánicos (composta, fermento, lombricomposta, entre otros) el suelo, sino conlleva un cambio de conciencia, un camino con muchos pasos, donde el primero está en la cabeza de cada uno, el querer creer y cambiar. Este movimiento está regido por cuatro principios básicos: el primero implica el maximizar los recursos que la gente posee; no busca sustituir insumos, sino la reutilización de los que la gente posee, el segundo implica el buscar al máximo la independencia de insumos externos, al utilizar lo que tiene a la mano y volviéndose productor de sus agroinsumos, el tercero se enfoca a provocar el menor impacto posible dentro de la modificación que se haga al lugar y su entorno (las actividades humanas son las que más impactan al ambiente), el cuarto es no poner en riesgo la salud del productor ni del consumidor; este último haciendo alusión a los consultores y vendedores de abonos orgánicos que no están bien estabilizados, y que su efecto no es igual al de un abono estable que pasó cierto tiempo de maduración (Herrán, et al., 2008).

La calidad de los abonos está relacionada con los materiales de partida y con el proceso de elaboración, pudiendo variar el contenido de nutrientes y su microbiota.

1.1.2.2 Tipos de abonos orgánicos

Estiércol.

Son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La estimación de la cantidad producida por un animal puede hacerse de la siguiente manera:

Peso promedio del animal x 20 = cantidad de estiércol/animal/año (CIAP, 2015).

La calidad del estiércol depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se les da antes de ser aplicados. El estiércol mejora las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, al proveer materia orgánica y nutrientes. Sin embargo, si no son tratados pueden contener microorganismos patógenos.

Abonos verdes.

El Abonado Verde hace referencia al uso de cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo sitio donde han sido sembrados inicialmente y que están destinados principalmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a beneficiarlo con un «humus joven» de evolución rápida, además de enriquecer con otros nutrientes, minerales y sustancias fisiológicas activas, así como también ayuda a activar la vida microbiana del suelo (Ecoagricultor, 2014).

Aunque se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales como abonos verdes, las tres familias de plantas más utilizadas para tal fin son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas.

Compost.

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Este abono también se le conoce como "tierra vegetal" o "mantillo". Su calidad depende de los insumos que se han utilizado (tipo de estiércol y residuos vegetales), en promedio contiene 1,04% de N, 0,8% P y 1,5% K. Puede tener elementos contaminantes si se ha utilizado basura urbana. Es muy apreciado en los viveros, para realizar diversos tipos de mezclas con arena y tierra de capote que sirven para realizar almácigos de hortalizas, flores, arbustos o árboles (Borrero, 2009).

1.1.3 Compostaje

1.1.3.1 Parámetros del control y afección del proceso

Los principales factores en el control de un proceso de compostaje incluyen parámetros ambientales (temperatura, contenido de humedad, pH, aireación), y parámetros relacionados con la naturaleza del sustrato (relación C/N, tamaño de partícula, contenido de nutrientes, porosidad del material). Todos ellos, en mayor o menor grado, afectan el crecimiento microbiano y, por ende, determinan la velocidad y eficiencia del proceso (Cepeda & Valencia, 2007).

1.1.3.2 Proceso del compostaje

Esta técnica se basa en un proceso biológico que se realiza en condiciones aerobias con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable para los suelos; ya que se asocia a sustancias húmicas que están presentes en el suelo, que es la esencia del buen vivir de un ambiente saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza (Obarra, 2014). En este proceso biológico interviene gran cantidad de población microbiana compuesta por bacterias, actinomicetos, y hongos, que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje, además de algas, protozoos y cianofíceas (algas). Adicionalmente, en la fase final de este proceso intervienen también macro-organismos, tales como: colémbolos, ácaros, lombrices y otros pertenecientes a diversidad de especies (Meirelles, et. al., 2010).

Durante el compostaje, parte de la materia orgánica es mineralizada generando dióxido de carbono, agua y calor, mientras que la otra parte es transformada en sustancias húmicas que son estructuralmente muy similares a las presentes en el suelo. Con el fin de mejorar el proceso de descomposición de materia orgánica se puede adicionar en el compostaje fertilizantes minerales, tales como ceniza, cal o cualquier roca de tierra (Meirelles, et. al., 2010).

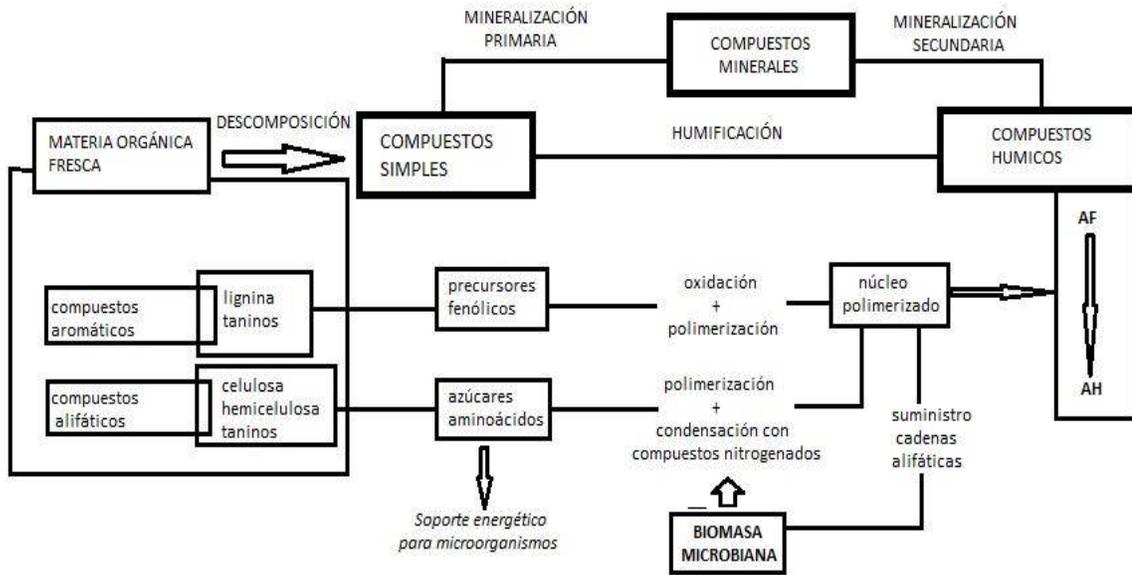


Figura 1–1: Transformación de la materia orgánica y sus diferentes productos finales

Fuente: (Perdomo, 2007, p.16)

1.1.3.3 Etapas del proceso de compostaje

Etapa de latencia

Primera etapa del proceso de compostaje, se estima que esta etapa dura desde el momento en que se forma la pila hasta que existe un cambio de temperatura muy elevado en relación a los materiales iniciales, esta etapa se puede verificar cuando los materiales empleados para obtener compost son lo bastante frescos, cuando los componentes orgánicos han sido guardados o tienen un tiempo de reposo considerables estos no brindan las características necesarias para poder evidenciar esta fase.

La estabilidad que brinda esta etapa es muy variada y es por ello que depende de varios parámetros manejados en el proceso de compostaje como la relación C/N, pH, cantidad de oxígeno, temperatura ambiente y en especial de la cantidad de biomasa microbiana del material. El tiempo que dura esta fase es muy corta comparada con las demás fases del proceso de compostaje puesto que tiene un tiempo de duración entre 24 a 72 horas (Fundesyam, 2011)

Etapa mesofílica

En esta fase del proceso existen poblaciones muy grandes de bacterias y hongos y una baja población de actinomicetos, debido a la actividad que realizan este grupo de organismos la temperatura de la pila alcanza fácilmente los 40 °C, en esta etapa el pH cambia de valores básicos y neutros a valores ácidos o ligeramente ácidos que están entre 5,5 y 6. Este cambio de pH es el resultado que experimentan los lípidos y glúcidos para convertirse en ácidos pirúvicos así como también las proteínas en aminoácidos, estas transformaciones dan origen al crecimiento de poblaciones de hongos mesófilos con características más resistentes a las variaciones de humedad y pH (Navarro y Navarro, 2014).

Es en esta fase del proceso donde la relación C/N es considerada primordial puesto que el porcentaje de carbono brindará la energía necesaria que requieren los microorganismos y el nitrógeno es utilizado para que realicen la síntesis molecular. La relación C/N más adecuada dentro del proceso de compostaje es de 30/1, si la cantidad de carbono es más de la indicada, la actividad biológica de los organismos se ve afectada y se reduce. En cuanto al nitrógeno, si éste supera el valor establecido provoca que el oxígeno presente en la pila sea consumido de forma acelerada, y el nitrógeno excedente se pierda en forma de amoníaco lo que resulta tóxico para los microorganismos y genera problemas para el desarrollo del proceso (Chávez, 2012, p.13).

Etapa termofílica

Esta fase está determinada por variaciones de la temperatura que va desde los 40 a 70°C, una vez que se ha logrado alcanzar temperaturas de 60 °C, organismos como los hongos empiezan a morir y se extiende las poblaciones de bacterias y actinomicetos. Es necesario controlar la temperatura para no exceder los 70 °C puesto que a temperaturas más altas disminuye la actividad microbiana y el proceso pasa a la siguiente etapa sin completarse correctamente.

Es de gran importancia que la pila alcance temperaturas altas puesto que de esta forma se logra eliminar una gran cantidad de patógenos, plagas, raíces y semillas de malezas. Durante esta etapa, las bacterias consumen oxígeno en grandes cantidades lo cual es beneficioso ya que sus poblaciones crecen en forma muy significativa. Las temperaturas altas indican que la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias es adecuada, por otro lado, cuando la cantidad de oxígeno es limitado las poblaciones de bacterias disminuyen lo cual reduce la degradación de la materia orgánica y genera malos olores como consecuencia de un mal manejo del proceso. Otro parámetro importante que hay que controlar en esta fase es la humedad puesto que se pierde gran cantidad de agua por la actividad

microbiana y la evaporación que es producida por las altas temperaturas alcanzadas por la pila (FAO, 2013, p 24).

Etapa de enfriamiento

Etapa en la cual la presencia de los organismos mesofílicos vuelve a ser evidente, en esta etapa las esporas que se formaron en la etapa termofílica brotan y por ende se evidencia una gran cantidad de hongos. aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, la materia orgánica que no presenta resistencia degradativa es transformada, aunque puede quedar una gran cantidad de moléculas que presentan una gran dificultad para ser degradadas como son la celulosa y la lignina, esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (FAO, 2013)

Etapa de maduración

Es la fase final del proceso de compostaje, en esta etapa los parámetros como la temperatura y el pH llegan a estabilizarse, puesto que el proceso ha llegado a los últimos días, la actividad biológica es muy lenta. El proceso de humificación es beneficiado por reacciones de polimerización y policondensación con la ayuda de actinomicetos que se encuentra en gran cantidad en esta fase. Además, estos organismos producen antibióticos que limitan el desarrollo de patógenos y bacterias. Aparte de los organismos como los actinomicetos también en esta última etapa aparecen poblaciones de nemátodos y lombrices (FAO, 2013).

En esta fase, los macroorganismos tales como rotíferos, escarabajos, lombrices, etc., aumentan su actividad realizando la función de remover, excavar, moler y en general despedazar físicamente los residuos, el material obtenido al final toma un color negro o marrón oscuro, su olor es a tierra fresca de bosque y los materiales iniciales ya no son reconocibles fácilmente, lo cual indica que el producto final está completamente maduro (Navarro y Navarro, 2014).

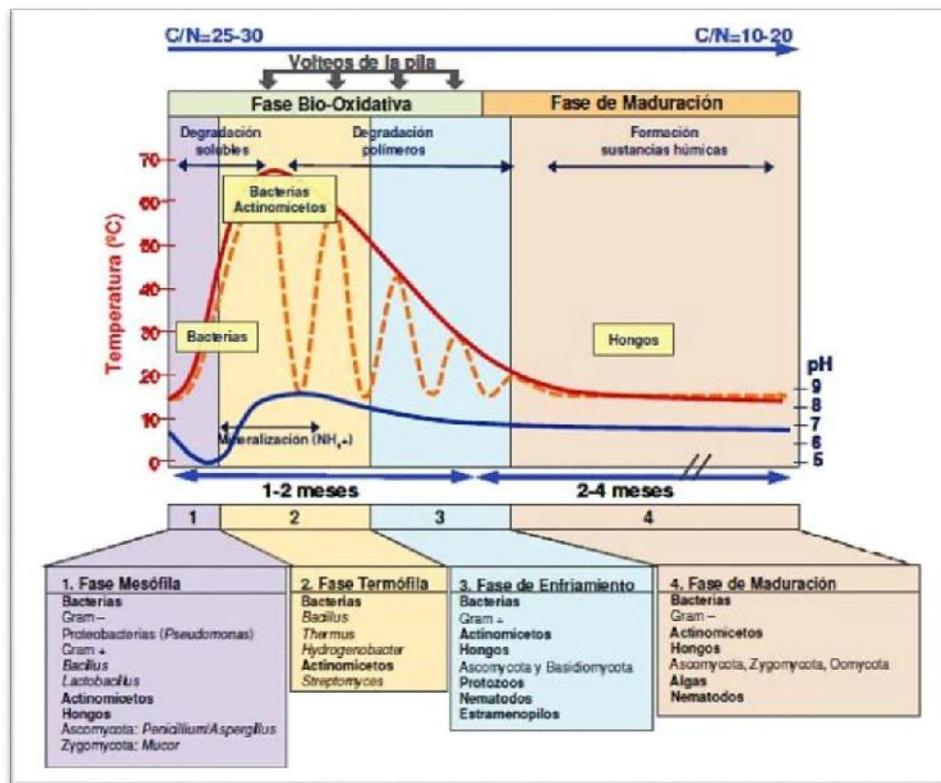


Figura 2-1: Sucesión microbiana y ambiental durante el compostaje.

Fuente: (Moreno & Mermeneo, 2008)

1.1.3.4 Sistemas de compostaje

El compostaje es una técnica relativamente fácil, pero existen una gran variedad de factores que pueden alterar este proceso, como los son los factores ambientales del lugar, el terreno en el que se realiza, los residuos a compostar y la disposición de mano de obra que se ocupara de realizar las mediciones y/o análisis. Por este motivo es necesario mantener controladas estas variables para así tener un mejor proceso de compostaje.

Los sistemas de compostaje, en forma general, se pueden clasificar en abiertos y cerrados, siendo los primeros los más sencillos y por ende los menos costosos ya que son realizados al aire libre, mientras que los sistemas cerrados son más sofisticados y ofrecen un mejor control de los diversos factores que puedan alterar el proceso, haciendo más óptimo el proceso al reducir el tiempo de degradación significativamente (Galea C, 2013, p.21).

SISTEMAS ABIERTOS.

Son los sistemas tradicionales, donde los sustratos a compostar se disponen en pilas que pueden estar al aire libre o cubiertas. Entre estos tenemos:

Apilamiento estático.

- Con aireación por succión (Sistema Beltsville 1), sin volteos; es el que necesita mayor tiempo. Lo suficiente para proveer de una concentración de oxígeno del 15% (Corbit, 2001).
- Con el ventilador actuando en sobrepresión o soplado (Sistema Rutgers 2), es decir están concentradas en el sistema de control de temperatura de la masa que impide que sobrepase los 60°C (Corbit, 2001).

Apilamiento con volteo. Volteos en función de la temperatura y la humedad el cual permite diseñar pilas de mayor altura, en silo o caja para la fabricación de compost poco voluminosos y el tiempo de duración es de 4 meses promedio (Obarra, 2014).

Apilamiento con ventilación forzada. Sistema mecánico de ventilación por tuberías o canales, suele ser controlada en base a la temperatura de los materiales que se están compostado, el flujo de aire es activado o incrementado cuando la temperatura del proceso sobrepasa la temperatura fijada (Jara, J, 2016).

SISTEMAS CERRADOS

Son sistemas utilizados generalmente para el tratamiento de desechos sólidos municipales de tamaño medio o grande, diseñados para reducir el área y tiempo de compostaje y hacer un mejor control de los parámetros del proceso. Sus costos son elevados.

1.1.3.5 Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje

Existen muchos tipos de microorganismos durante todo el proceso del compostaje, tales como bacterias, hongos, actinomicetos, etc. La presencia de estos microorganismos depende de varios factores como: la etapa en la que se encuentre el proceso, el tiempo, la temperatura, la cantidad de humedad de los residuos, el pH, la aireación de la pila, entre otras. La presencia de estos microorganismos nos sirve como indicadores de que el proceso se está realizando de una forma

correcta y óptima. Los microorganismos patógenos que inicialmente están presentes al armar la pila van desapareciendo durante la etapa termófila logrando la higienización del proceso.

En resumen, en la primera etapa del proceso aparecen bacterias y hongos mesofílicos predominando las bacterias, cuando la temperatura aumenta hasta 40°C aparecen bacterias y hongos termofílicos y los primeros actinomicetos. Al llegar la temperatura a 70°C o superior la actividad microbiana cesa, y al bajar nuevamente la temperatura reaparecen las formas activas, detectándose protozoos, miriápodos y más (Moreno J. et al., 2015).

El compost que se obtenga al finalizar la etapa de maduración poseerá una cantidad de microorganismos considerable, los cuales serán de gran beneficio para los suelos donde se coloque el abono, éstos tendrán una gran relevancia en la fertilización y mineralización del suelo ya que actúan sobre los ciclos biológicos (ciclo de C, de N, de P, etc.) y favorecen la movilidad de macro y micronutrientes.

Bacterias.

Las bacterias son los microorganismos que se encuentran en mayor cantidad en el compost, siendo estas de dos tipos, mesófilas las cuales aparecen en la primera y en la última etapa de descomposición y aprovechan los hidratos de carbono y las proteínas de forma más simple. El otro tipo son las termófilas y se encargan inicialmente de degradar las proteínas y los hidratos de carbono no celulósicos y por último a las hemicelulosas y lípidos. Por este motivo se consideran a las bacterias una de las más importantes en el proceso de compostaje (Moreno J. et al., 2015).

TABLA 1-1.- Grupos fisiológicos de bacterias según su relación con la Temperatura de crecimiento.

TEMPERATURA °C			
GRUPO	MÍNIMO	MÁXIMO	ÓPTIMO
Mesófilos	10 – 15	35 – 47	30 – 45
Termófilos	40 – 45	60 – 80	55 – 75
Psicrófilos	-	-	-
Obligados	(-5) – (+5)	19 – 22	15 – 18
Facultativos	(-5) – (+5)	30 - 35	25 - 30

Fuente: (TITUAÑA M, 2009, p.24)

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

Actinomicetos.

Son procariotas, que crecen en forma de micelios filamentosos y forman esporas, un ejemplo es el género *Streptomyces*, cuyo micelio frecuentemente es confundido en las pilas de compost con micelio de algún hongo. En el compostaje desempeñan un papel importante ya que degradan compuestos orgánicos complejos, tales como: celulosa, lignina, quitina y proteínas. Sus enzimas les permiten degradar químicamente los desechos duros como, por ejemplo: cortezas, tallos, troncos, raíces y papel.

Hongos.

En el compost los hongos son importantes porque degradan los desechos resistentes, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición una vez que la mayoría de la celulosa ha sido degradada. Se separan y crecen produciendo muchas células y filamentos y pueden atacar los residuos orgánicos que son demasiado secos, ácidos o tiene bajo contenido de nitrógeno para la descomposición bacteriana. Los hongos son numerosos durante las fases mesofílica y termofílica.

1.1.4 El compost

1.1.4.1 Calidad del compost

El compost es un abono que se obtiene de la transformación de residuos orgánicos tanto de origen animal como vegetal, que han sido mezclados de forma que sean más fácilmente degradados por los microorganismos que se encuentran de forma natural en los residuos. Este abono también es conocido como “tierra vegetal” o “humus” y es usado como enmiendas para el suelo porque tiene una gran cantidad de macro y micronutrientes. El compost puede ser un excelente factor de protección y conservación de los suelos, siempre que se haya realizado el proceso siguiendo las normas establecidas (Medina Lara, et al., 2017).

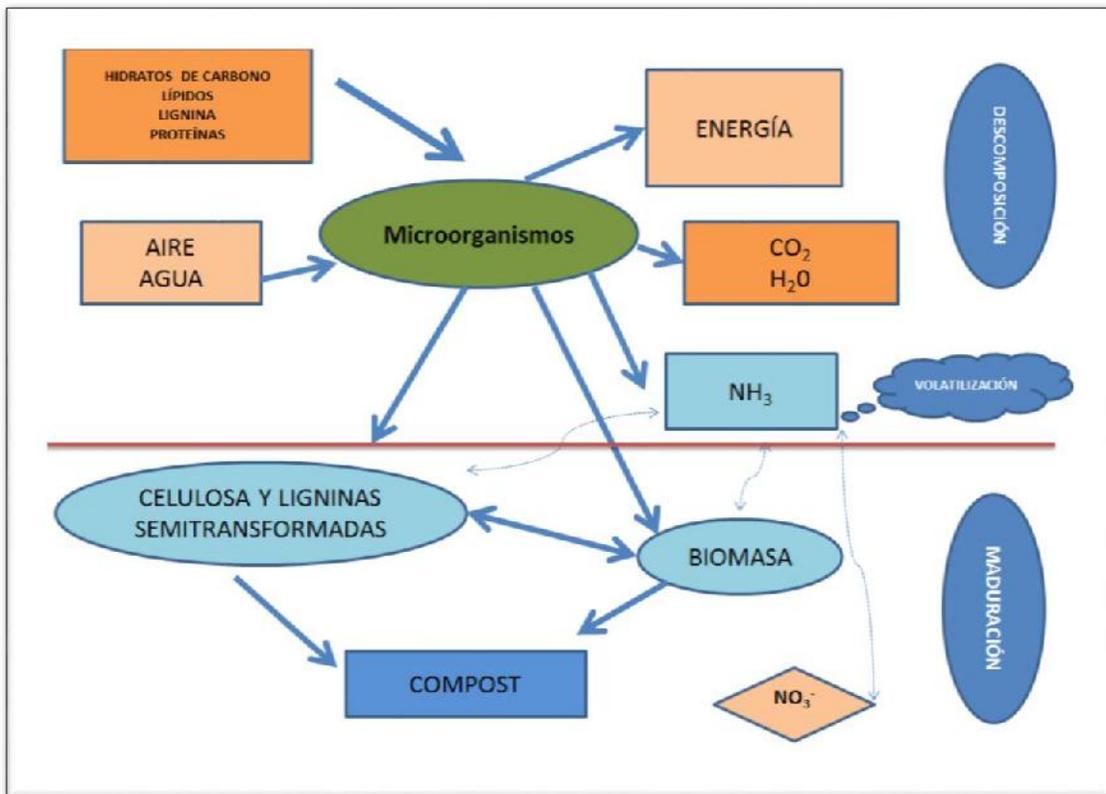


Figura 3–1: Fases del proceso de compostaje

Fuente: (Hernández, 2014, p.14)

1.1.4.2 Utilización del compost

El compost es un abono con diferentes propiedades, según las características y tipos de residuos orgánicos con el que fue elaborado. Puede ser utilizado como enmiendas orgánicas, al igual que otros abonos orgánicos como el vermicompost o los abonos verdes. Su principal función es la de mantener o incrementar el contenido de materia orgánica del suelo para incrementar los rendimientos de cosechas o aportar nutrientes. Cuando el compost tenga un alto contenido de metales, son empleados para abonos de plantas de parques y jardines de las ciudades, mientras que si poseen concentraciones altas en sales son aplicados para abonar suelos agrícolas desgastados y poder recuperarlos, sin embargo, la concentración de sodio no puede llegar a sobrepasar el límite más allá del 0,5 % sobre la cantidad de materia seca total.

La dosis de compost más adecuada es aquella que permite alcanzar unos niveles del 2-4% de materia orgánica en el suelo procurando distribuir la enmienda a lo largo del tiempo, de forma general se recomienda dosis de 20 – 50 ton/Ha cada 2 – 3 años (Sanabria. M, 2013, p. 27).

1.1.4.3 Ventajas del compost sobre las propiedades del suelo

TABLA 2-1.- Ventajas de la aplicación de compost.

APLICACIÓN	VENTAJAS
<p>La aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos, y huminas). Que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo.</p>	<p>A) mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye ésta en suelos arcillosos.</p>
	<p>B) mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua.</p>
	<p>C) estimula el desarrollo de plantas</p>
	<p>D) mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial.</p>
	<p>E) eleva la capacidad tampón de los suelos.</p>
	<p>F) su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta.</p>
	<p>G) el humus aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo.</p>
	<p>H) la materia orgánica humificada tiene un potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo, los agentes de biocontrol inhiben o matan a los patógenos en la composta madura y por lo tanto inducen la supresión de la enfermedad.</p>

Fuente: (Herrán, et al., 2008, pp.60-62).

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

1.1.5 Marco legal para residuos sólidos y compost

1.1.5.1 Marco legal para la elaboración de compost

En referencia al marco legal para la elaboración de compost no existen aún normativas nacionales vigentes aplicables a esta actividad por lo que para ello se utilizan normativas internacionales referentes a la presencia de metales pesados, patógenos y vectores. Por ejemplo, la Normas EPA (Fed.Reg.40, CFR. Parte 503,1981) y las de la Unión Europea (Council Directive 86/27/278/ EEC). Para el manejo de vectores y patógenos se emplean las normas ecuatorianas donde el estiércol y residuos que se someta a un proceso de compostaje, garantice y registre que la relación C/N de las materias primas se encuentre dentro del rango de 25:1 a 40:1, que a lo largo del proceso de compostaje se den 5 volteos y al menos durante 5 semanas se mantenga dentro de un rango de temperatura de 55°C a 76°C (MAGAP, 2013, p 46).

Las pilas que no cumplan estos rangos de temperaturas son desechadas y reintegradas como material estructurante de pilas nuevas. Una vez finalizado el proceso, el material es cribado con una malla de 0,5 cm y el producto debe ser analizado para verificar coliformes fecales las mismas que deben ser inferior a 1000 NMP/g de material seco y no más de 3 NMP de Salmonella por cada 4 gramos de estiércol procesado para posteriormente ser empacado y comercializado (Mazzarino, 1994, p.2).

Según (Román, et al., 2013), varios países latinoamericanos no disponen de normas nacionales para la calidad del compost, sin embargo, algunos países están elaborando sus propias normas de calidad con base a normativas internacionales, siendo Chile el pionero. La calidad de los compost elaborados de diferentes materias primas se rige a los rangos establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Varias entidades nacionales públicas y privadas con actividades relacionadas a la producción orgánica en el Ecuador, se rigen al instructivo vigente de la Normativa General para promover y regular la Producción Orgánica–Ecológica–Biológica en el Ecuador, publicada en el registro oficial No. 34 del 11 de julio del 2013, en la cual se incorporan disposiciones y técnicas para la producción, su etiquetado y control de los productos orgánicos con la finalidad de brindar a las personas y colectividades productos y alimento sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en absoluta correspondencia con sus identidades y tradiciones culturales propias (Agrocalidad, 2019).

Según el Real Decreto 06/2013 destinado a fertilizantes, clasifica a los compost en tres grupos diferentes en base a la concentración máxima permisible de ciertos parámetros y metales pesados estableciendo las siguientes categorías:

Compost clase A:

Es un producto fertilizante obtenido a través de un proceso de humificación, el mismo que es de alta calidad por lo cual puede ser aplicado directamente sobre el suelo (INEN, 2003, p 7).

Compost clase B:

Es un producto fertilizante que a pesar de ser obtenido mediante un proceso de humificación presenta algunas limitaciones para su uso directo, por lo cual para su aplicación requiere ser mezclado con otros elementos (INEN, 2003, p 8).

Compost inmaduro o sub estándar:

Cuando la materia orgánica que ha pasado por las etapas Mesofílicas y termofílica del proceso de compostaje, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost Clase A o Clase B. Es un producto que se debe mezclar para ser aplicado para no producir hambre de nitrógeno (INEN, 2003, p 8).

1.1.5.2 Marco legal para residuos sólidos

TABLA 3-1.- Marco legal

CUERPO LEGAL	REGISTRO OFICIAL	ARTÍCULO / ÍTEM / LITERAL
Constitución de la República del Ecuador	R.O. No. 449, 2008/10/20	1; 3 Numeral: 4, 5, 7 y 8; 10; 14; 15; 30; 31; 32; 66; 71; 72; 73; 74; 83; 263; 264 Numeral: 1, 2, 3, 4; 275; 277 Numeral: 1; 278 Numeral: 2; 395 Numeral: 1, 2, 3; 396; 397 Numeral: 1, 2, 3, 4, 5, 6; 398; 399; 408; 409; 411; 413; 414 y 415
Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017	R. No. CNP–002–2013, 2013/06/24	Numeral: 6. Objetivos nacionales para el buen vivir; Objetivos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
Políticas Nacionales de Residuos Sólidos		32; 33
Ley Orgánica de Salud	Ley 67, Suplemento R.O. 423, 2006/12/22	1; 3; 6; 11; 95; 96; 97; 98; 100; 104; 117; 118
Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	R.O. Suplemento 418, 2004/09/10	1; 6; 10; 11; 13; 14; 15 y 92
Ley de Gestión Ambiental	R.O. Suplemento 418, 2004/09/10	1; 2; 5; 7; 8; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23 Literal: a, b, c; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46 Literal: a, b
Ley de Patrimonio Cultural	R.O. 465, 2004/11/19	

		9; 15; 16; 17; 18; 19; 20 ; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	R.O. 305, 2014/08/06	1; 2; 3; 4; 12; 13; 14; 21; 22; 23; 24; 27; 32; 36; 37; 38; 39; 57; 58; 59; 60; 61; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 71 Literal: a, b, c, d, e, f, g, h, i; 74; 79 Literal: a, b, c, d, e, f, g; 80; 81; 84 Literal: a, b, c, d, e, f, g, h, i; 86 Literal: a, b, c, d; 94; 96; 135; 136; 137; 139; 140; 142; 145; 148; 149; 150; 151 Literal: a, b, c; 152; 153; 154; 155; 156; 157; 158; 159;
Ley Reformativa al Código Penal	18/03/2011	437 Literal: a, b, c, d, e; 607 Literal: a, b, c
Ley Orgánica del Servicio Público	06/10/2010	4
Ley Orgánica de Salud	Ley No. 64, R.O.S. 423, 2006/12/22	1; 3; 6; 11; 95; 96; 97; 98; 100; 104; 117; 118
Ley de Empresas Públicas	Ley s/n, R.O.S. 48, 2009/10/16	4; 17; 225
Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre Codificación 2004-017	R.O. No. 418; septiembre 10 de 2004	1; 2; 3; 4; 5 Literal: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j; 6 Literal: a, b, c, d, e, f, g ; 7; 8; 9; 10;12;13;16;23; 24; 29 Literal: a, b, c, d, e,f, g, h, i, j; 50; 51 Literal: a, b, c, d, e, f; 52; 54; 55;56;57; 58;59; 60; 61; 62; 64; 71; 72; 75;80;89
Ley del Régimen Municipal		3; 5; 12
Ley de Defensa Contra Incendios	R.O. 815; del 19 abril 1979 actual	1; 2; 3; 4;5; 6; 7 Literal: a, b, c ; 8; 11; 20;22; 27; 50; 51; 54;55; 64; 68; 71
Codificación de la Ley de Aguas, No. 16	R.O. 339, 2004/05/20	1; 20; 22
COOTAD	R.O. 2010/10/15	7; 54 Literal: k; 55; 57 literal: a; 87 literal: a; 84 literal: k; 116; 136; 137; 263 Competencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 264

		Competencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14; 267 Competencia: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 277
Acuerdo Ministerial 061 Sustitúyase el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente TULSMA LIBRO VI	R.O. Edición Especial No. 316, 2015/05/0	1; 2; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 47; 48; 49; 50; 51; 54; 55; 56; 57; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67; 68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75;76; 77; 78; 79; 80; 81; 86; 88; 91; 92; 100; 101;102 ;106; 112;113; 114; 116; 117; 118; 192;209;212; 213; 222; 223;232;233; 234; 235; 236
Acuerdo Ministerial No. 052 reforma al Acuerdo No. 031 de 17 de mayo de 2013. Acuerdo Ministerial No. 031	R.O.705 del 17 mayo del 2012	5; 6; 7
Acuerdo Ministerial 142	R.O. 856, 2012/12/21	1; 2 y 3
Acuerdo Ministerial 026	R.O. Suplemento 334, 2008/05/12	1; 2; 3; 4; 92
Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas	R.O. EE-1, 2003/03/20	89; 90; 91
Acuerdo Ministerial 066 Instructivo al Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social	R.O. 36, 2013/07/15	1; 2; 3; 4 Numeral: 1, 2, 3; 5; 6; 7; 8; 9 Numeral: 1, 2, 3, 4, 5;10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30
Reglamento de Aplicación de los mecanismos de participación social establecidos en la Ley de gestión ambiental	D.E. 1040, 2008/04/22	6; 7; 8 Literal: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k; 10; 16 Literal: a, b, c

Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (RSST), Decreto 2393		46; 48; 175
Reglamento del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) de 3516 Ambiente	R.O. No. 725 diciembre 16 de 2002 rectificación suplemento R.O. de 31 de marzo del 2003	1; 3; 20; 32; 35; 37
Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas	R.O. EE-1, 2003/03/20	89; 90; 91
Reglamento General de la Ley de Patrimonio Cultural, Reglamento de Seguridad Salud para la Construcción y Obras Públicas		26;27; 30; 39
Ordenanza Municipal para el Manejo Integral de Desechos Sólidos en el Cantón Cayambe -2006		5; 18; 23; 24; 25
Código del Trabajo	Reforma 2012/09/26	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 347; 348; 349; 350; 351; 359; 410; 412 Numeral: 3, 6, 7; 430
Código penal del Ecuador		437 Literal: a, b, c d, e, k
Código Civil, Codificación 010	R.O. Suplemento 46 de 24 de Junio del 2005	1; 2; 3; 7; 8
Código de la Salud ley No. 67		1; 2;3;11;15
		12 Literal: a, b, c; 41

Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Ley 67	R.O. Suplemento 423 de 22 de diciembre de 2006	
Norma INEN 2841: 2014, Gestión Ambiental. Estandarización de colores para Recipientes de Depósito y Almacenamiento Temporal de Residuos Sólidos. Requisitos		Esta norma establece los colores para los recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos con el fin de fomentar la separación en la fuente de generación y la recolección selectiva. Objeto, Campo de aplicación, Referencias normativas, Términos y definiciones, Requisitos, Código de colores
Norma INEN 3864	27/09/2013	Ítem: 1; 2; 3; 4; 5; 6
Norma INEN 2266: 2010 (Primera Revisión): Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos		
Productos Químicos Industriales Peligrosos. Etiquetado de Precaución. Requisitos, Norma INEN 2288	11/07/2000	Ítem: 1; 2; 3; 4; 5; 6

Fuente: (Jiménez, 2015, p.35)

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar de estudio

2.1.1 *Datos generales de la ESPOCH*

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es una institución ecuatoriana de educación superior, con sede central en la ciudad de Riobamba. Desde 2012 pertenece a la Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados.

La ESPOCH se ha convertido en una universidad pionera en la educación a nivel nacional y con un alto auge de demanda de bachilleres por continuar sus estudios en dicha institución cada año. De ahí que la mayoría de los estudiantes que se encuentran en las diversas carreras provienen de lugares ajenos a la ciudad de Riobamba en donde se encuentra ubicada, de hecho, más de las tres quintas partes son estudiantes de otras provincias (ESPOCH, 2018).

2.1.2 *Lugar experimental*

El lugar de estudio en el que se realizó el proyecto es el centro de acopio de la ESPOCH, ubicado en:

País: Ecuador

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Ciudad: Riobamba

Dirección: Zona norte de la universidad ESPOCH, cerca de la facultad de Recursos Naturales frente al centro meteorológico de la universidad.

La función del centro de acopio es la de recibir los residuos que pueden ser aprovechados en la realización de abonos orgánicos, a través de tratamientos como compostaje, bocashi, etc. Aquí se desarrollan diversos proyectos de carácter educativo y de desarrollo ambiental con el propósito de mejorar el conocimiento y destrezas de los estudiantes de la institución.

Esta instalación se encuentra en una zona apartada y amplia y permite controlar de forma óptima los parámetros del proceso de compostaje u otros procesos.

Ubicación Geográfica:

Altitud: 2843 msnm

Latitud: 1°39'3.26"S

Longitud: 78°41'10.19"O

Características Climáticas:

Temperaturas: Máxima: 21°C

Mínima: 8°C

Promedio: 17°C

Precipitación media anual: 561mm



Figura 1-2: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Fuente: Google maps



Figura 2-2: Centro de Acopio de la ESPOCH.

Fuente: Google maps

2.1.3 Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación muestra varias características que la pueden identificar, entre ellas se puede mencionar las siguientes:

Por el tipo de enfoque es cuantitativa, cuantitativa porque durante el proceso de elaboración de compost se obtendrán una serie de datos de parámetros como pH, conductividad eléctrica, temperatura, humedad, etc., que permitirán evaluar los resultados finales de la investigación para determinar la calidad del compost.

Por su naturaleza la investigación es descriptiva porque permite describir y analizar las distintas fases del proceso de compostaje y sus características.

Por su tipo es aplicativa porque propone una solución inmediata para la disposición final de los residuos orgánicos generados en el bioterio de la ESPOCH, para que éstos sean aprovechados mediante la elaboración de un abono orgánico mediante un tratamiento biológico (compostaje), además de minimizar la contaminación ambiental por la inadecuada disposición final que tenían los residuos del bioterio.

Por su temporalidad es longitudinal porque se van a recolectar datos en un determinado tiempo.

2.2 Metodología

2.2.1 Materiales y equipos

Todos los materiales y equipos utilizados durante todo el proceso y desarrollo del proyecto en la parte de campo se mencionan en las siguientes tablas según su actividad.

Cuantificación de los residuos vegetales del comedor politécnico.

TABLA 1-2.- Componentes para recolectar y cuantificar los Residuos Sólidos Vegetales (RSV).

ACTIVIDAD		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Cuantificación de los residuos vegetales	EQUIPOS	Calculadora	1 unidad
		Balanza industrial	1 unidad
		Laptop	1 unidad
	MATERIALES	Recipientes plásticos	4 unidades
		Fundas industriales	varias
		Sacos	varios
		Guantes de látex	varios
		Mascarillas	varias
		Libreta de campo	1 unidad
	Palas	2 unidades	
MAQUINARIA	1 vehículo	1 unidad	

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

Preparación del compost en la fase de campo.

TABLA 2-2.- Componentes para la elaboración de compost.

ACTIVIDAD		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Recolección y preparación del residuo orgánico (Tamo)	EQUIPOS	Calculadora	1 unidad
		Balanza industrial	1 unidad
		Cernidero	1 unidad
	MATERIALES	Escoba	1 unidad
		Fundas industriales	varias
		Sacos	varios
		Guantes de látex	varios
		Mascarillas rectangulares	2 unidades
Libreta de campo	1 unidad		

		Palas	2 unidades
	MAQUINARIA	1 vehículo	1 unidad
Construcción de las pilas	EQUIPOS	Termómetro	1 unidad
		Balanza industrial	1 unidad
		Medidor de humedad	1 unidad
	MATERIALES	Palas	2 unidad
		Sacos	varios
		Guantes de látex	varios
		Mascarillas rectangulares	varios
Libreta de campo		1 unidad	
Recipiente plástico	1 unidad		
Monitoreo del proceso de compostaje	EQUIPOS	Termómetro	1 unidad
		Medidor de humedad	1 unidad
	MATERIALES	Regadera manual	1 unida
Verificación del rendimiento del proceso	EQUIPO	Balanza industrial	1 unidad
	MATERIALES	Sacos	varios
		Palas	2 unidad
		Escoba	1 unidad

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

DATOS EXPERIMENTALES

TABLA 3-2.- Datos de los componentes usados para armar las pilas.

TRATAMIENTO	RESIDUO	PESO (kg)	ESTADO
PILA 1	Residuos de cuy y conejo	72	Seco
	Cascarilla de arroz (Tamo)	216	Seco
	Residuos vegetales	216	Fresco
PILA 2	Residuos de cuy y conejo	108	Seco
	Cascarilla de arroz (Tamo)	162	Seco
	Residuos vegetales	270	Fresco

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

2.2.2 Montaje y seguimiento del experimento

La cuantificación de los residuos orgánicos producidos en el bioterio de la ESPOCH, se realizó con los datos obtenidos en cuatro meses (enero-abril 2018), siendo trasladados al centro de acopio de la ESPOCH para proceder a la separación del tamo y de las heces de los roedores. Para lograr una buena relación C/N, se identificaron residuos vegetales ricos en nitrógeno como los proporcionados por el Comedor Politécnico de la ESPOCH y también se utilizó el estiércol producido por los conejos y cuyes de la Granja de especies menores de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

En la nave de compostaje del Centro de acopio, se armaron dos pilas: Pila 1, formada por tamo, estiércol y residuos vegetales en proporción 3:1:3 y Pila 2: con los mismos residuos, pero en proporción 3:2:5. Los residuos se colocaron en capas formando pilas de forma trapezoidal de 1,5 m x 2m x 1,5m (altura, ancho, largo). Durante el proceso se controló la temperatura, humedad, aireación, pH, conductividad eléctrica (CE) y materia orgánica (MO) para su correcto seguimiento. El volteo fue manual y se realizó en función de la temperatura. Para los correspondientes análisis, se tomaron muestras representativas al inicio y final del proceso, así como también antes de cada volteo.

Cuando la temperatura se aproximó a la del ambiente, se procedió a bajar la altura de las pilas (50 cm) y dejarlas en reposo durante dos meses para su maduración.

Refinado

Concluido el proceso de maduración de las pilas, se procedió a realizar la clasificación del material mediante una malla con paso de luz de 1 cm de diámetro lo cual permitió separar todo el material no deseado del compost. El tamaño de la partícula del material compostado se considera óptimo si el tamaño de partícula es inferior a 1,6 cm. (Román, et al., 2013).

Almacenamiento

El compost fue recogido y colocado en sacos de plástico con una etiqueta y fueron almacenados en la bodega del centro de acopio de la ESPOCH, para posteriormente ser distribuido y usado con fines agrícolas

Muestreo

En total se tomaron 10 muestras: una al inicio, 8 durante el proceso antes de cada volteo realizado y una al final. Para esto establecieron 5 puntos: 2 en cada lado de la pila y un punto en la parte superior.

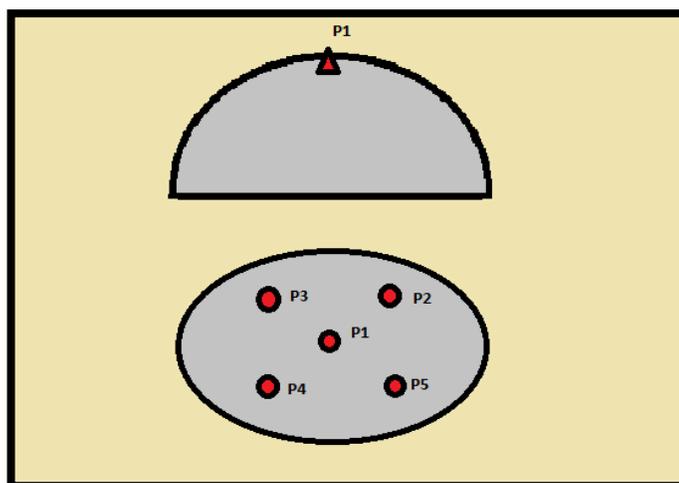


Figura 3-2: Puntos de muestreo

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

2.2.3 Técnicas

Las técnicas empleadas para la caracterización físicoquímica, química y biológica constan en los siguientes anexos: **ANEXO A:** Técnica para determinar el porcentaje de humedad, **ANEXO B:** Técnica para la determinación de materia orgánica, **ANEXO C:** Técnica para la determinación de pH y Conductividad eléctrica y el **ANEXO D:** Técnica para determinar el índice de germinación.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Análisis de los parámetros principales

3.1.1 Caracterización de los materiales iniciales.

La caracterización química de los materiales iniciales, de las pilas recién armadas y del compost obtenido se realizó en la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario.

TABLA 1-3.- Caracterización inicial de los componentes a compostar.

MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
TAMO	MO	PEE/SFA/42	%	80.2
	Nitrógeno	PEE/SFA/58	%	0.92
	Fósforo	PEE/SFA/37	%	0.09
	Potasio	PEE/SFA/38	%	0.73
ESTIÉRCOL DE RATONES	NT	PEE/F/14	%	2.24
	P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	3.57
	MO	PEE/F/09	%	86.67
RESIDUOS DEL COMEDOR	Nitrógeno	PEE/SFA/58	%	2.21
	Fósforo	PEE/SFA/37	%	0.2
	Potasio	PEE/SFA/38	%	2.07
	MO	PEE/SFA/42	%	68.50
ESTIÉRCOL DE CUY	NT	PEE/F/14	%	0.7
	MO	PEE/F/09	%	91.48
	P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.05
	Potasio	PEE/F/16	%	0.31

Fuente: (AGROCALIDAD, 2019)

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

NT: Nitrógeno Total, **P₂O₅:** Fósforo, **MO:** Materia Orgánica

En la tabla 1-3 se mostraron los resultados de los análisis iniciales de los residuos a ser compostados. Se pudo observar que los residuos de tamo presentaron bajos porcentajes de N y P en comparación con los residuos orgánicos vegetales provenientes del comedor politécnico y de estiércol, por lo que se decidió trabajar con mezclas de estos residuos para equilibrar el contenido de nutrientes. Con base en estos análisis se determinó la cantidad de residuos empleados de tal manera de establecer una relación C/N adecuada. Así, la Pila 1 tuvo una relación C/N 35.6 y la Pila 2 C/N 33.56. Estas relaciones concuerdan con lo establecido en la revisión bibliográfica.

3.1.2 Parámetros de control del proceso

TEMPERATURA

Las temperaturas de las pilas 1 y 2 subieron rápidamente durante la primera semana del proceso llegando a temperaturas máximas de 56.78°C y 64.3°C respectivamente. Esto sugiere una correcta porosidad de la pila debido a la presencia de tamo que actúa como agente estructurante (Cegarra et al., 2006). Es importante alcanzar estas temperaturas para lograr una correcta higienización del proceso y una rápida descomposición de la materia orgánica (Zhang et al., 2013). La pila 1 tuvo un descenso de temperatura en el día 7, debido posiblemente a la disminución de la humedad, provocada por la escasa retención de agua que presentó el tamo, pero al adicionar agua volvió a incrementarse hasta llegar a los valores anteriores. La pila 2 se mantuvo en valores superiores a 60°C. La mayor cantidad de residuos vegetales y de estiércol pudo contribuir a una mejor actividad microbiana inicial por la fácil biodegradabilidad de estos residuos (APTHAPI, 2018).

Transcurridas las primeras cuatro semanas, se evidenció un descenso de la temperatura en ambas pilas. Esto podría deberse al hecho de que la cascarilla de arroz (tamo) es un residuo rico en sílice que tarda en degradarse (Pode, 2016) y contiene carbono difícil de degradar (Genevini, Adani y Villa 2012, p. 136). La baja biodegradabilidad de las cáscaras de arroz podría estar relacionada con los altos contenidos de celulosa y lignina (Genevini, Adani y Villa 2012, p. 136), siendo éste un factor limitante para que las pilas puedan conservar altas temperaturas por largos períodos de tiempo, a pesar de los volteos realizados. En el compostaje de tamo de arroz en mezcla con purín de cerdo también se observó una fase termófila corta, atribuida a la baja degradabilidad del tamo (Meng et al., 2018).

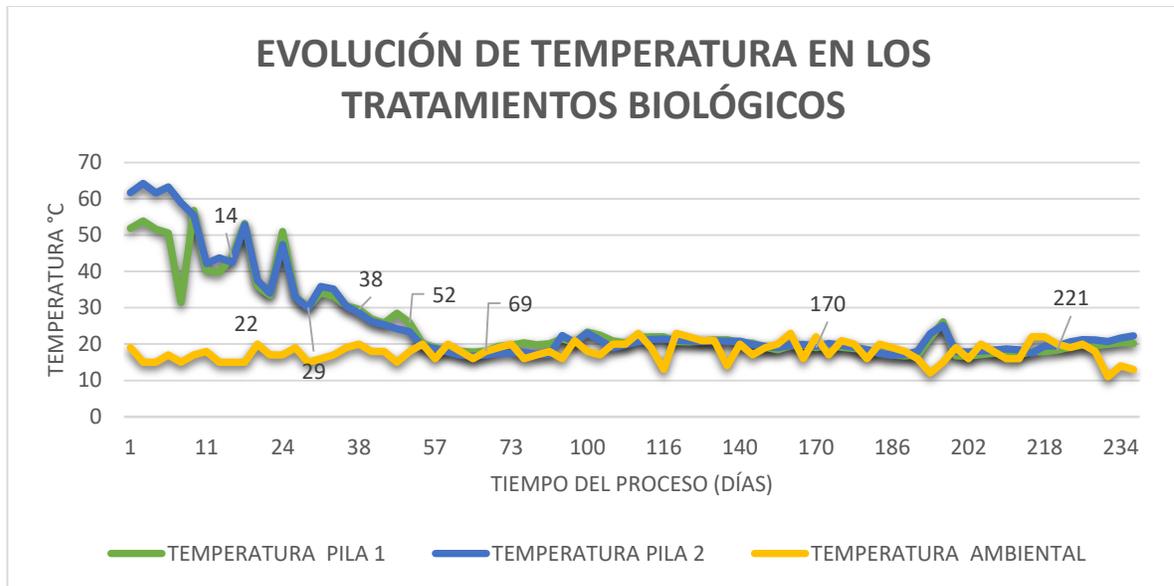


Gráfico 1-3: Evolución de la temperatura

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

La variación de pH está relacionada con la actividad metabólica de los microorganismos y los nutrientes del medio. Las pilas 1 y 2 alcanzaron un pH básico durante los primeros 29 días del proceso, posiblemente por los tipos de residuos que se usaron y su contenido orgánico, los cuales en su mayoría eran col, lechuga, haba, ricos en nitrógeno que al estar en un ambiente húmedo hicieron posible la formación de amoníaco. Esto coincidió con lo descrito por (Osomo, 2016) que indicó que un mayor contenido de N en la biomasa inicial puede ocasionar el aumento del pH desde el inicio del proceso, debido a su transformación en amoníaco y posterior ionización en amonio. Conforme avanza el proceso, el pH disminuye como consecuencia de la descomposición de los lípidos y glúcidos en ácidos pirúvicos y de proteínas en aminoácidos (Navarro García y Navarro García 2014, pp. 185-190), los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino o neutro.

Los valores finales de pH obtenidos de los compost (7.72 y 7.84) se consideran óptimos pues están dentro de los rangos permisibles según a lo establecido en la legislación española (BOE, 2013) en donde considera que valores de pH entre 6,5 a 8,5 son aceptables.

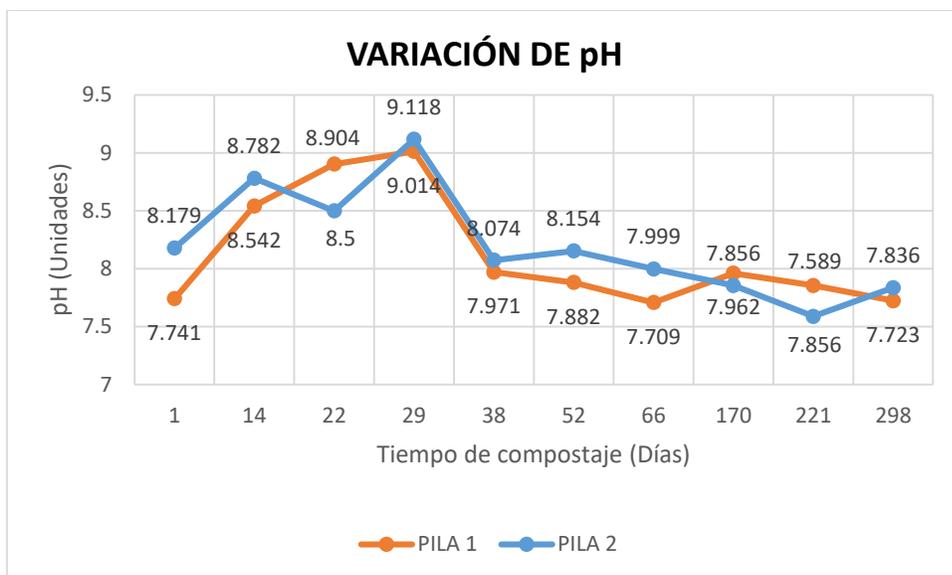


Grafico 2-3: Evolución del potencial de hidrógeno pH.

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

La variación de CE fue mínima. Así, en la pila 1 pasó de 5.13 a 4.84 dSm^{-1} y en la pila 2 de 3.42 dSm^{-1} a 3.75 dSm^{-1} . Es preferible que el compost presente valores bajos de CE para que no perjudique el crecimiento de las plantas y la germinación de las semillas debido a la presencia de sales asociadas con la concentración de elementos como sodio y potasio (Banegas et al. 2007). La CE disminuyó al final solo en la pila 1 pues, al tener una mayor proporción de tamo, pudo haber una pérdida neta de sales solubles posiblemente debido a una menor capacidad de retención de agua y una mayor lixiviación (Leconte et al. 2009, p. 2452). Los dos compost presentaron valores de CE inferiores a 6 dSm^{-1} , lo cual es ideal para un compost de calidad de acuerdo con la norma (Us Composting Council, 2001).

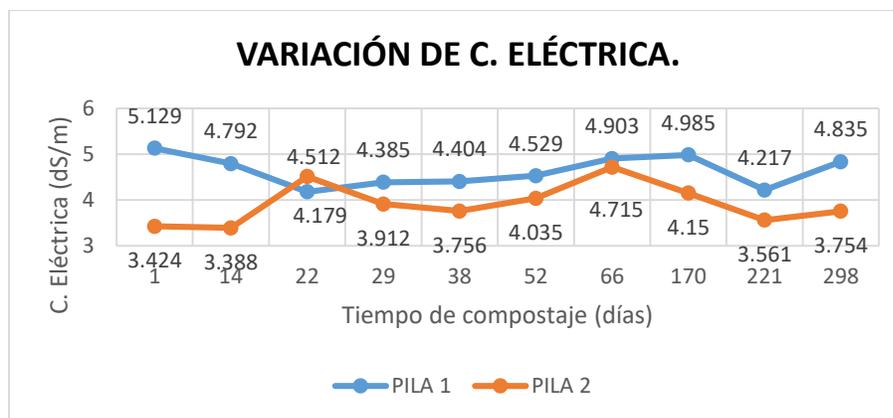


Gráfico 3-3: Evolución de la conductividad eléctrica.

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019.

3.1.2.1 Parámetros químicos

MATERIA ORGÁNICA (MO)

La disminución del porcentaje de materia orgánica se debió a la mineralización de los componentes biodegradables que conforman las pilas y a la actividad microbiana que transforma el carbono en otros compuestos. En las pilas 1 y 2 se inició con un porcentaje de MO de 78.61% y 79.05% respectivamente y una vez finalizado el proceso se obtuvo porcentajes de MO de 43.28 y 43.45% los cuales son valores aceptables que un compost debe poseer para poder ser empleado para fines agrícolas. Debido a las temperaturas iniciales altas, la lignina pudo degradarse principalmente en las etapas iniciales y en menor proporción en las etapas finales del proceso, por lo que en la etapa de maduración, la pérdida de materia orgánica fue menor (Yañez et al. 2010). Resultados similares fueron observados en el compostaje de residuos de rosas, estiércol de las camas de pollos, de camas de codorniz y aserrín (Idrovo, 2018).

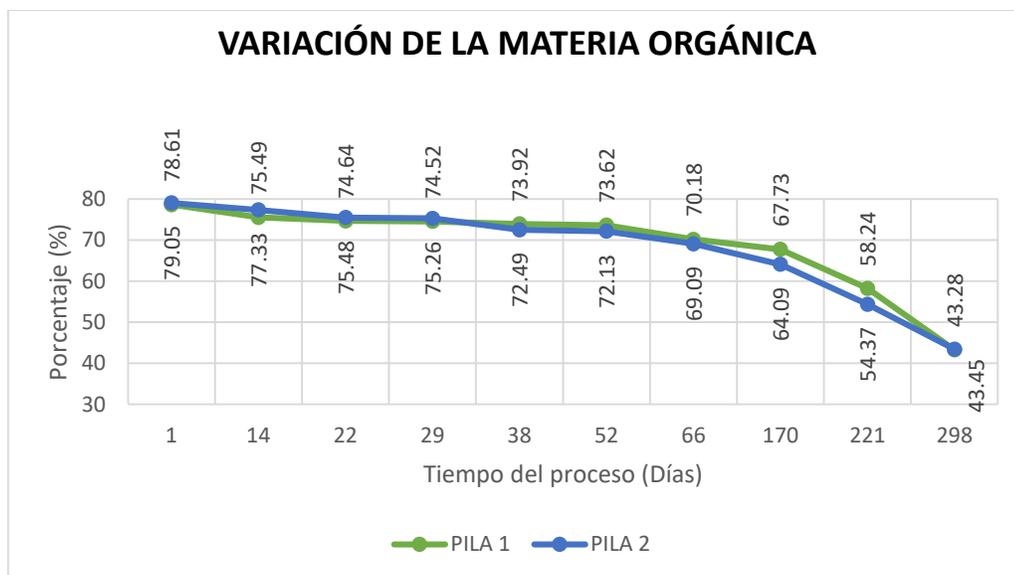


Gráfico 4-3: Evolución de la materia orgánica.

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

Relación C/N

En la Tabla 2-3 se puede ver la evolución de la relación C/N. El carbono y el nitrógeno son nutrientes esenciales para el crecimiento de los microorganismos y producción de energía durante el compostaje. Normalmente se recomienda partir con una relación C/N de 20 a 35 (Zhang et al., 2013, p. 24). Como se esperaba, esta relación en las dos pilas fue decreciendo conforme avanzó el proceso, llegando a valores de 13.84 y 15.54 para las Pilas 1 y 2 respectivamente. Esto se debió a las pérdidas de materia orgánica y a la concentración de nitrógeno en las pilas. Si bien la pérdida de N durante el proceso de compostaje es importante en la mayoría de los trabajos, algunos autores observaron la conservación de N (Huang et al., 2004; Banegas et al., 2007), probablemente debido al uso de materiales lignocelulósicos en la mezcla como es el caso del tamo, que potenciar la inmovilización del N en la biomasa microbiana (Leconte et al. 2009, p 2451).

TABLA 2-3.- Parámetros analizados durante el proceso de compostaje en ambos tratamientos.

TRATAMIENTO	PARÁMETRO ANALIZADO	MUESTRAS										UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE ANÁLISIS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
PILA 1	Tiempo de obtención	1	14	22	29	38	52	66	170	221	298	días	-
	C. Eléctrica	5.13	4.79	4.18	4.39	4.40	4.53	4.90	4.99	4.22	4.84	dS/m	Conductimetría
	pH	7.74	8.54	8.90	9.01	7.97	7.88	7.71	7.96	7.86	7.72	Unidades	Potenciométrico
	M. Orgánica	78.61	75.49	74.64	74.52	73.92	73.62	70.18	67.73	58.24	43.28	%	Gravimétrico
	Nitrógeno Total	1.2									1.70	%	Cálculo a partir de la materia orgánica
	Fósforo (P ₂ O ₅)	0.47									5.37	%	Colorimétrico
	C/N	35.6									13.84		
	Potasio (K ₂ O)	1.53									2.02	%	Absorción atómica
	Cobre	0.001									0.0059	%	Absorción atómica
	Zinc	0.01									0.03	%	Absorción atómica
	Humedad	5.29									44.74	%	PEE/F/18
	Tamaño de partícula	variado									3	cm	Cribado

	Color	Par do clar o									Par do osc uro	-	Sensori al	
	Olor	Am onia cal									Tier ra fres ca	-	Sensori al	
	Índice de Germinación	47.1 3									102. 19	%	Germina ción y elongaci ón	
PILA 2	Tiempo de obtención	1	14	22	29	38	52	66	170	221	298	días	-	
	C. Eléctrica	3.42	3.39	4.51	3.91	3.76	4.04	4.72	4.1 5	3.56	3.75	dS/m	Conduct imetría	
	pH	8.17 9	8.78 2	8.5	9.12	8.07	8.15	7.99	7.8 6	7.59	7.84	Unida des	Potenci ométric o	
	M. Orgánica	79.0 5	77.3 3	75.4 8	75.2 6	72.4 9	72.1 3	69.0 9	64. 09	54.3 7	43.4 5	%	Gravim étrico	
	Nitrógeno Total	1.28										1.52	%	Cálculo a partir de la materia orgánica
	C/N	33.5 6										15,5 4	%	
	Fósforo (P ₂ O ₅)	0.88										4.44	%	Colorim étrico
	Potasio (K ₂ O)	1.91										1.81	%	Absorció n atómica
	Cobre	0.00 2										0.00 4	%	Absorció n atómica
	Zinc	0.01 1										0.03	%	Absorció n atómica

	Humedad	4.60									42.27	%	PEE/F/18
	Tamaño de partícula	variado									3	cm	Cribado
	Color	Par do claro									Par do oscuro	-	Sensorial
	Olor	Am onia cal									Tier ra fresca	-	Sensorial
	Índice de Germinación	78.06									94.81	%	Germinación y elongación

Fuente: (Agrocalidad, 2019)

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

El fósforo y el potasio son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Al final del proceso de compostaje los porcentajes de estos macronutrientes aumentaron en ambas pilas. Esto indicó que la adición al tamo de excretas de animales y residuos vegetales fue adecuada y propició la presencia de estos elementos en el compost final. Los valores obtenidos de P y K sobrepasaron los porcentajes establecidos en la legislación española que indican que el porcentaje de macronutrientes N, P, K debe ser \geq al 1% (BOE, 2013).

El compost obtenido de las dos pilas presentó una granulometría apropiada, un olor a tierra húmeda y ausencia de vectores (moscas). Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de t Student a tres parámetros de las pilas 1 y 2. Al respecto los resultados mostraron que las diferencias son altamente significativas para el pH y el IG al verificarse valores <0.01 . La conductividad eléctrica por el contrario demostró no tener diferencias significativas con valores >0.05 .

TABLA 3-3.- Análisis estadístico de los parámetros en las pilas.

PARÁMETRO	MUESTREO	PILA 1	PILA 2	t student
pH	INICIAL	7.74	8.18	0.003***
	FINAL	7.72	7.84	
CE	INICIAL	5.13	3.42	0.372 ns
	FINAL	4.84	3.75	
IG	INICIAL	47.13	78.06	0.004***
	FINAL	102.19	94.81	

pH: Potencial de Hidrógeno, CE: Conductividad Eléctrica, IG: Índice

de Germinación. ***Estadísticamente Significativo $P < 0.01$, **Significancia Media < 0.05 y ns: No significativo > 0.05 . $P < 0.05$.

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

3.1.2.2 *Parámetro biológico: Índice de germinación y microbiológico.*

ÍNDICE DE GERMINACIÓN

Si el IG es superior al 80% es un indicativo de madurez y de ausencia de fitotoxicidad del compost (Masaguer, et al., 2015).

En el gráfico 5-3 se muestra los porcentajes de IG inicial y final de los compost de las pilas 1 y 2. Estos altos porcentajes (P1 102.19% y P2 94.81%) indican que los compost obtenidos en los dos tratamientos están dentro del rango requerido para ser usados directamente en suelos agrícolas e inclusive como sustratos de cultivo de plantas. El aumento en el porcentaje del índice de germinación se debió a que hubo una conversión eficiente de la materia orgánica durante el proceso. Es posible que el tiempo de maduración prolongado haya brindado una mayor estabilización que indiscutiblemente proporciona beneficios para el sistema planta-suelo (Guidoni et al. 2018). Resultados similares se obtuvieron en compost preparados con residuos de mercado y de jardinería urbana de la ciudad de Riobamba (Jara, J, 2016).

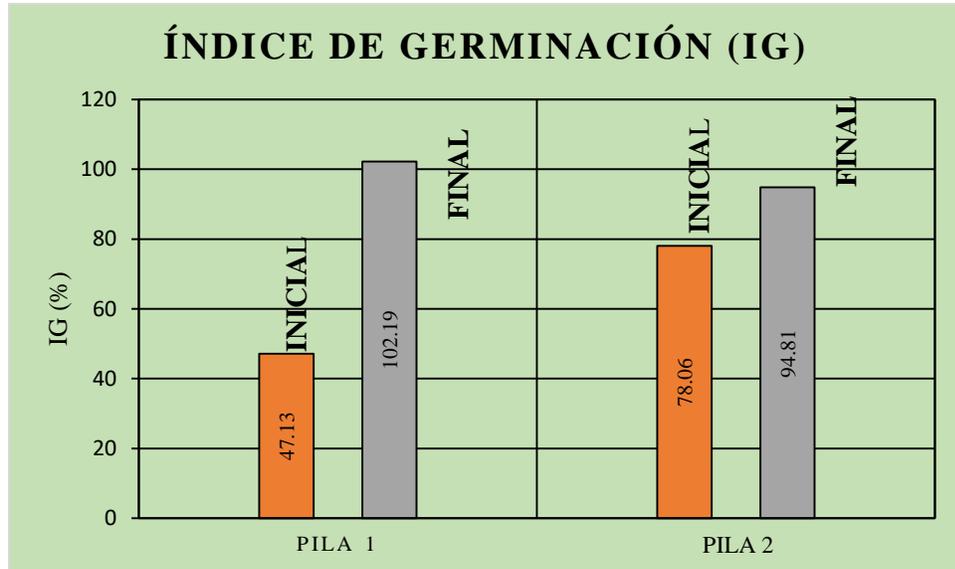


Gráfico 5-3: Variación del índice de germinación.

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019.

TABLA 4-3.- Caracterización microbiológica del compost obtenido de la pila 1 y 2.

MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
PILA 1	Coliformes totales	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/03	UFC	1×10^3 UFC/1g	1×10^4 UFC/1g
	E. coli	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/03	UFC	2×10^2 UFC/1g	< 1
	Aerobios totales	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/01	UFC	1×10^8 UFC/1g	1×10^8 UFC/1g
	Salmonella	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/02	Ausencia/Presencia	Ausencia	Ausencia
	Mohos	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/04	UPC	< 1	< 1
	Levadura	Petrifilm, Método en Placa	UPC	2×10^6 UFC/1g	1×10^6 UFC/1g

		PEE/BMB/04			
PILA 2	Coliformes totales	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/03	UFC	6x10 ² UFC/1g	1x10 ⁴ UFC/1g
	E. coli	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/03	UFC	3x10 ² UFC/1g	1x10 UFC/1g
	Aerobios totales	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/01	UFC	1x10 ⁸ UFC/1g	1x10 ⁸ UFC/1g
	Salmonella	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/02	Ausencia/Presencia	Ausencia	Ausencia
	Mohos	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/04	UPC	< 1	< 1
	Levadura	Petrifilm, Método en Placa PEE/BMB/04	UPC	1x10 ⁶ UFC/1g	1x10 ⁶ UFC/1g

Fuente: (Agrocalidad, 2019)

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

La tabla 4-3 muestra unos valores microbiológicos aceptables para un compost de calidad, en cuanto a *E. coli* debe ser menor a 1000 UFC/g según la decisión 2015 de la UE y esto se puede evidenciar en el resultado final de ambas pilas, además de que tienen ausencia de *Salmonella* como indican los criterios ecológicos para enmiendas orgánicas del suelo y para sustratos de cultivo de la UE.

Rendimiento

El peso inicial de la Pila 1 fue de 504 kg de residuos sólidos orgánicos, mientras que la pila 2 comenzó con 540 kg. Al final del proceso se obtuvo como producto un abono orgánico (compost) de 196.8 kg para la pila 1 y de 205.8 kg para la pila 2. Es decir, el rendimiento del proceso para la pila 1 y 2 fue del 40.44% y de 39.41%. Parte de la materia orgánica se perdió como dióxido de carbono. También se debe considerar que en cada volteo se tomaron muestras de 1 Kg para realizar los respectivos análisis y controlar el avance del proceso.

CONCLUSIONES

- La recolección de tamo de las instalaciones del bioterio de la Facultad de Ciencias fue realizada en el período enero-abril del año 2018. Durante este tiempo se determinó una producción aproximada de 552.2 kg de tamo y de 90.5 kg de estiércol de ratas y ratones. Por su baja densidad, este residuo ocupa un gran espacio por lo que debe ser tratado rápidamente.
- Se analizaron los residuos orgánicos de tamo y de heces de ratas y ratones provenientes del bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Los contenidos de carbono y nitrógeno del tamo determinaron que debía ser co-compostado con residuos ricos en nitrógeno y carbono fácilmente biodegradable. Los residuos vegetales del Comedor Politécnico y de las excretas de cuyes de la Granja de especies menores de la Facultad de Ciencias Pecuarias fueron los residuos escogidos.
- La verificación de la calidad de los compost obtenidos se realizó con la medición de parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos (pH, CE; %MO, N, P, K, %IG) y microbiológicos. Se concluyó que se obtuvieron abonos que cumplen con los criterios de calidad estándar según las normas del US Composting Council y la legislación española para abonos orgánicos. Adicionalmente estos abonos están libres de microorganismos patógenos.
- Se analizaron los efectos fitotóxicos de los compost producidos mediante el bioensayo de índice de germinación empleando semillas de berro (*Lepidium sativum*), sensibles a fitotóxicos como amonio, ácidos orgánicos volátiles, polifenoles, sales y metales pesados. Los resultados revelaron que los compost están libres de fitotoxinas ya que alcanzaron un índice de germinación de más del 100% en la pila 1 y de 94.81% en la pila 2, superando así el 80% que debe tener un compost maduro sin fitotóxicos.

RECOMENDACIONES

- Realizar un ensamblaje de pila no mayor a 1.5m de alto y 2m de ancho para facilitar la manipulación y el control de los parámetros del proceso.
- Mantener un control constante de la humedad pues el tamo empleado en el proceso no absorbe agua con facilidad, dificultando su penetración hacia el interior de la pila.
- Triturar los residuos orgánicos al inicio del proceso asegurando un tamaño de partícula apropiado de 1 a 5 cm para reducir el tiempo de descomposición.
- Usar instrumentos de medición confiables para la determinación de los parámetros de control y así obtener mediciones confiables.
- Se recomienda realizar nuevas investigaciones con los residuos de tamo, puesto que su generación es constante y permanente.

BIBLIOGRAFÍA

AGROCALIDAD. *Agencia de Regulacion y Control Fito y Zoosanitario.* [En línea] (Normativa) 2019. [Citado el: 7 de Noviembre de 2018.] <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/certificacion-organica/1.Normativa-e-instructivo-de-la-Normativa-General-para-Promover-y-Regular-la-Produccion-Organica-Ecologica-Biologica-en-Ecuador.pdf>.

ALTAMIRANO, María y CABRERA, Carlos. *Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual (Diplomado Gestión Ambiental).* 2006, Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG;pdf. Vol.9. N° 17., pp. 75-84.

APTHAPI. La Facultad de Agronomía. [En línea] (Revista Científica) *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA.* 2018. [Citado el: 9 de Junio de 2019.] http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/apt/v4n1/v4n1_a01.pdf.2018

BANEGAS, V., et.al. *Composting anaerobic and aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust.* *Waste Management*, vol. 27, no. 10, 2007 pp. 1317-1327. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2006.09.008.

BLANCO, Jaime. *Acondicionadores y Mejoradores del Suelo: Compost.* Colombia Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – PRONATTA. (s.l.) p. 17. [En línea] 2012. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718153746_Acondicionadores%20y%20mejoradores%20de%20suelo.pdf.

BOE. Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado* [en línea]. 2013. [Citado el: 17 julio 2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-7540>.

BORRERO, Cesar Augusto. *Abonos orgánicos.* *AGRI.NOVA Science.* [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Octubre de 2018.] http://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp.

CEGARRA, J., et.al. Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive-mill by-product (“alperujo”) managed by mechanical turning. *Waste Management*, vol. 26, no. 12, 2006, pp. 1377-1383. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2005.11.021.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES PORCINAS. CIAP. *Abonos Orgánicos. Agricultura Ecológica.* [En línea] 2015. [Citado el: 23 Junio 2019] Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/abono%20organico.pdf>.

CASTRO, Y. P., et.al. *Aplicaciones de Tecnologías para el Aprovechamiento Integral de las Fracciones Celulósicas y Hemicelulósicas de la Cascarilla de Arroz.* [En línea] (Documento) (Científico) 2011. [Citado el: 25 Junio 2019] https://www.utadeo.edu.co/files/node/publication/field_attached_file/pdf-cascarilla_de_arroz-_pag-web_0.pdf.

CEPEDA, L y VALENCIA, S. *Aislamiento de Bacterias Lipolíticas y Determinación de Patógenos Humano Escherichiacoli y Salmonella sp. a partir de Residuos Orgánicos Domiciliares en Compostaje (Tesis) (Científica).* Bogotá : Universidad Javarina Facultad de Ciencias Microbiología Industrial. Carrera Microbiología Industrial., 2007.

CONN, P.M. *Animal Models for the Study of Human Disease.* S.l.: Academic Press. 2013. ISBN 978-0-12-415912-9.

CORBIT, R. *Manual de referencia de Ingeniería Medioambiental.* Madrid : Brage McGRAW-Hill interamericana de España, 2001.

DALZELL, H.W. y GRAY, K. R. y BIDDLESTONE, A. J. *Composting in tropical agriculture.* Segunda. England : International Institute of Biological Husbandry, 1981, pp. 36.

FÉLIX HERRÁN, Jaime Alberto, et.al. *Importance Of Organic Manures.* 1, México : s.n., Abril de 2008, Ra Ximhai, Vol. 4, pp. 60-62.

ECOAGRICULTOR. *Los abonos verdes: funciones y características.* Abonos-Sustratos-Compost. [En línea] 2014 [Citado el: 25 Marzo 2019] Disponible en: <https://www.ecoagricultor.com/los-abonos-verdes-funciones-y-caracteristicas/>

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL. EPA. (Leyes y Normas). *Reglamentos ambientales.* [En línea] 2017 [Citado el: 26 junio 2019] Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/leyes-y-normas-reglamentos-ambientales#find>

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. ESPOCH. [En línea] 2018. [Citado el: 18 de Septiembre de 2018.] Disponible en: <https://epoch.edu.ec/index.php/epoch.html>.

EUROPEAN COMMISSION. "*EU SCIENCE*" (Normativa) (Científica). [En línea] 2014. [Citado el: 14 de Junio de 2019.] Disponible en: <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrcsite/seville?id=6869EKINCI>.

FAO. *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.* Santiago de Chile–Chile : s.n., 2013, pp. 24-29.

FUNDESYRAM. *La Elaboración del Compost descripción general del proceso.* [en línea]. (Sitio) (Científico). [Citado el: 2 julio 2019]. 2011 Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=563>.

GENEVINI, P., ADANI, F. y VILLA, C. *Rice Hull Degradation by Co-Composting with Dairy Cattle Slurry.* 2012 pp. 14. ISSN 0038-0768.

GUIDONI, L.L.C., et.al. Home composting using different ratios of bulking agent to food waste. *Journal of Environmental Management*, vol. 207, 2018 pp. 141-150. ISSN 0301-4797. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.11.031.

HERRÁN, Jaime, SAÑUDO, Rosario y ROJO, Gustavo. IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo.* [En línea] abril de 2008. [Citado el: 18 de Noviembre de 2018.] Disponible en: [http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art\[1\]%204%20Abonos.pdf](http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art[1]%204%20Abonos.pdf).

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Ana Isabel. *Valoración de compost y vermicompost de residuos de jardinería como fitosanitarios en producción sostenible de patata y tomate. (Trabajo de Masterado).* Valladolid : s.n., Septiembre de 2014, Universidad de Valladolid Campus de Palencia, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, pp. 14.

IDROVO, Julio. "Composting as a method to recycle renewable plant resources back to the ornamental plant industry: Agronomic and economic assessment of composts". *"sciencedirect"*. [En línea] Mayo de 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582018300648>.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. “*Compost - Clasificación y requisitos*”. [En línea] 2003 [Citado el: 26 Junio 2019] Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>.

IPES. *Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en la Agricultura Urbana.* 2003, Revista de Agricultura Urbana, pp. 42-45.

JARA, Janneth. *"Oportunidades de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador"*. Madrid : ed. Madrid: Universidad Miguel Hernández de Elche, 2016, Universidad Miguel Hernández de Elche., pp. 106.

JARAMILLO H, Gladis., & ZAPATA M, Liliana M. *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.* (Tesis pregrado). (Especialista en Gestión Ambiental). Universidad de Antioquia, Facultad de ingeniería, Departamento de Posgrados de ambiental. [En línea] 2008. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <http://uniciencia.ambientalexinfo/infoCT/Apressolorgco.pdf>.

KYUNG HEE UNIVERSITY, DEPARTMENT OF PHYSICS, DONGDAEMOON-GU, SEOUL. "Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass". 2015, *ScienceDirect*, pp. 1469.

LECONTE, M.C., et.al. Co-composting rice hulls and/or sawdust with poultry manure in NE Argentina. *Waste Management*, 2009 pp. 8.

MAGAP. "Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica". [En línea] 2013 [Citado el: 25 Junio 2019]. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/ddo/guia-produccion-organica.pdf>

MANSO, A., et.al. A novel platform for distributed and remote real-time monitoring of animal model behavior in a bioterium. *Conference proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*, vol. 2017, 2017 pp. 3728-3731. ISSN 1557-170X. DOI 10.1109/EMBC.2017.8037667.

MASAGUER, Alberto. J. MORENO. G. MORALES. A. C. *Uso del compost como componente de sustratos para cultivo en contenedor* . Recursos orgánicos: Aspectos Agronómicos y Medioambientales. Madrid: Mundi-Prensa, 2015 p. 244.

MATTEY, P. E. y otros. "Application of rice husk ash obtained from agro-industrial process for the manufacture of nonstructural concrete blocks". *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, Diciembre, 35(2), 2015 pp. 285-294.

MAZZARINO, J., et al. LABUD. *Aprovechamiento Integral de Residuos orgánicos en el N.O.* Patagonia : s.n., 1994, pp. 2.

MEIRELLES A, et.al. *Agricultura Ecológica. Agricultura Ecológica. Principio Básico: Compostaje.* Brazil : Centro Ecológico (ed), 2010, pp. 26-38.

MEDINA LARA, M.S., et.al. Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 50, no. 2, 2018 pp. 206-210. ISSN 0325-7541. DOI 10.1016/j.ram.2017.03.010.

MENG, X., et.al. Effect of pig manure on the chemical composition and microbial diversity during co-composting with spent mushroom substrate and rice husks. *Bioresource Technology*, vol. 251, 2018, pp. 22-30. ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2017.09.077.

MOHEDO, Juan. *Estudio de la estabilidad durante el compostaje de residuos Municipales (Tesis Doctoral)*. Córdoba-Argentina : s.n., Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química, 2002 pp. 30-46.

MORENO J., et.al. *Aspectos biológicos de la estabilización aeróbica II.1* [en línea]. 2015. S.I.: Mundi-Prensa. [Citado el: 2 julio 2019]. Disponible en: [//www.mundiprensa.com/catalogo/9788484765677/aspectos-biologicos-de-la-estabilizacion-aerobica-ii-1](http://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484765677/aspectos-biologicos-de-la-estabilizacion-aerobica-ii-1).

NAVARRO GARCÍA, G. y NAVARRO GARCÍA, S. *Fertilizantes: química y acción*. Madrid: Mundi-Prensa. 2014. ISBN 978-84-8476-678-0.

OBARRA, Taldea. Grupo de trabajo técnico especializado en aprovechamiento integral de restos orgánicos. *Manual práctico de compostaje (s.l.)*. [En línea] (Documento) (Científico) 2014. <http://www.abarrataldea.org/manual.htm>.

OSORNO, Sergio. "Physicochemical and microbiological analysis of co-composting process from biomass legume and bovine rumen".2, REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS, Vol. Volumen 10, 2016 pp. 345–354.

PODE, R. "Potential applications of rice husk ash waste from rice husk biomass power plant". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016 pp. 18.

ROMÁN, Pilar, MARTÍNEZ, María M. y PANTOJA, Alberto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. [En línea] 2013. [Citado el: 21 de Enero de 2019.] <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

SANABRIA C, María F. *Proceso de validación en manejo y uso de residuos orgánicos*. Bogotá-Colombia : s.n., 2013, pp. 10-27.

SMALL, J.D. Environmental and equipment monitoring. [aut. libro] Institute for Laboratory Animal Research Committee on Rodents. *Laboratory Animals Management RODENTS*. Toronto : Foster,H.L.Small, J.D and Fox, J.G.eds., 1983, pp. 83-100.

TORTOSA, Germán. Criterios para obtener composts de calidad para la producción industrial de abonos y enmiendas orgánicas. *Compostando Ciencia*. [En línea] 15 de Mayo de 2013. [Citado el: 9

de Enero de 2019.] <http://www.compostandociencia.com/2013/05/criterio-calidad-composts-como-abonos-html/>

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. TULSMA. Marzo. 2017. pp 430-434.

URDANETA, Alejandrina SAENZ y Joheni. *Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe.* 2014, OMNIA, pp. 121-135.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO. UAEH. *Animales de experimentación.* [En línea] 2017. [Citado el: 20 de Septiembre de 2018.] https://www.uaeh.edu.mx/bioterio/animales_expe.html.

UNESCO. *Programa de las naciones unidas para el medio ambiente.* La ONU y el estado de derecho. [En línea] 23 de 9 de 1977. <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/.1977>.

US COMPOSTING COUNCIL . Usos de compost (Normativa) (Científica). *US Composting Council.* [En línea] 2001. [Citado el: 13 de Junio de 2019.] <https://www.compostingcouncil.org/.2001>.

VALENCIA, C. W. S. "*Elaboración y caracterización de compost obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la escuela superior politécnica de chimborazo*", (Tesis de Grado). [En línea] 2016 [Citado el: 26 Junio 2019] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4887/1/236T0180.pdf>

VÁSQUEZ, H. J. A. *Usos que se le pueden dar a la cáscara de arroz.* [En línea] 2016 [Citado el: 25 Junio 2019]. Disponible en: <https://www.contextogadero.com/agricultura/conozca-otros-usos-que-se-le-pueden-dar-la-cascara-de-arroz>

YAÑEZ, R., et.al. Selective organic compounds degradation under controlling composting conditions. *Waste Management*, vol. 30, no. 5, 2010, pp. 755-763. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2010.01.022.

ZBYTNIIEWSKI, R y BUSZEWSKI, B. *Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost.* *Bioresource Technology*, 2005 pp. 471-478.

ZHANG, et.al. Effects of brown sugar and calcium superphosphate on the secondary fermentation of green waste. *Bioresource Technology*, vol. 131, 2013, pp. 68-75. ISSN 0960-8524. DOI 10.1016/j.biortech.2012.10.059.

ZUCCONI, F., IGLESIAS, E. y PEREZ, V. Evaluating toxicity of immature compost Biocycle. [aut. libro]. Determination of maturity for city refuse compost agriculture. s.l. : *Ecosystems and environment* 1992, 1981, pp. 331-343.1981.

ANEXOS

ANEXO A: Técnica para determinar el porcentaje de humedad.

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
HUMEDAD	Se emplea para determinar el contenido de humedad de la muestra, el porcentaje de humedad se determina por gravimetría, que consiste en pesar la muestra húmeda, ésta se somete a un calentamiento a una temperatura entre 70 y 105 °C en una mufla o un secador hasta obtener un peso constate, la muestra seca se pesa de nuevo y por diferencia entre los pesos por la pérdida de agua. El principio operacional consiste en preparar la muestra, pesado, secado, enfriado y en un nuevo pesado de la muestra seca.	<ul style="list-style-type: none"> Balanza, Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> Calibrar el equipo entre 70 a 105 °C. Pesar la capsula o bandeja vacía. Pesar la muestra húmeda, puede incluir el peso del recipiente o no, depende de la capacidad de la balanza y del equipo para secar. Colocar el recipiente con la muestra en el equipo por un tiempo de 12 a 24 h o hasta secar la muestra. Retirar el recipiente con la muestra, para cantidades pequeñas colocar dentro de un desecador y dejar enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente. Pesar la muestra secada Calcular el porcentaje de humedad por diferencia de pesos. 	<p>ECUACIÓN:</p> $H = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>H: Contenido de humedad en porcentaje.</p> <p>G₀: Peso de la muestra en g antes de aplicar calor.</p> <p>G₁: Peso de la muestra en g después de haber aplicado calor</p>
		MATERIALES		
		<ul style="list-style-type: none"> Bandeja de aluminio, Espátula, Muestras a secar, Guantes 		

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

ANEXO B: Técnica para la determinación de materia orgánica

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
Materia orgánica	<p>Las muestras que se obtienen se caracterizan por tener compuestos inorgánicos y varios minerales como los fosfatos, cloruros, calcio, hierro, etc., para destruir todo el material orgánico presente en la muestra, por medio de incineración a temperaturas superiores a 400 ° C estos son eliminadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica, • Mufla, • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetar el crisol de 30 o 50 mL y colocar en la mufla durante 2 horas a una temperatura de 105 °C. • Sacar el crisol de la mufla, dejar enfriar en el desecador por 30 min, luego pesar con una balanza analítica y anotar el valor. • Al crisol vacío añadir de 3 a 5 g de la muestra, pesar y anotar su valor. • Colocar en la mufla por 24 horas a 430°C. • Sacar los crisoles y Colocarlos en el desecador por 30 minutos. • Pesar el crisol con la muestra calcinada anotando su valor. • Calcular el porcentaje de materia orgánica usando su expresión matemática. 	<p style="text-align: center;">ECUACIÓN:</p> $MO = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G_0} \times 100$ <p style="text-align: center;">Donde:</p> <p>MO: Contenido de materia orgánica en porcentaje. G₀: Peso en g del crisol vacío. G₁: Peso en g del crisol más la muestra seca. G₂: Peso en g del crisol más la muestra calcinada.</p>
	<p>Para determinar el porcentaje de materia orgánica total se lo hace cuantificando el peso que se pierde como consecuencia de la incineración de la materia orgánica de la muestra al ser expuesta a elevadas temperaturas entre 400 a 550 °C en dependencia de las necesidades requeridas.</p>	MATERIALES		
		<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles, • Espátula, • Desecador, • Guantes, • pinza 		

ANEXO C: Técnica para la determinación de pH y Conductividad eléctrica.

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
<p>Conductividad eléctrica y pH</p>	<p>CE: Se determina por análisis potenciométrico y se fundamenta en la disociación electrolítica y es utilizada en aguas o extracto de suelo y residuos sólidos, el instrumento consiste de dos electrodos de platino, que son introducidos en la solución para medir la capacidad de llevar la corriente eléctrica.</p> <p>pH: Se determina mediante análisis potenciométrico o electroquímico para determinar el pH de una muestra, es el más empleado para medir el potencial de un electrodo muy sensible a los iones H⁺ presentes en la muestra problema, el pH es la unidad potenciométrica de medición, que indica el grado de acidez o alcalinidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica, • Multiparámetro, • pH-metro • Bomba de vacío 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar de 3 a 4 g de la muestra y colocar en un vaso de precipitación de 100 mL. • Adicionar 30 o 40 ml de agua (Siempre se hace una proporción 1:10). • Agitar por 10 minutos vigorosamente. • Filtrar con papel filtro normal. • Ajustar los instrumentos de medición. • Introducir los electrodos del instrumento en la solución acuosa y realizar la medición de la conductividad eléctrica y pH. • Retirar los electrodos y lavar con agua destilada. 	<p>Lectura directa</p>
		MATERIALES		
		<ul style="list-style-type: none"> • Muestra a evaluar, • Probeta de 50mL, • Vasos de precipitación de 100 mL, • Kitasato, • Papel filtro, • Embudos buchner, 		

ANEXO D: Técnica para determinar el índice de germinación.

PARÁMETRO	FUNADAMENTO	EQUIPOS	PROCESO	FORMA DE CALCULAR
<p>Índice de germinación</p>	<p>Es una técnica usada para valorar las propiedades fitotóxicas de los residuos orgánicos o compost inmaduros. Se basa en utilizar un extracto acuoso de los materiales orgánicos para evaluar la germinación y crecimiento de semillas de plantas de respuesta rápida como es el Berro (<i>Lepidium Sativum L.</i>). En la cual se compara estos valores con los obtenidos para un control con agua destilada, se puede saber el porcentaje de germinación de las semillas y el porcentaje de elongación de las raíces, obteniendo por multiplicación el denominado índice de Germinación (IG). Valores superiores al 80 % acreditan que el compost es un producto estable para su uso en agricultura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica, • Autoclave • Bomba de vacío • Estufa de incubación 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pesa 3 g de muestra y se la humedece hasta alcanzar el 60% de humedad (4,5 mL de agua) Se deja en reposo durante 30´. • Se añade 13,5 mL de agua desionizada por gramo de muestra seca para diluir este extracto hasta el 10% (total 40,5 mL de agua) • Agitar durante 30´ • Centrifugar a 4000 rpm durante 10´ • Filtrar al vacío con papel de 0,45 micrómetros para esterilizar el extracto • Colocar papel filtro en las cajas Petri (10 cajas por tratamiento) • Colocar 8 semillas de rábano • Añadir 1mL de extracto acuoso 8Muestra mojando el papel en su totalidad • Como tratamiento testigo o blanco en vez del extracto se añade agua desionizada (10 cajas Petri) • Incubar las cajas Petri a 28°C por 48 horas, distribuyendo las placas en grupos de 5 y envolviéndolas con papel aluminio. • Se cuenta el número de semillas germinadas. PGR porcentaje de germinación relativo. • Con un pie de rey se mide la longitud de la elongación de las raíces por caja. CRR crecimiento de radícula relativo. • Los resultados se expresan como índice de germinación IG 	<p>ECUACIÓN:</p> $IG = \frac{PGR - CRR}{100}$ <p style="text-align: center;"><i>Nº semillas germinadas</i></p> $PGR = \frac{\text{en el extracto}}{\text{Nº de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$ <p style="text-align: center;"><i>Elongación de radícula en</i></p> $CRR = \frac{\text{el extracto}}{\text{Elongación de radícula en el testigo}} \times 100$ <p>Donde: IG: Índice de germinación. PGR: Porcentaje de germinación relativo. CRR: Crecimiento de radícula relativo.</p>
		MATERIALES		
		<ul style="list-style-type: none"> • Cajas Petri, • Pipeta de 5mL, • Pera de succión, • Papel filtro, • Papel aluminio • Probeta de 50mL, • Vasos de precipitación, • Kitasato, • Semillas de rábano • Embudos buchner 		

ANEXO E: Recolección de la cascarilla de arroz (Tamo)



Bioterio de la ESPOCH



Pesaje de la cascarilla de arroz



Almacenamiento del Tamo pesado



Separación de heces de la cascarilla

ANEXO F: Recolección de los residuos orgánicos del comedor



Cocina del comedor



Recolección y transporte de los residuos



Pesaje de los residuos orgánicos del comedor



Separación y secado del residuo

ANEXO G: Toma de muestra del tamo a caracterizar



Pila de tamo cernida



Cuarteo de la muestra a obtener



Cuarteo



Obtención de la muestra a analizar

ANEXO H: Ensamblaje de las pilas a compostar



Armado de capas



Ensamblaje de la segunda pila



Segunda capa de la pila 2



Ensamblaje completo de ambas pilas

ANEXO I: Control de los parámetros de humedad y temperatura



Medición de humedad de la pila 1



Medición de temperatura de la pila 1



Medición de humedad de la pila 2



Medición de temperatura de la pila 2

ANEXO J: Medición de los parámetros en los laboratorios



Preparación de las muestras a medir



Agitador de las muestras



Medición de pH y C. Eléctrica



Pesaje de la muestra para materia orgánica



Pesaje de los crisoles con las muestras



Incineración de las muestras para MO

ANEXO K: Prueba de índice de germinación



Filtración de las muestras



Obtención de las muestras



Preparación de las placas con las semillas de berro



Incubación de las semillas



Comparación de la pila 2 con la muestra blanco



Comparación de la pila 1 con la muestra blanco

ANEXO L: Fase final del proceso



Medición de temperaturas finales



Fase de maduración



Estiramiento y secado de las pilas para su recolección



Cernido de las pilas para su almacenamiento



Guardado de las pilas en sacos de plástico



Almacenaje de las pilas

ANEXO M: Resultados de análisis de las muestras

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/F/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS	Rev. 4
		Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0684
 Fecha emisión informe: 11-07-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: ANTONY JAVIER PULLOPAXI CIFUENTES

Dirección: Los Olivos

Teléfono: 0499294447

Correo Electrónico: antony1_in@hotmail.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

N° Orden de Trabajo: 06-2018-041

N° Factura/Documento: 007-4421

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante solido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: 16023	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Chimborazo	Coordenadas: X: ---
Cantón: Riobamba	Y: ---
Parroquia: Lizarzaburo	Altitud: ---
Muestreado por: Antony Pullopaxi	
Fecha de muestreo: 14/06/2018	Fecha de inicio de análisis: 27/06/2018
Fecha de recepción de la muestra: 26/06/2018	Fecha de finalización de análisis: 10/07/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180644	ESTIERCOL DE RATONES	NT	PEE/F/14	%	2.24	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	3.5743	---
		MO	PEE/F/09	%	86.67	---

²: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Mayra Quishpe, Ing. Edison Vega.

Observaciones: Los resultados están expresados en % p/p.

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---


AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
 Ing. Melissa Rea
 Responsable Técnica Laboratorio - ECUADOR
 de Calidad de Fertilizantes


AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
RECIBIDO
 TUMBACO - ECUADOR


AGROCALIDAD
 DGDA

12/07/2018

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS
Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,
Tumbaco - Quito
Teléf.: 02-2372-844/2372-845

PGT/SFA/09-FO02

Rev. 3

INFORME DE ANÁLISIS FOLIAR

Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E18-0748
Fecha emisión Informe: 02/05/2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Antony Javier Pullopaxi Cifuentes / Agrocalidad Chimborazo

Dirección: Los Olivos

Teléfono: 0999294447

Correo Electrónico: antony1_in@hotmail.com

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

N° Orden de Trabajo: 06-2018-029

N° Factura/Documento: 007-001-4250

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Foliar	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Chimborazo	Coordenadas:	X: ----
Cantón: Riobamba		Y: ----
Parroquia: Lizarzaburu		Altitud: ----
Muestreado por: Antony Pullopaxi		
Fecha de muestreo: 13-04-2018	Fecha de inicio de análisis: 25-04-2018	
Fecha de recepción de la muestra: 25-04-2018	Fecha de finalización de análisis: 02-05-2018	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-18-0/58	T01	Cenizas	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	19,8
		Materia orgánica	Gravimétrico PEE/SFA/42	%	80,2
		Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/58	%	0,92
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/37	%	0,09
		Potasio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,73
		Calcio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,31
		Magnesio	Absorción atómica PEE/SFA/38	%	0,07
		Hierro	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	154,32
		Manganeso	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	122,48
		Cobre	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	11,05
		Zinc	Absorción atómica PEE/SFA/39	mg/kg	30,84

Analizado por: Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

Observaciones:

Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliar y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
FOLIARES Y AGUAS**
TUMBACO - ECUADOR



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

RECIBIDO
TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



02 MAY 2018



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA
 Vía Interoceánica Km. 14% y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,
 Tumbaco - Quito
 Teléf.: 02- 2372-844/2372-845

PGT/MB/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS

Hoja 1 de 3

Informe N°: LN-MB-E19-079
 Fecha emisión Informe: 21/05/2019

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante²: Antony Pullopaxi

Dirección²: Los Olivos

Teléfono²: 0999294447

Correo Electrónico²: antony_pullopaxi23@hotmail.com

Provincia²: Chimborazo

Cantón²: Riobamba

N° Orden de Trabajo: 06-2019-057

N° Factura/Memorando: 010-221-222

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ² : Abonos	Conservación de la muestra ² : Refrigeración
Lote ² : -----	Tipo de envase ² : Fundas plásticas
Provincia ² : Chimborazo	
Cantón ² : Riobamba	
Parroquia ² : Lizarzaburo	
Responsable de toma de muestra ² : Antony Pollopaxi	
Fecha de toma de muestra ² : 06/05/2019	Fecha de inicio de análisis: 08/05/2019
Fecha de recepción de la muestra: 08/05/2019	Fecha de finalización de análisis: 21/05/2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ²	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ²
MB-19-117	T1 INICIAL	Coliformes totales	UFC	PEE/B-MB/03	1 x 10 ³ UFC / 1g	*
		E. coli	UFC	PEE/B-MB/03	2 x 10 ² UFC / 1g	*
		Aerobios totales	UFC	PEE/B-MB/01	1 x 10 ⁸ UFC / 1g	*
		Salmonella	Ausencia / presencia	PEE/B-MB/02	Ausencia	*
		Mohos	UPC	PEE/B-MB/04	< 1	*
		Levaduras	UPC	PEE/B-MB/04	2 x 10 ⁶ UFC / 1g	*
MB-19-118	T2 INICIAL	Coliformes totales	UFC	PEE/B-MB/03	6 x 10 ² UFC / 1g	*
		E. coli	UFC	PEE/B-MB/03	3 x 10 ² UFC / 1g	*
		Aerobios totales	UFC	PEE/B-MB/01	1 x 10 ⁸ UFC / 1g	*
		Salmonella	Ausencia / presencia	PEE/B-MB/02	Ausencia	*
		Mohos	UPC	PEE/B-MB/04	< 1	*
		Levaduras	UPC	PEE/B-MB/04	1 x 10 ⁵ UFC / 1g	*

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
 Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.

²Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información (Datos)



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA
 Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,
 Tumbaco - Quito
 Teléf.: 02- 2372-844/2372-845

PGT/MB/09-FO01

Rev. 2

INFORME DE ANÁLISIS

Hoja 2 de 3

MB-19-119	T1 FINAL	Coliformes totales	UFC	PEE/B-MB/03	1 x 10 ⁴ UFC / 1g	*
		E. coli	UFC	PEE/B-MB/03	< 1	*
		Aerobios totales	UFC	PEE/B-MB/01	1 x 10 ⁸ UFC / 1g	*
		Salmonella	Ausencia / presencia	PEE/B-MB/02	Ausencia	*
		Mohos	UPC	PEE/B-MB/04	< 1	*
		Levaduras	UPC	PEE/B-MB/04	1 x 10 ⁶ UFC / 1g	*
MB-19-120	T2 FINAL	Coliformes totales	UFC	PEE/B-MB/03	1 x 10 ⁴ UFC / 1g	*
		E. coli	UFC	PEE/B-MB/03	1 x 10 ¹ UFC / 1g	*
		Aerobios totales	UFC	PEE/B-MB/01	1 x 10 ⁸ UFC / 1g	*
		Salmonella	Ausencia / presencia	PEE/B-MB/02	Ausencia	*
		Mohos	UPC	PEE/B-MB/04	< 1	*
		Levaduras	UPC	PEE/B-MB/04	1 x 10 ⁶ UFC / 1g	*
MB-19-121	T3	Coliformes totales	UFC	PEE/B-MB/03	4 x 10 ³ UFC / 1g	*
		E. coli	UFC	PEE/B-MB/03	< 1	*
		Aerobios totales	UFC	PEE/B-MB/01	1 x 10 ⁸ UFC / 1g	*
		Salmonella	Ausencia / presencia	PEE/B-MB/02	Ausencia	*
		Mohos	UPC	PEE/B-MB/04	< 1	*
		Levaduras	UPC	PEE/B-MB/04	1 x 10 ⁶ UFC / 1g	*
MB-19-122	T4	Coliformes totales	UFC	PEE/B-MB/03	1 x 10 ⁴ UFC / 1g	*
		E. coli	UFC	PEE/B-MB/03	1 x 10 ¹ UFC / 1g	*
		Aerobios totales	UFC	PEE/B-MB/01	1 x 10 ⁸ UFC / 1g	*
		Salmonella	Ausencia / presencia	PEE/B-MB/02	Ausencia	*

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.

²Datos suministrados por el cliente: El laboratorio no se responsabiliza por esta información (Datos)

ANEXO N: Registro de las temperaturas durante el proceso de compostaje.

TIEMPO DE COMPOSTAJE (DÍAS)	TEMPERATURA MEDIA DE LA PILA 1 (°C)	TEMPERATURA MEDIA DE LA PILA 2 (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)
1	51.94	61.68	19
2	53.88	64.30	15
3	51.60	61.60	15
4	50.58	63.26	17
7	31.50	58.94	15
9	56.78	55.48	17
11	40.20	42.2	18
13	39.76	43.78	15
14	43.92	42.52	15
16	53.24	52.82	15
20	35.96	37.56	20
22	33.40	34.02	17
24	51	47.46	17
27	33.12	32.92	19
29	30.10	29.92	-3
30	34.20	35.90	16
34	33.10	35.14	17
36	30.64	30.40	19
38	29.58	28.62	20
41	26.90	26.20	18
43	25.76	25.30	18
48	28.50	24.20	15
52	25.88	23.42	18
55	20.18	19.44	20
57	19.06	18.80	16
62	18.36	17.76	20
64	17.98	16.90	18
66	17.82	16.70	16
69	18.06	16.98	18
71	19.36	17.38	19
73	19.70	17.54	20
76	20.32	17.70	16
79	19.86	17.18	17
81	20.10	17.22	18
86	21.52	22.38	16
98	20.32	20.42	21
100	23.30	23.08	18
102	22.46	21.06	17
105	20.84	18.94	20
107	20.38	19.82	20
112	21.84	20.58	23
114	21.98	21.30	19
116	22	21.42	13
126	20.66	21.04	23
128	20.64	20.86	22
130	20.82	20.82	21
133	21.10	20.90	21
135	21.22	20.80	14
140	20.36	20.82	20
158	20.22	19.88	17
161	19.16	19.34	19

163	18.40	19	20
165	19.54	19.62	23
168	19.70	19.88	16
170	19.04	19.42	22
175	19.7	20.2	17
177	19.14	19.62	21
179	18.74	19.16	20
183	18.50	18.42	16

Realizado por: PULLOPAXI, A, 2019

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

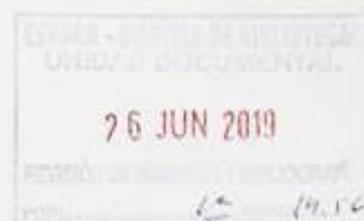
El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: "TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL BIOTERIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO MEDIANTE COMPOSTAJE", de responsabilidad del señor ANTONY JAVIER PULLOPAXI CIFUENTES, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Janneth Lourdes Jara Samaniego DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		_ 25/07/2019 _
Dra. Janneth Maria Gallegos Núñez MIEMBRO DEL TRIBUNAL		_ 25/07/2019 _
Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		_ 25/07/2019 _

RESUMEN

El presente proyecto técnico se realizó con el objetivo de compostar los residuos sólidos orgánicos generados en el bioterio de la Facultad de Ciencias en mezcla con estiércol de cuyes y conejos y residuos orgánicos del comedor politécnico, que normalmente terminan en el vertedero de la ciudad de Riobamba. Con estos residuos se montaron dos pilas de compostaje: Pila 1 residuos en proporción 3:1:3 y Pila 2 residuos en proporción 3:2:5. Los residuos en mezcla fueron sometidos a un proceso de descomposición aerobia. A lo largo del proceso se controló la temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y aireación. El volteo fue manual y se realizó en función de la temperatura. La fase biooxidativa duró seis meses y el tiempo de maduración fue de dos meses. El contenido inicial de macronutrientes de la pila 1 fue: N 0.83%, P 0.4665% y K 1.5265%, mientras que el de la pila 2 fue: N 1.28%, P 0.8767% y K 1.9070%. Al finalizar el proceso se obtuvieron valores de N 1.70%, P 5.37% y K 2.02%, y N 1.52%, P 4.44% y K 1.81% para las pilas 1 y 2 respectivamente lo que denota la concentración de macronutrientes. Con el fin de establecer la ausencia de sustancias fitotóxicas en los compost elaborados, se determinó el índice de germinación, cuyos valores, en ambos casos, superaron el 80%. Los análisis microbiológicos revelaron la ausencia de *Salmonella* y *Escherichia coli*. Con base en estos resultados los compost obtenidos pueden ser utilizados en labores agrícolas como abonos orgánicos ricos en nutrientes y como buenos agentes estructurantes.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGIA>, <BIOTERIO>, <BIOXIDATIVA>, <MACRONUTRIENTES>, <RESIDUOS ORGÁNICOS> <COMPOST>, <SUSTANCIAS FITOTÓXICAS>, <DESCOMPOSICIÓN AEROBIA>, <ABONOS ORGÁNICOS>



THESIS ABSTRACT

The present technical project was carried out with the aim of composting the solid waste organic generated in the biotherium of the Faculty of Sciences in mixture with manures of guinea pig and rabbits and organic residues of the polythenic dining room, which usually end in the Riobamba city dump. Two composting piles are assembled with this waste: Pile 1 waste in 3: 1: 3 proportion and Pile 2 waste in 3: 2: 5 proportion. The waste in the mixture was subjected to an aerobic decomposition process. Throughout the process temperature, humidity, pH, electrical conductivity, organic matter and aeration were controlled. The tipping was manual and was carried out according to the temperature. The biooxidative phase lasted six months and the maturation time was two months. The initial macronutrient content of pile 1 was: N 0.83% P 0.4665% and K 1.5265%, while that of pile 2 was: N 1.28%, P 0.8767% and K 1.9070%. at the end of the process values of N 1.70%, P 5.37% and K 2.02%, and N 1.52%, P 4.44% and K 1.81% were obtained for stacks 1 and 2, respectively, which denotes the concentration of macronutrients. In order to establish the absence of phytotoxic substances in the elaborate compost, the germination index was determined, the values of which, in both cases, exceeded 80%. Microbiological analyzes revealed the absence of Salmonella and Escherichia coli. It was based on these results the compost obtained can be used agricultural work as organic fertilizers rich in nutrients and as good structuring agents.

KEYWORDS: <BIOTECHNOLOGY>, < BIOTHERIUM >, < BIOXIDATIVE >, < MACRONUTRIENTS >, <ORGANIC RESIDUES>, <COMPOST>, <PHYTOTOXIC SUBSTANCES>, <AEROBIC COMPOSITION>, <ORGANIC FERTILIZERS>.

