



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

**“CO-COMPOSTAJE DE GALLINAZA PROVENIENTE DE LA
GRANJA AVÍCOLA FERNANDITA DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ERICA SILVANA AUQUILLA TAXI

DIRECTORA: DRA. JANNETH JARA S. PhD.

Riobamba – Ecuador

2019

2019, Erica Silvana Auquilla Tixi

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 del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: **“CO-COMPOSTAJE DE GALLINAZA DE LA GRANJA AVÍCOLA FERNANDITA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”** de responsabilidad de la señorita egresada: Erica Silvana Auquilla Tixi, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Juan Carlos Gonzalez Garcia
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego
DIRECTORA
TRABAJO DE TITULACION

Ing. Ana Rafaela Pacurucu Reyes
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Erica Silvana Auquilla Tixi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

.....

Erica Silvana Auquilla Tixi

CI: 060438182-2

Yo, Erica Silvana Auquilla Tixi, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

.....

Erica Silvana Auquilla Tixi

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Ángel y Mariana por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Mamá y Papá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

A mi hermano, Jhon Ismael, por estar conmigo y apoyarme siempre para lograr cumplir mi objetivo, gracias hermanito te quiero mucho.

A mi sobrina, Julieth Marybel, para que veas en mí un ejemplo a seguir.

A todos mis familiares por infundir valores morales y educativos en cada instante de mi vida para poder plasmar un sueño tan anhelado.

Erica Silvana

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y la Virgencita por la vida y por la oportunidad de cumplir mi deseada meta, por guiarme a lo largo de mi existencia. A mis padres Ángel y Mariana por ser los principales promotores de mis sueños, ya que han sabido darme sus consejos, apoyo, valores y principios que me han infundido, a mi familia por estar siempre presentes para la culminación de este proyecto de estudio.

De igual manera mis agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme la oportunidad de compartir los conocimientos y valores a lo largo de mi carrera, a mis profesores, en especial a la Dra. Janneth Jara por dirigir mi Trabajo de Titulación con sus valiosos conocimientos y paciencia que hicieron que pueda crecer día a día como profesional.

A la Ingeniera Rafaela Pacurucu por su gran aportación con su conocimiento y experiencias que me han sido indispensables para la culminación de este trabajo.

Mi profundo agradecimiento al personal de la Granja Avícola Fernandita, por la confianza brindada al permitirme realizar mi trabajo investigativo.

A todos mis compañeros y amigos por brindarme su amistad incondicional durante toda mi vida estudiantil.

Erica Silvana

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	6
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
1.1. Residuos sólidos orgánicos.....	6
1.1.1. <i>Tipos de residuos orgánicos integrados al suelo</i>	7
1.2. Generación de residuos sólidos orgánicos.....	7
1.3. Clasificación de los residuos orgánicos.....	7
1.3.1. <i>Origen Natural</i>	7
1.3.2. <i>Origen Urbano</i>	7
1.4. Gallinaza.....	8
1.4.1. <i>Tipos de gallinaza según su explotación</i>	8
1.4.2. <i>Efectos de las granjas avícolas en el ambiente</i>	9
1.4.3. <i>Producción de gallinaza</i>	9
1.5. Tratamientos Biológicos.....	10
1.5.1. <i>Tipos de abonos orgánicos</i>	10
1.5.2. <i>Importancia de los abonos orgánicos</i>	12
1.6. Compostaje.....	12
1.6.1. <i>Sistemas de compostaje</i>	13
1.6.2. <i>Parámetros de control en el proceso de compostaje</i>	14
1.6.3. <i>Etapas del proceso de compostaje</i>	18
1.6.4. <i>Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje</i>	19
1.7. Compost.....	20
1.7.1. <i>Calidad del compost</i>	20
1.7.2. <i>Utilización del compost</i>	20
1.8. Marco legal para residuos orgánicos y compost.....	21
1.8.1. <i>Marco legal para residuos orgánicos</i>	21

1.8.2.	<i>Normativa Ecuatoriana</i>	21
1.8.3.	<i>Aspectos legislativos para el uso agrícola del compost</i>	22
CAPÍTULO II		24
2.	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1.	Población de estudio	24
2.2.	Tamaño de muestra	24
2.3.	Selección de Muestra	24
2.4.	Técnicas de recolección de datos	24
2.5.	Lugar de estudio	24
2.6.	Tipo y diseño de la investigación	25
2.7.	Técnicas experimentales	25
2.7.1.	<i>Recolección y transporte de los residuos orgánicos</i>	25
2.7.2.	<i>Montaje de pilas</i>	25
2.7.3.	<i>Control del proceso</i>	26
2.8.	Materiales y Equipos	27
2.8.1.	<i>Análisis de laboratorio</i>	27
CAPÍTULO III		29
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1.	Caracterización fisicoquímica y química de los residuos iniciales	29
3.2.	Parámetros de control del proceso de co-compostaje	30
3.2.1.	<i>Parámetros físicos químicos</i>	30
3.2.2.	<i>Parámetros químicos</i>	33
3.3.	Evaluación de la calidad del compost	34
3.4.	Análisis estadístico	37
3.4.1.	<i>Resultados estadísticos de los parámetros fisicoquímicos del proceso</i>	38
3.4.2.	<i>Resultados estadísticos del índice de germinación</i>	39
CONCLUSIONES		41
RECOMENDACIONES		42
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Tipos de organismos en la producción del compostaje	19
Tabla 1-2: Materiales y equipos en el trabajo de campo	27
Tabla 2-2: Materiales y equipos utilizados para los análisis de laboratorio	28
Tabla 1-3: Caracterización fisicoquímica y química de los residuos iniciales	29
Tabla 2-3: Parámetros de calidad del compost	35
Tabla 3-3: Resultado del índice de germinación	36
Tabla 4-3: Resultado estadístico de los parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje	38
Tabla 5-3: Resultado estadísticos de muestras relacionadas en el índice de germinación	39
Tabla 6-3: Prueba de muestras relacionadas	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Clasificación de los tipos de abonos orgánicos	10
Figura 2-1: Sistemas de compostaje	13
Figura 3-1: Clasificación de los parámetros del control de compostaje.	15

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Variación de la temperatura.....	30
Gráfico 2-3: Evolución del pH	31
Gráfico 3-3: Evolución de la Conductividad Eléctrica	32
Gráfico 4-3: Evolución Materia Orgánica.....	33
Gráfico 5-3: Evolución del Carbono Orgánico.....	34
Gráfico 6-3: Índice de Germinación	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Técnicas de laboratorio para la determinación de parámetros físico-químicos, químicos y biológicos.

ANEXO B: Fotografías desarrollo experimental

ANEXO C: Fotografías análisis de laboratorio

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Agrocalidad	Agencia ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro
C	Carbono
CO	Carbono Orgánico
cm	Centímetro
CE	Conductividad Eléctrica
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
P	Fósforo
°C	Grados Celsius
g	Gramos
IG	Índice de Geminación
Kg	Kilogramos
MO	Materia orgánica
mL	Mililitros
N	Nitrógeno
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
K	Potasio
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
RS	Residuos Sólidos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
T	Temperatura

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro de acopio de residuos sólidos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el objetivo de tratar los residuos de gallinaza generados en la granja avícola Fernandita, de la ciudad de Riobamba, mediante la técnica de Co-compostaje en mezcla con poda y césped como agentes estructurantes, obtenidos de las áreas verdes de la ESPOCH. Se caracterizaron los residuos orgánicos a compostar, ajustando la relación carbono-nitrógeno. Para el experimento se armó cuatro tratamientos con las siguientes características: Pila 1 (305 Kg de gallinaza +40 Kg de poda), Pila 2 (370 Kg de gallinaza + 85 Kg de poda), Pila 3 (310 Kg de gallinaza+ 25 Kg de poda + 25 Kg de césped) y un tratamiento en Bidón: (65 Kg de gallinaza + 20 Kg de césped). Durante el proceso se controló la temperatura, la humedad y la aireación. Se tomaron un total de 34 muestras analizando pH, CE, % MO y para muestras iniciales y finales %IG, N, P, K para evaluar la calidad de los compost obtenidos, demostrándose que están dentro de los límites permisibles de un producto de calidad. El compost de la pila 3 presenta las propiedades fisicoquímicas, químicas y biológicas más adecuadas para su aplicación en el sector agrícola.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGIA> <TRATAMIENTOS DE RESIDUOS> <COMPOST> <CO-COMPOSTAJE> <GRANJA AVÍCOLA> <GALLINAZA> <PODA> <CÉSPED>

ABSTRACT

The present research was carried out in the waste disposal collection center in the higher studies Chimborazo University, with the purpose of treating the chicken dung generated in the Fernandita poultry farm of Riobamba city, by means of the organic waste technique of Co-composting mixed with pruning and grass as structuring agents, obtained from green areas of the ESPOCH. The organic residues waste were characterized to transform, adjusting the carbon-nitrogen ratio. For the experiment, were put together four treatments with the following characteristics: Pile 1 (305 Kg of chicken dung + 40 Kg of pruning), Pile 2 (370 Kg of chicken dung + 85 Kg of pruning), Pile 3 (310 Kg of chicken dung + 25 Kg of pruning + 25 Kg of grass) and a treatment in Drum: (65 Kg of chicken dung + 20 Kg of grass). During the process temperature, humidity and aeration system were controlled. A total of 34 samples were taken analyzing pH, CE, % MO and for initial and final samples % IG, N, P, K to evaluate the quality of the compost obtained, demonstrating that they will be the permissible limits of a quality product. The organic matter of the stack 3 presents the physicochemical, chemical and biological properties which are most appropriate for its application in the agricultural sector.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY> <WASTE TREATMENTS> <COMPOST> <CO-COMPOSTING> <AVICOLA FARM> < CHICKEN DUNG > < PRUNING > <GRASS>

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la generación de residuos sólidos, incluidos los de actividades agropecuarias, causan problemas de contaminación ambiental en los recursos suelo, agua y aire, afectando a la flora, la fauna y a la salud de la población.

A nivel mundial, la industria avícola sigue creciendo debido a la demanda de huevos y carne rica en proteínas a costos relativamente bajos. Así, Estados Unidos ocupa el primer lugar en la producción de este tipo de carne (17,254 millones de toneladas), seguido de China (13 millones de toneladas) y Brasil (12,69 millones de toneladas) (ABPA, 2015). En el Ecuador, el sector avícola, desde el punto de vista económico, adquirió gran importancia como una actividad industrial de alta rentabilidad; así, en el año 2015 aportó al PIB un 27% y abasteció de alimentos básicos (huevos y carne) a una población en creciente demanda (Pomboza, et al., 2018). Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, de los 42 572 624 de aves (pollitos, pollitas, pollos, pollas, gallinas ponedoras, gallinas reproductoras) el 83,11% provienen de planteles avícolas y el 16,89% son aves de campo (INEN-ESPAC, 2017).

La Granja Avícola Fernandita, está ubicada en el barrio San Francisco de Pisín, en el sector periférico de la ciudad de Riobamba. Cuenta con dos galpones en los que se crían 11 000 gallinas de postura, pues su principal actividad es la comercialización de huevos. Como la mayoría de las granjas de este tamaño, es semiautomatizada y no cuenta con un manejo adecuado de sus residuos. El residuo sólido que se presenta en mayor cantidad es la gallinaza, formada por heces de gallinas en mezcla con aserrín, cascarilla de arroz, huevos rotos, plumas y restos de alimentos. Estos residuos son almacenados sin ningún tratamiento para su posterior comercialización. Estos residuos constituyen reservorios de patógenos e insectos que pueden afectar la salud de las aves y del hombre, razón por la cual requiere de tratamiento para la reutilización o uso agrícola (MAGAP, 2013).

Cuando estos residuos se disponen directamente en suelos agrícolas, pueden contaminarse por la presencia de agentes patógenos y materia orgánica no estabilizada. Además, se puede emitir al ambiente amoníaco, considerado el mayor contaminante proveniente de la gallinaza, como resultado de la degradación microbiana del ácido úrico presente en este residuo (Lingying, Z., et al. 2016).

Todos los materiales orgánicos de origen vegetal o animal, que en su composición contengan una gran cantidad de materia orgánica biodegradable se puede utilizar para elaborar compost.

El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente. Ofrece un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

En la presente investigación, se co-compostó la gallinaza de esta granja avícola en mezcla de restos de poda provenientes de los espacios verdes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). El montaje de las pilas se realizó en el Centro de acopio institucional y los análisis químicos en los laboratorios de Agrocalidad y de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Se armaron tres pilas de compostaje con una relación C/N entre 15 y 20. A la par, una porción de gallinaza se co-compostó en un bidón de 120 L de capacidad. A lo largo del proceso se controlaron los principales parámetros (temperatura, humedad, conductividad eléctrica CE, pH, materia orgánica MO).

Todos los compost obtenidos presentaron relaciones C/N más bajas que las mezclas iniciales, lo que indica que hubo una buena degradación de la materia orgánica. Los contenidos de macronutrientes N, P, K están dentro de los parámetros de la normativa Chilena NCh 2880 Clasificación y requisitos para Compost (2004). El índice de germinación de tres de los cuatro experimentos es superior al 70% lo que indica que el compost obtenido presenta una calidad aceptable.

JUSTIFICACIÓN

La gallinaza es un residuo muy contaminante para el ambiente, debido a la emanación de gas amonio, a la degradabilidad de la materia orgánica y la presencia de microorganismos patógenos. La granja avícola en estudio no cuenta con un sistema adecuado para gestionar este residuo, por lo que se necesita buscar un tratamiento de bajo coste, que no necesite de tecnología compleja y sea fácil de realizar.

El compostaje es un tratamiento de residuos orgánicos que cumple estas características, pero para lograr mejores resultados, es necesario mezclar la gallinaza (rica en nitrógeno) con un agente estructurante rico en carbono. De esta manera se obtiene una relación C/N adecuada. Cuando se composta una mezcla de residuos, el proceso se conoce como co-compostaje.

El compost que se obtiene, es un abono orgánico que puede ser usado para agricultura debido a su potencial valor, además de proveer de materia orgánica a los suelos y mejorar su estructura (Plaglai, et al.,2004). También constituye una fuente importante de fósforo y nitrógeno orgánicos e incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Amlinger, et al., 2003).

Esta opción nos brinda un uso eficiente a aquellos materiales que antes nos resultaban molestos e inservibles, cobrando ahora una gran relevancia ya que se obtiene un producto con alto contenido en materia orgánica y componentes húmicos, completamente inocuo que actuará como fuente de materia orgánica exógena aumentando la fertilidad de jardines o parcelas, de forma natural y con unos costes relativamente bajos (AGROTERRA S.L., 2013).

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ecuador es un país autosuficiente en la obtención de proteína animal. La industria avícola produce todo el pollo que se requiere a nivel local, mientras que el cerdo y pavo se está acercando a ese nivel, la industria ecuatoriana produce alrededor de 200 millones de pollos por año, entre 400 y 450 mil toneladas, que representan un consumo promedio por habitante de 32 kilos. “Esto ha mejorado radicalmente en los últimos 10 años, siendo el mismo consumo de los habitantes de Perú y Colombia y acercando a Brasil” (Sandoval, 2016. p 4).

Inevitablemente, al aumentar la producción avícola, se incrementa la cantidad de excretas. Por su composición, éstas se han utilizado principalmente como fertilizantes orgánicos y como ingredientes de las dietas para animales de granja. A pesar de lo anterior, los sistemas intensivos de producción avícola pueden crear enormes problemas de polución, debido a las grandes cantidades de sustancias contaminantes (nitrógeno, fósforo y azufre) que se producen. Además, originan grandes volúmenes de estiércol que se depositan en el suelo y el agua dándose como resultado la contaminación. En la actualidad, es un reto buscar métodos más adecuados para la utilización de estos residuos (Garcia, Lon Wo, & Ortiz, 2016).

Los restos de poda de parques y jardines (biomasa vegetal) se generan igualmente en cantidades muy notables, en aumento día tras día y actualmente sin un destino claro de aprovechamiento. (Alvarez, Lopez, & Sancho , s.f.) El co-compostaje es una alternativa para la utilización de estos desechos (gallinaza y restos de poda) que pueden utilizarse como material seco para un compostador, lo cual permitirá recuperar todos los recursos contenidos en estos residuos.

Algunos estudios evalúan el proceso de compostaje de gallinaza de aves de jaula y el efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) sobre la composición física y química del compost. La metodología empleada considera un proceso aeróbico mediante la remoción del material mecánicamente (Uribe, Estrada, Hernández, Córdoba, & Bedoya, 2001).

Otros estudios interesantes relacionados a la temática de esta investigación están vinculados a la elaboración del compost mediante el estudio de un proceso de co-digestión de vinaza y gallinaza de jaula como una opción de manejo y estabilización de residuos generados por la agroindustria colombiana.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Co-compostar los residuos de gallinaza proveniente de la Granja Avícola “Fernandita” en mezcla con residuos de poda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización fisicoquímica, química y biológica de los residuos de gallinaza.
- Controlar los principales parámetros durante el proceso de co-compostaje.
- Evaluar la calidad del compost obtenido

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Residuos sólidos orgánicos

La reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria en el Acuerdo N° 061 define como:

Residuos sólidos no peligrosos. – Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, que no presenta características de peligrosidad en base al código C.R.T.I.B., resultantes del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado (Tulas, 2015, p. 8).

Generalmente los residuos orgánicos se clasifican en función de los distintos sectores de producción (Moreno y Moral, 2008, p. 12):

- **Sector primario o de producción de su materia prima:** En el sector primario de producción se engloban los residuos orgánicos como estiércoles y purines, restantes agrícolas formados por sobrantes de poda de plantas.
- **Sector secundario o industrial:** En el sector industrial se produce una gran generación de residuos orgánicos los cuales se pueden presentar tanto en forma sólida como líquida.
- **Sector terciario o de servicios:** En el sector de servicios se generan los residuos domésticos, Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de limpieza, mantenimiento de jardines y depuración de aguas residuales urbanas.

La gallinaza es un residuo orgánico del sector primario y está formada por heces de gallinas en mezcla con aserrín, cascarilla de arroz, huevos rotos, plumas y restos de alimentos.(MAGAP, 2013), estos residuos constituyen reservorios de patógenos e insectos que pueden afectar la salud de las aves y del hombre, razón por la cual requiere de tratamiento para la reutilización o uso agrícola.

1.1.1. Tipos de residuos orgánicos integrados al suelo

Residuos frescos

Son aquellos residuos de animales (estiércoles frescos) que no presentan ningún proceso de degradación, es decir que son incorporados al suelo sin ningún tipo de tratamiento controlado. (Ramos, 2005)

Residuos bien descompuestos

Son materiales más estables que poseen un grado de modificación, es decir han sido sometidos a un proceso controlado de degradación, éstos son denominados compost un producto de calidad óptimo para suministrar nutrientes al suelo (Ramos, 2005).

1.2. Generación de residuos sólidos orgánicos

En la actualidad, como parte de las actividades de granjas de producción animal, se genera alrededor de un 46% de residuos sólidos orgánicos, entre éstos se encuentra el estiércol y cuando no es aprovechado debidamente, ocasiona contaminación ambiental. Las heces de gallinas y pollos son recibidas en cascarilla de arroz o aserrín, siendo esta mezcla la predominante en las granjas avícolas (Cadena, 2016, p. 3).

1.3. Clasificación de los residuos orgánicos

Según (Ginés y Simón Navarro, 2014), los residuos sólidos orgánicos se clasifican de acuerdo a su origen y naturaleza en:

1.3.1. Origen Natural

Naturaleza Vegetal: Cultivos verdes, pajas, residuos de cosechas turba, algas, serrín cenizas.

Natural Animal: Estiércol, purín, humus de lombriz, deyecciones de aves: Guano, gallinaza, palomina, residuos de mataderos y pescaderías.

1.3.2. Origen Urbano

Basuras urbanas (RSU), lodos de aguas residuales.

1.4. Gallinaza

A nivel mundial el 80 % de los animales de producción ganadera lo componen el sector avícola, por ello el valor del estiércol era reconocido como una forma de fertilizar el suelo, incluso hasta principios del siglo XX. (Moreno y Moral, 2008, pp. 13-17)

Sin embargo, para evitar la presencia de agentes patógenos se recomienda someterlos a tratamientos biológicos que garanticen su inocuidad. La composición de la gallinaza depende principalmente del sistema de alojamiento de las aves y de su alimentación.

De acuerdo con (Vásquez 2005, p. 12-13), el estiércol de aves en especial la gallinaza, es cinco veces más rica en ácido fosfórico, con un gran contenido de nitrógeno y potasio. La gallinaza está constituida principalmente por: celulosa, albuminoides, urea, ácido úrico y una población microbiana importante para ser usada como una fuente alternativa de nutrientes.

1.4.1. Tipos de gallinaza según su explotación

Explotaciones de piso

Se utiliza en el ciclo productivo de las gallinas y constituye una mezcla de heces (gallinaza) y material absorbente que puede ser viruta, pasto, cascarilla de tamo, entre otros (Estrada, 2005, p. 43).

Explotaciones de jaula

La mezcla se da en el piso y resulta de heces (gallinaza), huevos rotos, plumas y residuos balanceado que se les da a las explotaciones avícolas (Estrada, 2005, p. 43).

La cama junto a las excretas de gallina constituye un reservorio de patógenos e insectos que pueden afectar la salud de las aves y del hombre, razón por la cual requieren de tratamiento para su reutilización o uso agrícola (MAGAP, 2013).

La gallinaza puede ser compostada, esto garantiza la eliminación de patógenos, para lo cual se debe tratar mediante un proceso donde las bacterias degradan la materia orgánica (SAGAP, 2015).

1.4.2. Efectos de las granjas avícolas en el ambiente

En las granjas avícolas pueden provocar impactos negativos en el suelo, aire, agua superficial y subterránea (SAGAP, 2015).

Impacto Ambiental en el recurso agua

El manejo inadecuado de las excretas de aves, provoca la lixiviación y escorrentía, principalmente de nitratos y fósforo que contaminan las aguas superficiales y subterráneas (MAGAP, 2013).

Impacto en la Salud humana y animal

La generación de olores desagradables, por la presencia de amoníaco, puede representar un problema ambiental. Mientras que la presencia de materia orgánica en descomposición provoca la proliferación de microorganismos patógenos y moscas que son vectores de enfermedades tanto para los animales como para la población del área de influencia (MAGAP, 2013)

Impacto Ambiental en el suelo

La gallinaza cuando está fresca y es aplicada a los suelos ocasiona la disminución de la capacidad de drenaje, dificulta la mineralización del nitrógeno, además presenta variaciones en el pH y aumenta la salinidad del suelo (Mullo, 2012, p. 3-6).

1.4.3. Producción de gallinaza

La cantidad y características de la gallinaza presente en las granjas avícolas, depende de diferentes factores como:

- **Edad del ave:** Las aves más jóvenes consumen menos alimento por lo tanto producen menor cantidad de excretas (Estrada, 2005, p. 44).
- **Línea:** Las aves de engorde producen mayor cantidad de excretas debido a una elevada ingestión de alimentos (Estrada, 2005, p. 44).
- **Dieta:** Por cada kilo de alimento ingerido por los pollos se obtienen alrededor de 1,1 a 1,2 kg de deyecciones frescas con una humedad entre el 70 –80% (Estrada, 2005, p. 44).

1.5. Tratamientos Biológicos

Para evitar que los residuos estén expuestos al ambiente, sean incinerados o se dispongan en vertederos, se deben someter a tratamientos sustentables como la recuperación y el reciclaje. Cuando los residuos han pasado por un tratamiento biológico ya no suponen un peligro para el medio ambiente (Galea, 2013, p. 8). Además, se favorece la reducción de su volumen, la estabilización de materia orgánica, la disposición de nutrientes para las plantas y la ausencia de microorganismos patógenos (Moreno y Moral, 2008, p. 13-17).

1.5.1. Tipos de abonos orgánicos

Existen varios abonos orgánicos que nos ayuda a mantener la actividad microbiana y su fertilidad, mejorando así las características biológicas, químicas y físicas que presentan los suelos, estos son incorporados manteniendo un nivel alto de contenido de nutrientes y macronutrientes (Foncodes, 2014, p. 6).

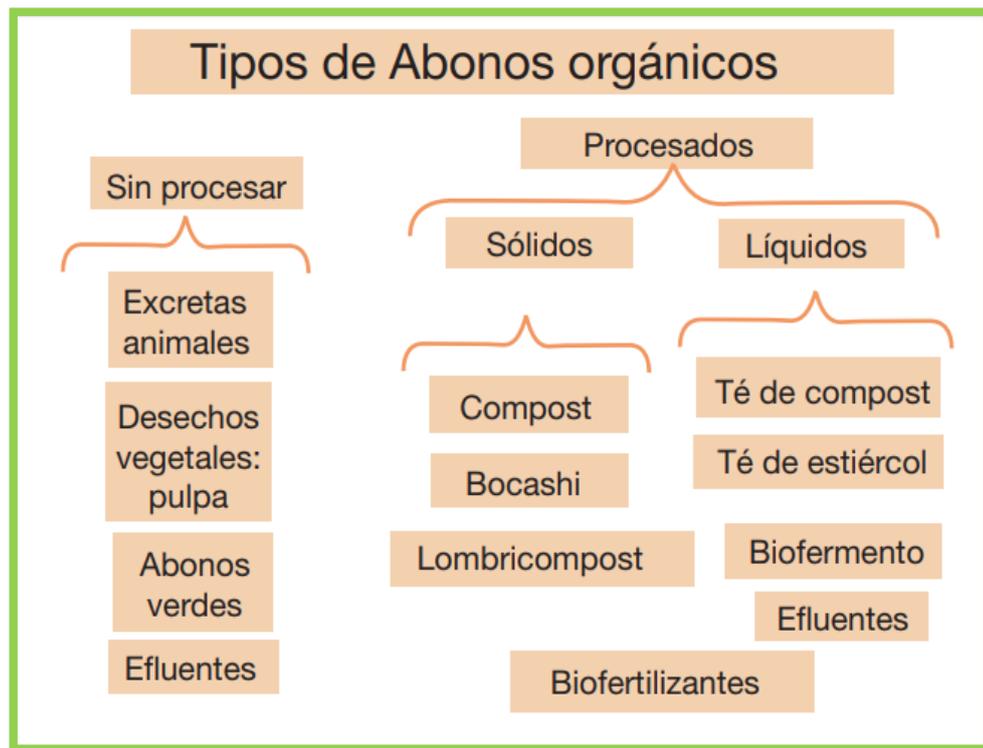


Figura 1-1: Clasificación de los tipos de abonos orgánicos

Fuente: (Soto y Meléndez, 2004, p. 91)

Excreta de animales

El estiércol es un material orgánico que contiene grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, estos elementos son necesarios para fertilizar la tierra, esencialmente están formado por la mezcla de heces y orina de animales domésticos (Román, Martínez, & Pantoja, 2013) Además, se pueden obtener añadir elementos vegetales como paja, heno o material de la cama de los animales.

Té de estiércol

Es una preparación que convierte el estiércol sólido en un abono líquido, contiene elementos solubles en agua y según su grado de madurez es una fuente de nitrógeno, además contiene fósforo y potasio solubles y presenta un alto número de bacterias (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Abonos verdes

Se les denomina abonos verdes a las plantas de crecimiento rápido y vegetación abundante, son sistemas de producción ecológica a la vez tiene muchos beneficios para mejorar la fertilidad, productividad, aumento de materia orgánica y nitrógeno en los suelos. (Ferro y Llera, sf, p. 622, 2011).

Vermicompost

Es un abono preparado de materia orgánica, utilizando lombrices y microorganismos. Debido a su alto contenido de nutrientes es considerado como una enmienda fertilizadora, que termina en la estabilización de la materia orgánica. Las principales contribuciones del vermicompost en el suelo es el aumento de la población y la actividad microbiana. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). Los vermicompost contienen sustancias reguladoras de crecimiento o ácidos húmicos que son responsables del crecimiento de las plantas (Villegas y Laines, 2017).

Bocashi

Bocashi proviene de la palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”, este tipo de abono se descompone mediante un proceso aeróbico donde se utilizan materiales de origen animal o vegetal, la aplicación del bocashi en los suelos ayuda a la activación de microorganismos (Ramos y Terry, 2014, p. 54).

Té de compost

Es un fertilizante orgánico, se trata de un sistema de extracción de aquellos compuestos del compost que son solubles en agua junto con los microorganismos (bacterias y hongos). El té de compost es beneficioso para aumentar la fertilidad de la tierra ya que aportan a los cultivos vitalidad y fuerza para poder hacer frente a enfermedades y plagas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Biol

El biol es un abono foliar orgánico líquido, los ingredientes principales son estiércol fresco y otros compuestos orgánicos, los cuales llevan un proceso de fermentación mediante recipientes herméticamente cerrados, donde se debe asegurar que no ingrese aire. El biol por lo general se aplica al follaje (hojas y tallos) de las plantas (Foncodes, 2014, p. 9).

1.5.2. Importancia de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son importantes ya que ayudan a incrementar la materia orgánica en el suelo, son una fuente rica de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio entre otros, aceleran la actividad microbiológica del suelo, ayudan a mejorar la estructura y características físicas, químicas y biológicas del suelo favoreciendo la capacidad de absorción, y a la vez facilita la retención de agua que es esencial para la absorción de nutrientes. Además, aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; mejorando así la capacidad de intercambio catiónico (Foncodes, 2014, p. 7 - 8).

1.6. Compostaje

El compostaje es un proceso de oxidación biológica controlada que convierte partículas grandes en una mezcla de materiales orgánicos a un material homogéneo, similar al humus. Además, es un proceso que involucra un ecosistema complejo de factores de interacción como los microorganismos, en el que se estabilizan los residuos orgánicos biodegradables (Yañez, et al., 2010). Este proceso requiere de una serie de etapas biológicas que se desarrollan en un medio aerobio, en el cual el residuo orgánico experimenta una serie de transformaciones bioquímicas durante todo el tiempo que dure el proceso, para convertirse en un producto orgánico estable libre de fitotoxinas y dispuesto para su posterior aplicación en el sector agrícola (Torres P, et al., 2005, p. 22).

1.6.1. Sistemas de compostaje

Los sistemas de compostaje básicamente se clasifican en sistemas abiertos y cerrados.

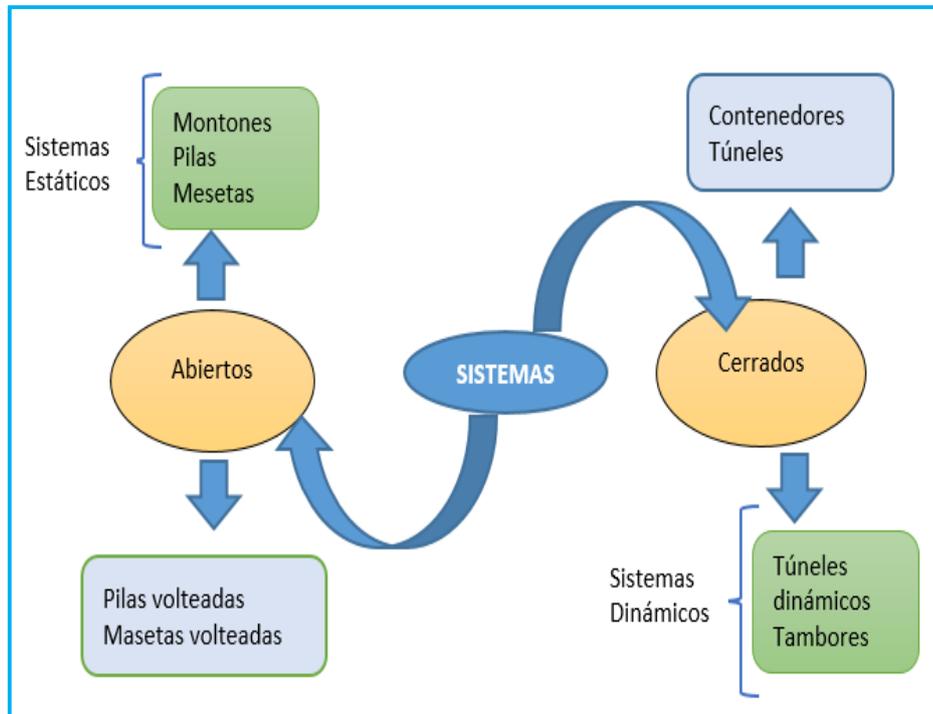


Figura 2-1: Sistemas de compostaje

Fuente: (Tortosa, 2015)

1.6.1.1. Sistema abierto

En este sistema las pilas de compostaje se disponen al aire libre. El material a compostar se coloca en pilas de 1,5 m de largo y 1,5 m de ancho aproximadamente (Galea, 2013, p. 21). Es importante tomar en cuenta el sitio donde se va a armar la pila, ya que durante los volteos se requiere espacio. El volteo ayuda a homogenizar los componentes de la pila, a suministrar oxígeno indispensable para el desarrollo de los microorganismos aerobios, a dispersar la humedad en caso de que ésta se excesiva y a controlar que la temperatura no sobrepase los 65-70°C (Galea, 2013, p. 21). En este sistema el nivel de oxigenación es menor que en los sistemas con ventilación.

- **Pila estática**

Los elementos a compostar se amontonan y pueden ser colocados en el suelo o en el pavimento formando (Galea, 2013, p. 21).

Este sistema es más económico y relativamente sencillo ya que una vez armada la pila no se moverá del sitio. El aporte de oxígeno se realiza mediante succión o insuflado (Galea, 2013, p. 21).

- **Compostaje en contenedores**

En América Latina es habitual el uso de recipientes plásticos de distinto volumen para realizar procesos de compostaje (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Generalmente, el tiempo de compostaje es menor que en una pila. Así, dependiendo de la temperatura ambiente y del material inicial, el producto puede llegar a la fase de maduración en seis a diez semanas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La técnica del recipiente tiene una serie de ventajas que favorecen su replicación: evita la acumulación de lluvia, protege al material de vientos fuertes, facilita las labores de volteo, facilita la extracción de lixiviado, controla la invasión de vectores (ratones, aves) (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

1.6.1.2. Sistemas cerrados

En los sistemas cerrados, los diferentes materiales a compostar no están nunca en contacto directo con el exterior, sino a través de un sistema de conductos y turbinas, además los sistemas cerrados ayudan a mantener un mayor control del proceso. En general son dispositivos con elevados costos de inversión y pueden de tipo ser vertical u horizontal (Gavilanez, 2016, p. 30).

1.6.2. Parámetros de control en el proceso de compostaje

En el compostaje es esencial la manipulación y control de varios parámetros como: aireación, humedad, pH, relación C/N, temperatura, conductividad eléctrica y materia orgánica.

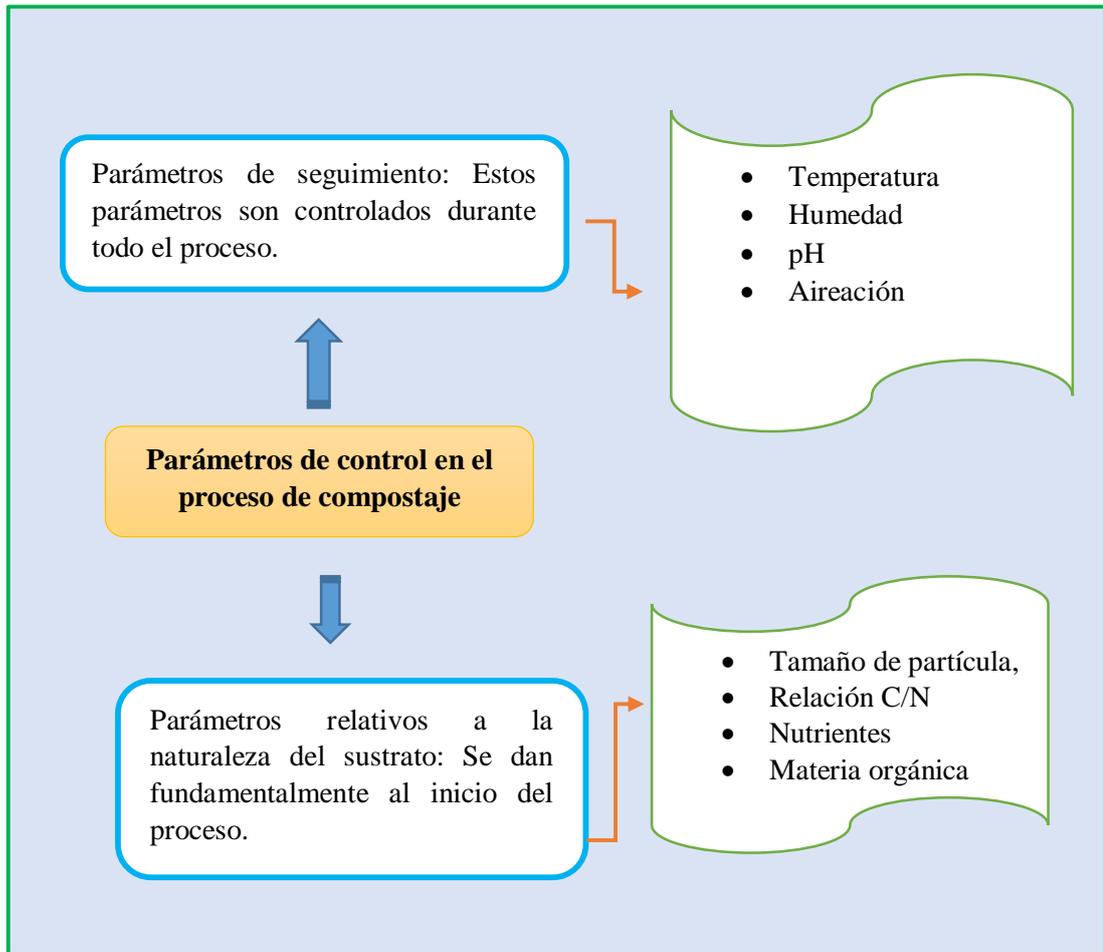


Figura 3-1: Clasificación de los parámetros del control de compostaje.
Fuente: (Bueno, et al., 2008, p.1)

a) Parámetros de seguimiento

Temperatura

La temperatura se considera una variable importante en el proceso de compostaje, además es un buen indicador de la evolución del proceso y del comienzo de la actividad microbiana generando la degradación de la materia orgánica. Existe una relación directa entre la degradación de la materia orgánica y el tiempo (Bueno, et al., 2008, p.2).

Este parámetro permite considerar el grado de estabilidad del proceso donde cada microorganismo tiene su intervalo de temperatura óptimo en la que su actividad es mayor y más efectiva: para organismos mesófilos ($T < 45^{\circ}\text{C}$) y para los termófilos ($T > 45^{\circ}\text{C}$) (Bueno, et al., 2008, p.2).

Humedad

La humedad es un parámetro muy importante pues el agua es el medio biológico en el que se descompone la materia orgánica. Además, los microorganismos utilizan el agua como un medio de conducción para los diferentes nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La humedad óptima está entre el 50-70%, si la humedad baja a un 30% disminuye la actividad biológica y si es superior al 70% el oxígeno es desplazado por el agua creando un ambiente anaerobio generando malos olores (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Potencial de hidrógeno pH

El pH es un factor determinante en la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes para los microorganismos. El pH puede variar entre 6 y 9. Sin embargo, es importante indicar que las bacterias toleran pH entre 6 y 7,5. Los valores por debajo o por encima pueden limitar la actividad bacteriana (Estrada y Sanabria, 2017).

El pH varía a lo largo del proceso de compostaje. En función de éste, se presentan tres fases. En la fase mesófila inicial, ocurre una liberación de ácidos orgánicos lo que hace que el pH se vuelva ácido. En la segunda fase el pH es ligeramente alcalino pues existe una pérdida de ácidos orgánicos y se genera amoníaco como consecuencia de la descomposición de las proteínas. En la tercera fase el pH tiende a la neutralidad por la formación de agregados húmicos así lo mencionan los autores (Bueno, et al., 2008, p.3).

Aireación

La función primordial de la aireación es el aporte de oxígeno, éste es esencial para afirmar la aparición de organismos aerobios. Una aireación menor provoca un retardo del proceso de compostaje y la presencia de malos olores por la formación de gases de azufre y nitrógeno. Al contrario, un exceso de oxígeno provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación. Las células de las poblaciones microbianas se deshidratan, provocando el crecimiento de esporas interrumpiéndose la actividad enzimática (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

b) Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato

Tamaño de partícula

El tamaño ideal de la partícula inicial varía entre 1-4 cm. Si el tamaño de las partículas es demasiado pequeño, la mezcla se puede compactar impidiendo la circulación de oxígeno. Si la partícula es muy grande, los microorganismos tardan más tiempo en degradar la materia orgánica (Estrada y Sanabria, 2017).

Relación C/N

Una buena relación C/N en el proceso de compostaje proporciona a los microorganismos el balance óptimo de nutrientes para su crecimiento. Se estima como óptimo un intervalo de C/N con valores comprendidos entre 25 y 35. Cuando la relación presenta un valor superior a 35, el proceso de descomposición se alarga considerablemente y el exceso de carbono es oxidado a dióxido de carbono. Al contrario, si la relación es inferior a 25 se producen pérdidas considerables de nitrógeno en forma de amoníaco (M.J. Negro et al., 2000, p.8).

Nutrientes

La presencia de macro y micronutrientes en los residuos asegura un compost rico en nutrientes disponibles para las plantas. Los macronutrientes (N, P, K) son primordiales para el crecimiento microbiológico, mientras que los micronutrientes cumplen un papel esencial en la síntesis de las enzimas, en el metabolismo de los microorganismos y para los mecanismos de transporte celular internos y externos (Bueno, et al., 2008, p.6).

Materia Orgánica

La materia orgánica biodegradable es esencial para la evolución del proceso, en ella existe la presencia de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos) y de microfauna asociada que cumplen un papel fundamental en la degradación y avance del proceso. Conforme avanza el proceso, la materia orgánica tiende a descender hasta alcanzar su mineralización (Bueno, et al., 2008, p.7).

Conductividad Eléctrica CE

La CE de un compost es determinada por la presencia de sales como iones amonio o nitratos que se forman durante el proceso de compostaje. Mientras transcurre el proceso, la conductividad

eléctrica puede aumentar, debido a que la materia orgánica pasa por un proceso de mineralización. Sin embargo, la CE suele disminuir cuando la humedad de la pila es alta debido a la pérdida de sales en los lixiviados (Bueno, et al., 2008, p.8).

1.6.3. Etapas del proceso de compostaje

El proceso de compostaje reconoce tradicionalmente cuatro fases: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración.

Mesofílica

La etapa mesofílica da lugar a la adaptación de microorganismos, permitiendo a los mismos iniciar con el proceso de la putrefacción del material y colonización de componentes, en donde los hongos y las bacterias mesofílicas se encargan de la descomposición de azúcares, proteínas y lípidos (Rodríguez, 2009).

Durante esta etapa, la temperatura aumenta hasta alcanzar los 45 °C aproximadamente, debido principalmente a la actividad de los microorganismos que aprovechan fuentes sencillas de carbono y nitrógeno (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

Termofílica

Durante esta etapa de compostaje la temperatura sube hasta alcanzar valores mayores a los 45°C, debido a que existe una demanda alta de oxígeno por el crecimiento poblacional de hongos y bacterias termofílicas, que actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y aumentando el valor de pH desde 5,5 hasta 7,5 facilitando la descomposición de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Durante la fase termofílica se asegura la higienización y eliminación de patógenos de larvas y semillas (Rodríguez, 2009).

Enfriamiento

En la fase de enfriamiento los microorganismos termofílicos reducen su actividad, debido a la falta de nutrientes y energía. La temperatura de la pila llega entre los 40 a 45 °C existiendo una reaparición de microorganismos mesofílicos (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Los hongos inician la desintegración de tallos, fibras y materiales leñosos facilitando así una descomposición más lenta (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Maduración

Durante la fase de maduración la temperatura de la pila disminuye lentamente, esto se debe a un descenso en la actividad microbiana (Rodríguez, 2009).

La temperatura de la pila deberá mantenerse bajo condiciones ambientales durante un tiempo que asegure la correcta estabilización de la materia orgánica, originándose varias reacciones secundarias como condensación y polimerización (Estrada, 2005, p. 47),

En este proceso la pila de compostaje toma un olor completamente diferente al inicial, totalmente apreciable al olfato del ser humano similar a tierra fresca de páramo (Taboada, 2009).

1.6.4. Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje

En el proceso de compostaje es esencial la presencia de los microorganismos, para degradar o descomponer la materia orgánica compleja de un medio de cultivo (Salazar, 2014).

Tabla 1-1: Tipos de organismos en la producción del compostaje

N°	Tipos de Organismo	Microorganismos
1	Microflora (plantas muy pequeñas)	Bacterias, Actinomicetos, Hongos, Mohos, Levaduras.
2	Microfauna (animales muy pequeños)	Protozoos
3	Macroflora (plantas más grandes)	Hongos (Champiñones y Setas)
4	Macrofauna (pequeños animales del suelo)	Ácaros, Hormigas, Termitas, Miriópodos, Ciempiés, Arañas, Escarabajos, Gusanos.

Fuente: (Dalzell, 1991, p. 18)

Realizado por: Auquilla, E. 2019

1.7. Compost

El compost es un producto inocuo y libre de sustancias fitotóxicas resultado del proceso del compostaje, normalmente está compuesto por materia orgánica estabilizada (Norma NCh 2880, 2004).

Un compost estable presenta un olor agradable, de color marrón a negro, no es contaminante, presenta una estructura limosa granular irregular y voluminosa, con un pH neutro a básico, con varias propiedades beneficiosas para ser aplicado al suelo como enmienda orgánica (Mezo, 2015).

1.7.1. Calidad del compost

Para ser aplicado en el sector agrícola es importante que cumplan con varios requisitos; debe presentar una apariencia y olor aceptable, una higienización correcta, un nivel bajo de impurezas contaminantes y un buen nivel de componentes agrónomicamente útiles. Sin embargo, se debe considerar que, si el compost no cumple con unos de estos criterios de calidad, su aplicación puede ocasionar problemas al ser usado directamente en el suelo (García, et al., 2014).

1.7.2. Utilización del compost

Mejora la fertilidad del suelo

El compost es un producto estable libre de patógenos, que permite al suelo tener condiciones de humedad, nutrientes y acidez aumentando su fertilidad (Cevallos, 2014, pp. 14-15)

Control de la erosión

Permite al suelo la absorción de las gotas de lluvia, dando la posibilidad de aumentar la porosidad del suelo (Cevallos, 2014, pp. 14-15).

Aporta humedad y nutrientes

La humedad y los nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, entre otros, suministran nutriente a los cultivos. (Cevallos, 2014, pp. 14-15).

1.8. Marco legal para residuos orgánicos y compost

1.8.1. Marco legal para residuos orgánicos

La Constitución Política del Ecuador, Registro oficial N° 449, 20/10/2008, construye una nueva forma de convivencia ciudadana, en armonía con la naturaleza para alcanzar el buen vivir sumak kawsay.

En el Plan Nacional del Buen Vivir Registro Oficial No. CNP-002-2013, Título V. Capítulo Cuarto. Art. 264, se regula las actividades humanas en todo ámbito e incluye temas relacionados con la protección del ambiente reconociendo, por primera vez, los derechos de la naturaleza orientada a garantizar la sostenibilidad y el “buen vivir” de la población.

El Acuerdo No. 061 del Ministerio del Ambiente, reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, que trata sobre la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Registro Oficial Suplemento 418, 2004/09/10. Esta norma consta de siete Títulos y siete Anexos. En su Anexo VI, se describe la Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición final de los desechos Sólidos no peligrosos.

1.8.2. Normativa Ecuatoriana

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, promulga el Acuerdo Ministerial No. 299, Resolución N° 99, Emitida el 30 de septiembre de 2013. por medio del cual expide el instructivo de la normativa general para Promover y Regular la Producción Orgánica – Ecológica – Biológica en el Ecuador.

Capítulo III: PRODUCCIÓN VEGETAL ORGÁNICA, (Artículo 18. De la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas)

- c) Podrán utilizarse fertilizantes y acondicionadores en el suelo que hayan sido verificados para su posterior aplicación en la producción orgánica.
- d) Los minerales nitrogenados no serán utilizados.
- h) El compost se deberá activar únicamente con preparados a base de plantas o preparados de microorganismos.
- i) Se recomienda para el compostaje del estiércol seguir los siguientes procedimientos para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en el producto final:

- El estiércol se debe someter a un proceso de compostaje, que garantice y registre la relación Carbono: Nitrógeno de las materias primas que se encuentre dentro del rango de 25:1 a 40:1. A lo largo del proceso de compostaje se debe realizar 5 volteos al menos durante 5 semanas, manteniéndose dentro de un rango de temperatura mayores a 55°C.
- El resultado de un proceso de compostaje, es la obtención de producto final (compost) que presenta resultados microbiológicos equivalentes que no sobrepasen los 1000 NMP (número más probable) de coliformes fecales por gramo de estiércol procesado y no más de 3 NMP de *Salmonella* por cada 4 gramos de estiércol procesado (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca., 2013, pp.43-45).

1.8.3. Aspectos legislativos para el uso agrícola del compost

La Norma Chilena Oficial NCh 2880 fue aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización el 29 de abril del 2004 y declarada Oficial de la República de Chile por Decreto Exento N° 89, del Ministerio de Agricultura. En este documento se establece los requerimientos y clasificación de calidad para compost.

Requisitos del producto compostado

- **Requisitos físicos y químicos**

Olores. - El compost debe presentar olores agradables, si el producto contiene compuestos sulfurados, amoniacales, mercaptanos, no puede ser utilizado para afines agrícolas.

Contenido de nutriente. - El compost debe presentar contenidos de nitrógeno total, mayor o igual a 0,5 %, expresado en base seca.

pH. - El pH del compost debe estar comprendido entre 5,0 y 8,5.

Materia orgánica. – El compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20%.

Tamaño de partícula. – Para todas las clases de compost, el tamaño máximo de las partículas que lo integran debe ser menor o igual a 16 mm.

Conductividad eléctrica. – Las distintas clases de compost deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Para compost Clase A, la conductividad eléctrica debe ser menor a 5 dS/m.
- b) Para compost Clase B, la conductividad eléctrica debe ser menor o igual a 8 dS/m.

Relación Carbono/Nitrógeno. - Las distintas clases de compost deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Para compost Clase A, la relación C/N debe ser menor o igual a 25.
- b) Para compost Clase B, la relación C/N debe ser menor o igual a 30.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Población de estudio

Residuos orgánicos (gallinaza) generados en la granja avícola Fernandita de la Ciudad de Riobamba y los residuos de poda y césped provenientes de los espacios verdes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2. Tamaño de muestra

Se armaron tres pilas de compostaje con una relación C/N entre 15 y 20, pues el objetivo de esta investigación fue compostar gran cantidad de gallinaza. A la par, una porción de gallinaza se co-compostó en un bidón de 120 L de capacidad, con el fin de conocer la viabilidad del proceso.

2.3. Selección de Muestra

En la granja avícola Fernandita, se obtiene un total de 7200 Kg/mes de residuos de gallinaza. Con el método del cuarteo se pudo obtener una muestra representativa. Durante el proceso, antes de realizar el volteo, se tomaron muestras de aproximadamente 1 Kg de muestra para los análisis físico-químicos, químicos y biológicos en el laboratorio.

2.4. Técnicas de recolección de datos

Se tomó como referencia la información bibliográfica teórica. Entre las técnicas empleadas se utilizaron varias herramientas de valoración como: técnicas experimentales de laboratorio, seguimiento, muestreo y control del proceso de co-compostaje, cálculo del porcentaje de índice de germinación, registro y tabulación de los resultados y comparación de los tratamientos mediante el análisis estadístico (Anova).

2.5. Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en el Centro de Acopio de Residuos Sólidos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, los laboratorios de Química Analítica y Biotecnología de la Facultad

de Ciencias de la ESPOCH y los Laboratorios de Agrocalidad ubicados en la Ciudad de Quito-Tumbaco.

2.6. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue de tipo longitudinal, debido a la comparación del compost obtenido en un determinado período.

Es descriptiva, porque permite entender e interpretar las principales variables de control en cada uno de los tratamientos de compostaje propuestos, con el fin de conseguir un producto de calidad.

De tipo aplicativa, porque se planteó una solución sustentable para la reutilización de los residuos orgánicos (gallinaza) generados en la Granja avícola Fernandita, con el propósito de elaborar un abono orgánico (compost) que permita minimizar la contaminación ambiental.

2.7. Técnicas experimentales

2.7.1. Recolección y transporte de los residuos orgánicos

Se escogió una semana cualquiera para la recolección de residuos orgánicos de gallinaza en la Granja Avícola Fernandita y los residuos de poda triturados (hojas de árboles y césped o pasto) de la ESPOCH. Estos residuos fueron trasladados a su Centro de acopio.

2.7.2. Montaje de pilas

1. La caracterización de los residuos a compostar se realizó mediante el método de cuarteo con el fin de lograr una muestra representativa, para esto se homogenizó y se tomó raciones en áreas diferentes. Todos los análisis se realizaron sobre base seca.
2. Realizados los análisis iniciales de materia orgánica, carbono orgánico (sacado en base a MO), nitrógeno total, potasio, fósforo y porcentaje de humedad de los tres materiales a compostar se procedió a elaborar los tratamientos de co-compostaje en proporciones diferentes.
3. Considerando los tres tipos de residuos a compostar se diseñaron 3 pilas de co-compostaje y un experimento en bidón de 120 L.

4. Los tratamientos tuvieron una relación C/N de (20,25; 15,68; 17,52) para las pilas 1, 2 y 3 respectivamente y el bidón 15,18.

Los pesos de los cuatro tratamientos fueron:

- Pila 1: 305 Kg de Gallinaza + 40 Kg de poda
 - Pila 2: 370 Kg de gallinaza + 85 Kg de poda
 - Pila 3: 310 Kg de gallinaza + 25 Kg de poda + 25 Kg de césped
 - Tratamiento (Bidón): 65 Kg de gallinaza + 20 Kg de césped
5. Se colocó como base una capa de poda triturada, posteriormente se alternó con una capa de gallinaza, intercalando hasta acabar el montaje de las pilas y bidón, se utilizó palas manuales con el fin de obtener una mezcla homogénea.
 6. Una vez armadas las pilas y el bidón, el proceso se controló in situ bajo cubierta donde se trabajó con un sistema de compostaje abierto.
 7. El control de la temperatura y humedad fue tres veces a la semana.
 8. Las pilas se regaron en forma homogénea, garantizando una humedad óptima.

2.7.3. Control del proceso

Se controló los parámetros de temperatura y humedad, estos son indicadores de las etapas del co-compostaje.

El volteo fue manual por medio de palas. A lo largo del proceso y en función de la temperatura, se realizaron 7 volteos en las pilas y 6 en el bidón.

El proceso se consideró finalizado, cuando la temperatura fue próxima a la ambiente. En este punto se dio inicio al período de maduración. Para esto, las pilas se colocaron en forma trapezoidal a una altura de 50 cm. La duración del proceso fue de 186 días.

Durante todo el proceso se tomaron muestras, éstas fueron codificadas y recolectadas en fundas ziploc, cada muestra fue sometida a análisis de parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos para establecer su calidad.

Una vez que culminada la fase de maduración se tamizó el compost obtenido. Las muestras iniciales y finales fueron enviadas a los laboratorios de AGROCALIDAD en la Ciudad de Quito, donde se analizaron los principales parámetros como; Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Fósforo y Potasio. En los laboratorios de la Facultad de Ciencias se analizaron parámetros como: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), e Índice de Germinación (IG).

2.8. Materiales y Equipos

Tabla 1-2: Materiales y equipos en el trabajo de campo

Materiales	Instrumentos y/o equipos
Mandil Botas Guantes Mascarilla Balanza Digital Pala Regadera Rastrillo Agua Bidón plástico Carretilla Bolsas Ziploc	Termómetro Higrómetro

Realizado por: Auquilla, E. 2019

2.8.1. Análisis de laboratorio

Los respectivos análisis físico-químicos, químicos y biológicos se realizaron en función a técnicas de laboratorio como se muestran en el Anexo A.

Tabla 2-2: Materiales y equipos utilizados para los análisis de laboratorio

Parámetros	Materiales	Instrumentos y/o Equipos
Preparación de las muestras	Muestras de compost Mandil Mascarilla Guantes Frascos de plástico estéril	Balanza Analítica Estufa Molino Secador de bandejas
Parámetros físico-químicos	Muestras de compost Agua destilada Vasos de precipitación de 250 ml Papel filtro	Balanza Analítica Agitador Centrifuga Peachimetro Conductímetro
Parámetros químicos	Muestras de compost Crisoles Pinza para crisoles	Balanza Analítica Mufla Desecador Espectrofotómetro Equipo Kjeldahl Estufa
Parámetros biológicos	Muestras de compost Cajas Petri Semilla de berro (<i>Lepidium sativum L.</i>) Papel Aluminio Etanol al 50 %	Balanza Analítica Pie de Rey Refrigeradora Estufa

Realizado por: Auquilla, E. 2019

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización fisicoquímica y química de los residuos iniciales

Tabla 1-3: Caracterización fisicoquímica y química de los residuos iniciales

Parámetro	Materia Prima		
	Gallinaza	Poda	Césped
Nitrógeno Total NT (%)	3,35	1,71	2,07
Materia Orgánica (%)	62,71	91,3	86,5
Carbono Orgánico (%)	34,08	49,61	47,01
Fósforo P ₂ O ₅ (%)	4,85	0,08	0,19
Potasio K ₂ O (%)	3,52	0,47	2,62
Humedad (%)	72,39	-	-
Conductividad (dS/cm)	6,11	-	-
Potencial de Hidrógeno (pH)	7,98	-	-

Fuente: AGROCALIDAD

Realizado por: Auquilla, E. 2019

En la tabla 1-3 se indica la caracterización fisicoquímica y química que se realizó correspondientemente a fracción representativa de los residuos de gallinaza de la Granja Avícola Fernandita y los residuos de poda y césped de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los valores de materia orgánica y macronutrientes son aceptables para iniciar procesos de compostaje. Resultados similares se evidencia en el estudio de manejo y procesamiento de la gallinaza (Estrada, 2005).

3.2. Parámetros de control del proceso de co-compostaje

3.2.1. Parámetros físicos químicos

Temperatura

En la gráfica (1-3) se muestran la evolución de la temperatura durante todo el proceso. La medición se realizó tres veces por semana en todos los tratamientos.

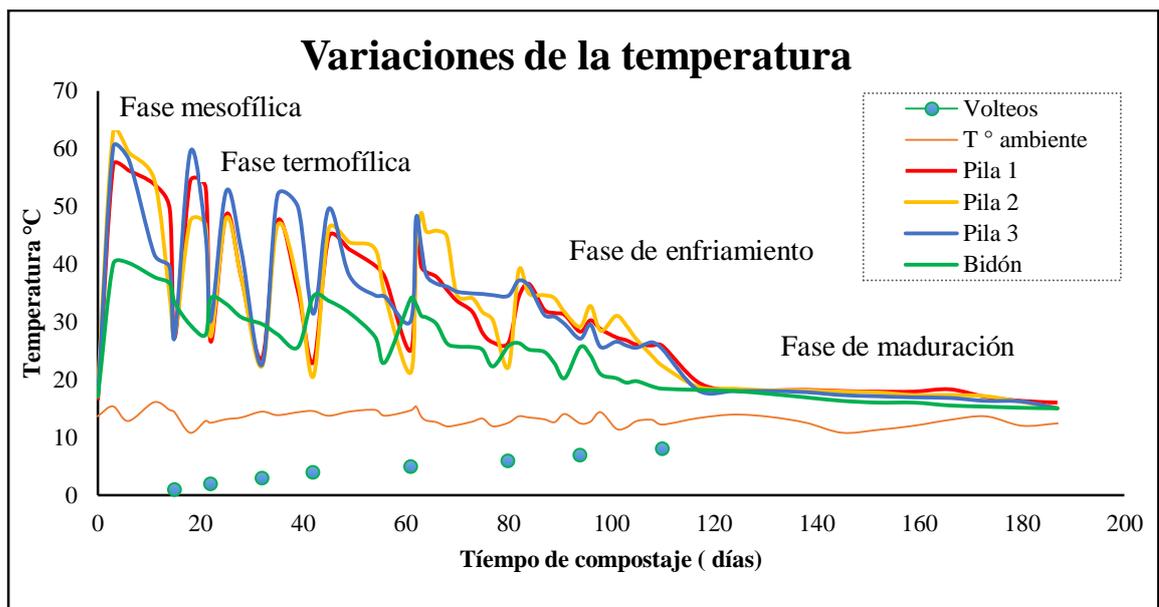


Gráfico 1-3: Variación de la temperatura.

Realizado por: Auquilla, E. 2019

Una vez iniciado el proceso de co-compostaje, se evidenció que la fase mesofílica inicial fue muy corta, y con el pasar de los días y por la acción de la actividad microbiana, el proceso alcanzó la etapa termofílica en las tres pilas presentando valores máximos de (57,22; 63,04; 60,34) para las pilas 1, 2 y 3 respectivamente, favoreciendo la eliminación de agentes patógenos. (Riera et al., 2014) encontró resultados similares en la evolución de la temperatura entre las mezclas de cada uno de los tratamientos, mostrando el comportamiento característico del proceso de co-compostaje pues, en las primeras semanas, se lograron valores termófilos presumiéndose una higienización de los

materiales con la consecuente eliminación de posibles patógenos presente en el material. Al usar estiércol de gallinaza la fase termófila tiene un periodo más largo (Leconte María,2010).

Después de realizar el volteo en cada uno de los tratamientos se evidenció la reactivación de la pila por el aumento de la temperatura, debido a la mayor cantidad de componentes orgánicos fácilmente degradados y la disponibilidad de oxígeno.

Transcurrido 80 días de compostaje las temperaturas de las 3 pilas fueron descendiendo progresivamente hasta alcanzar la fase de enfriamiento y posteriormente la fase de maduración. Resultados similares fueron observados por otros investigadores (Gavilanes et al, 2016).

Durante los 77 días que duró la fase de maduración se logró la estabilización de la materia orgánica degradada, dando lugar a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. El período de fermentación lenta puede llegar a durar 3 meses, tiempo necesario para culminar la fase de maduración (Rodríguez, 2009).

En el grafico 1-3 se observa que las temperaturas que presenta el bidón a lo largo de todo el proceso son menores en comparación al resto de las pilas debido. posiblemente a que se armó el tratamiento con una menor cantidad de residuos orgánicos (65 Kg gallinaza+20 Kg césped).

Potencial de hidrógeno pH

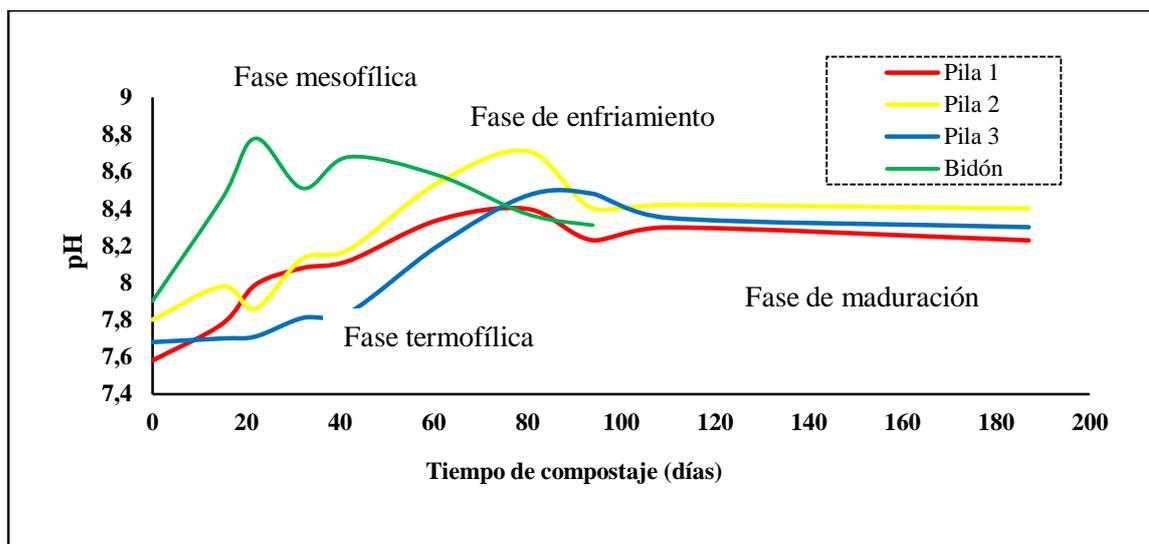


Gráfico 2-3: Evolución del pH

Realizado por: Auquilla, E. 2019

En el gráfico 2-3, se observa que al iniciar el proceso de co-compostaje, se registraron pH básicos en cada uno de los tratamientos obteniendo valores de 7,58 P1; 7,8 P2; 7,68 P3; y 7,9 B, debido al estiércol de gallinaza que presentó una tendencia a la alcalinidad. Se menciona que alcalinidad en el proceso de compostaje se debe a la degradación de compuestos ácidos, aminoácidos y proteínas (Moral, 2008) y al amonio de la gallinaza (Escobar, et al., 2012).

Según la Norma Chilena NCh 2880 Clasificación y requisitos para Compost (2004), se establece el pH óptimo del compost para uso agrícola va de 5,0 a 8,5. Por lo que todos los compost preparados cumplen esta normativa.

Conductividad Eléctrica CE

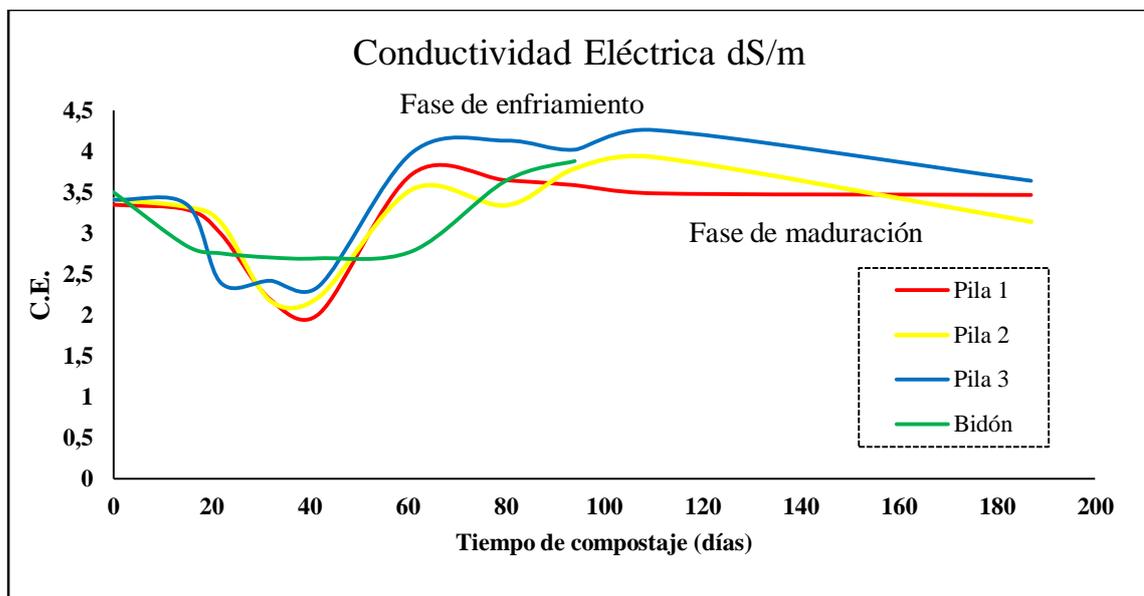


Gráfico 3-3: Evolución de la Conductividad Eléctrica
Realizado por: Auquilla, E. 2019

Se pudo observar que la CE se estabilizó en la fase de maduración alcanzando valores entre 3,14 a 3,65 dS/m. Algunos autores mencionan que la CE tiende a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de materia orgánica (Bueno, et al., 2008). Otros consideran que la CE disminuye debido a los riegos para la humectación de las pilas. En esta investigación no hubo mayor variación (Camiletti, 2016). Según la Norma Chilena NCh 2880 Clasificación y requisitos para compost (2004), se establece que si el compost tiene una CE menor a 5 dS/m el será de clase A y si es menor o igual a 8 dS/m dará como resultado un compost clase B. Los compost obtenidos presentan valores muy próximos a un compost de clase A.

3.2.2. Parámetros químicos

Materia Orgánica

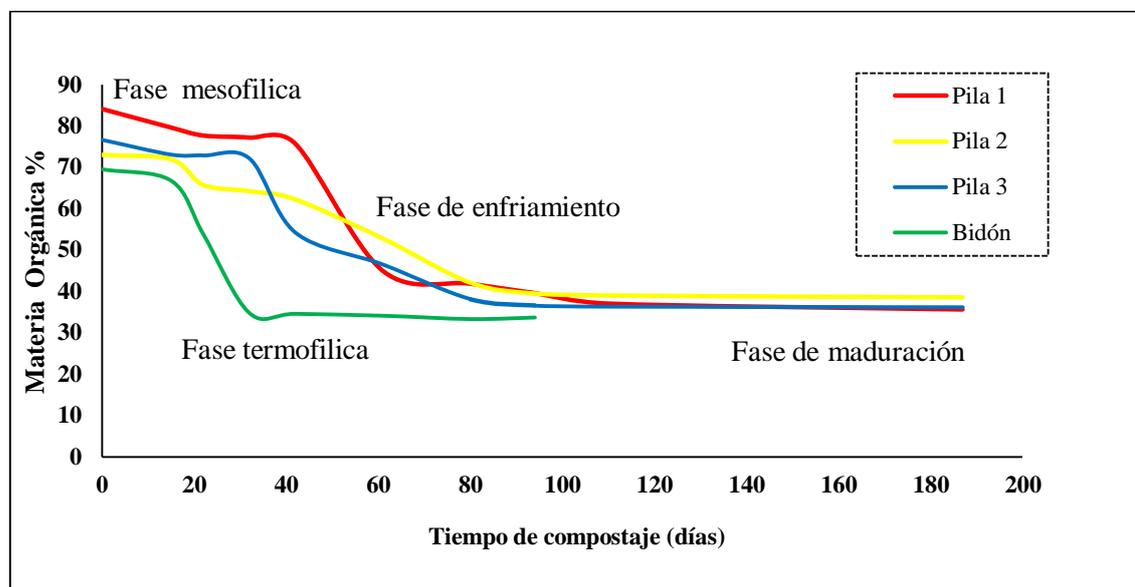


Gráfico 4-3: Evolución de la Materia Orgánica

Realizado por: Auquilla, E. 2019.

En los 4 tratamientos de co-compostaje se registró un descenso significativo del porcentaje de materia orgánica, iniciando con valores de 84,19; 73; 76,71; 69,54 hasta valores finales de 35,6; 38,61; 36,2; 33,66 respectivamente, la mayor disminución de la materia orgánica se dio en la etapa termofílica bio-oxidativa debido a que el proceso en esta fase alcanza temperaturas altas de hasta 63,04 °C, que ayudan a la mineralización de la MO, mientras que en la fase de maduración se registra una mínima pérdida de MO dando lugar a la estabilidad del compost obtenido. (Bueno, et al., 2008) mencionó en un artículo sobre los factores que afectan el proceso de compostaje que el %MO tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada.

El porcentaje de MO de los compost obtenidos presentaron valores superiores a los establecidos en la norma Chilena NCh 2880 Clasificación y requisitos para compost (2004), que indica un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20 %.

Carbono Orgánico

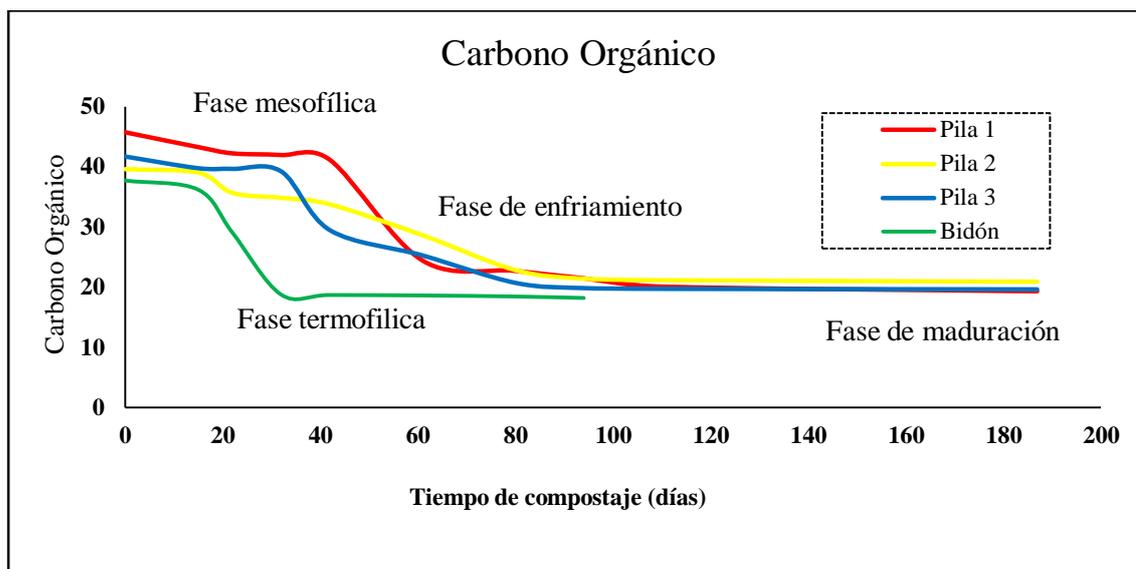


Gráfico 5-3: Evolución del Carbono Orgánico

Realizado por: Auquilla, E. 2019

Los valores de Carbono fueron obtenidos en base al % de MO, según lo establecido por (Iglesias y Pérez, 1992) que indica que el $\%C = MO/1,84$. En la fase final de maduración de todos los tratamientos se produjo la estabilización de carbono. El Carbono Orgánico es un parámetro que indica la estabilidad de la materia orgánica, al transcurrir el proceso éste disminuye a medida que la MO se estabiliza, además, es la fuente rica en energía para los microorganismos (Tighe, 2014).

3.3. Evaluación de la calidad del compost

Los resultados de los análisis de macronutriente N P K, se obtuvieron en los laboratorios de AGROCALIDAD, los parámetros con sus valores se muestran en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Parámetros de calidad del compost

Parámetro	Muestras iniciales %				Muestras finales %				Norma
	Tratamientos				Tratamientos				
	1	2	3	4	1	2	3	4	NCh 2880
MO	84,19	73	76,71	69,54	35,6	38,61	36,2	33,66	≥ 20
C Org	45,76	39,67	41,69	37,79	19,35	20,98	19,67	18,29	
NT	2,26	2,53	2,38	2,49	2,07	2,13	1,99	1,83	≥ 0,5
C/N	20,25	15,68	17,52	15,18	9,35	9,85	9,89	10	≤ 25
Fósforo (P)	1,67	2,47	1,71	1,74	3,63	4,85	2,89	2,33	
Potasio (K)	1,49	2	2,2	2,25	4,57	3,59	3,53	3,52	

Fuente: AGROCALIDAD

Realizado por: Auquilla, E. 2019

En cuanto al contenido de macronutrientes NPK se puede observar en la tabla 2-3, que el compost obtenido de cada uno de los tratamientos presenta valores relativamente altos, llegando a superar los rangos permisibles que establecen la mayoría de las normativas, que indican que los macronutrientes deben ser superiores al 1 %. Esto, pone de manifiesto el valor fertilizante de los compost de gallinaza.

Relación C/N

Las relaciones C/N al final del proceso de co-compostaje, disminuyeron progresivamente llegando a alcanzar valores entre 9 y 10. (Tighe, 2014) manifiesta que, la relación C/N es un parámetro que nos demuestra la madurez del compost, cuando presentan valores bajos y estables nos indica que ha habido una buena descomposición de los residuos. (Lopez, et al.,2017) menciona que en su investigación se evidenció una disminución de la relación C/N durante todo el proceso debido a la dinámica del carbono, el cual tiende a disminuir como consecuencia de la oxidación.

Índice de Germinación IG

La tabla 3-3 indica los resultados del IG de las muestras iniciales y finales a lo largo del proceso del co-compostaje, este es un parámetro que determina el grado de madurez que alcanza un compost en función de la mineralización de la materia orgánica y las altas temperaturas que eliminan patógenos.

Tabla 3-3: Índice de germinación IG

COMPONENTE	PILA 1		PILA 2		PILA 3		BIDÓN	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
IG: Índice de germinación	39	42	33	74	39	85	38	70

Fuente: Auquilla, E. 2019

Realizado por: Auquilla, E. 2019

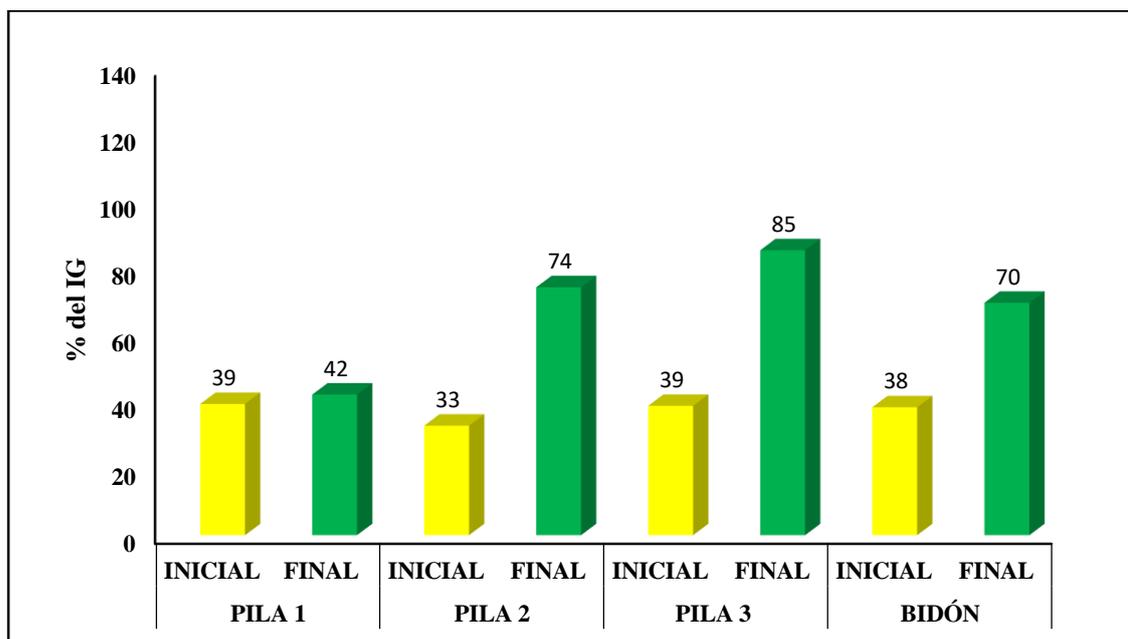


Gráfico 6-3: Índice de Germinación

Realizado por: Auquilla, E. 2019

En el gráfico 6-3 se observa que los porcentajes de IG de las muestras iniciales de cada uno de los tratamientos son relativamente bajos (39, 33, 39, 38 %) debido principalmente a que el material a compostar no ha sufrido ningún tratamiento, evidenciando una fuerte cantidad de sustancias fitotóxicas en los residuos iniciales.

Los valores de $IG \leq 50\%$ indica que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas, un valor entre el 50% y 80% muestra una presencia moderada de estas sustancias y si el IG es $\geq 80\%$ se establece que no hay presencia de sustancias fitotóxicas o se encuentran en baja concentración (Zucconi et al, 1981).

El compost de la pila 1 reporta una variación leve respecto al valor inicial, de 39% a 42%, indicando que existe una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas que no se han metabolizado o que los residuos no han finalizado su etapa de madurez, dificultando su uso en el sector agrícola. Valores similares reportan (Varnero, 2017) en su estudio índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje.

En dos tratamientos se evidencia una evolución favorable en cuanto al porcentaje de IG en relación a las muestras iniciales, obteniendo los siguientes valores: Pila 2 (33% a 74%) y Bidón (38% a 70%), valores que según (Zucconi, et al, 1981), indica una presencia moderada de sustancias fitotóxicas.

Se observa en la gráfica 6-3, que el compost de la pila 3 presentó un mayor porcentaje de IG (85%) con respecto a la muestra inicial (39%), indicando que no hay presencia de sustancias fitotóxicas, indicando que el compost obtenido presentó un grado madurez adecuado, considerándose apto para el uso agrícola por el aporte de macronutrientes esenciales requeridos por las plantas. (Varnero, 2017), obtienen valores superiores al 80% en cuanto al porcentaje de IG.

3.4. Análisis estadístico

Los análisis se hicieron por triplicado para cada uno de los tratamientos siendo las variables elegidas para el análisis: pH, Conductividad Eléctrica, Carbono Orgánico, Nitrógeno, Relación C/N. Se utilizó el programa estadístico SPSS para análisis de varianza de un factor (Anova), con un 95% de confiabilidad para el procesamiento de datos. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

3.4.1. Resultados estadísticos de los parámetros fisicoquímicos del proceso

Tabla 4-3: Resultado estadístico de los parámetros fisicoquímicos del proceso de co- compostaje

Muestras Iniciales				
Parámetro	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Bidón
pH	0,01435	0,1654	0,01435	0,0248
CE	0,01435	0,01435	0,01435	0,01435
NT	0,01435	0,01435	0,01435	0,01435
C org	0,8127	1,1395	1,1417	1,20775
C/N	0,42765	0,3583	0,58225	0,5163
Muestras Finales				
pH	0,01435	0,0248	0,01435	0,03795
C.E	0,01435	0,01435	0,01435	0,01435
NT	0,01435	0,01435	0,01435	0,03795
C org	0,01435	0,01435	0,01435	0,01435
C/N	0,0717	0,05735	0,0717	0,09405

pH: Potencial de hidrógeno; CE: conductividad eléctrica; NT: nitrógeno total; C org: Carbono orgánico; C/N: relación carbono nitrógeno. Los valores LSD test de diferencias significativas.

Realizado por: Auquilla, E. 2019

Mediante el análisis estadístico se establecieron las diferencias significativas entre los valores de cada parámetro estudiado en las pilas y bidón. Las muestras iniciales y finales del proceso de co-compostaje emplearon la prueba de diferencias significativas (LSD) con un nivel de significancia < 0.05 , determinando que no se obtuvo diferencias significativas entre la muestra inicial y final en cuanto a los parámetros; pH, CE y NT. Este último dato indicó que no se ha perdido N durante el proceso, lo que favorece su acción como fertilizante.

Se observa que tanto para las muestras iniciales y finales el Carbono Orgánico y la Relación C/N, presentan diferencias significativas, debido a que los valores superan el nivel de significancia de $> 0,05$. Este resultado es lógico pues durante el proceso hay pérdidas de carbono en forma de CO_2 .

3.4.2. Resultados estadísticos del índice de germinación

Se trabajó con la prueba estadística T Student de muestras relacionadas al 95% de confiabilidad y la distribución normal al 99% de confiabilidad, que permite comparar las muestras iniciales y finales de cada tratamiento de co-compostaje.

Tabla 5-3: Resultado estadístico de muestras relacionadas en el IG

		Media	N	Desviación típ.	Error típico de la media
Par 1	IG1I	16,1650	10	6,90909	2,18485
	IG1F	16,6830	10	7,07252	2,23653
Par 2	IG2I	14,0330	10	7,63032	2,41292
	IG2F	21,3980	10	2,46610	,77985
Par 3	IG3I	15,3430	10	5,52015	1,74562
	IG3F	25,9880	10	5,92797	1,87459
Par 4	IGBI	13,2170	10	5,26186	1,66395
	IGBF	19,5325	10	1,82337	,57660

Realizado por: Auquilla, E. 2019

Tabla 6-3: Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 IG1I – IG1F	-,51800	10,22361	3,23299	-7,83153	6,79553	-,160	9	,876
Par 2 IG2I – IG2F	-7,36500	8,11253	2,56541	-13,16835	-1,56165	-2,871	9	,018
Par 3 IG3I – IG3F	-10,64500	7,13706	2,25694	-15,75054	-5,53946	-4,717	9	,001
Par 4 IGBI – IGBF	-6,31550	4,38047	1,38523	-9,44910	-3,18190	-4,559	9	,001

Realizado por: Auquilla, E. 2019

La pila 1 muestra un valor de significancia $> 0,05$ es decir, no hubo diferencia entre el tratamiento inicial y final. Mientras que la pila 2, pila 3 y el bidón muestran valores no significativos ya que presentan un valor de significancia $< 0,05$ razón por la cual, el IG tuvo diferencias significativas entre las muestras iniciales y finales, lo que demuestra que durante el proceso de co-compostaje existió una transformación de la materia orgánica de los residuos compostados obteniendo una mayor degradación, factor importante para alcanzar un compost con un grado de madurez aceptable.

CONCLUSIONES

- La caracterización química de la gallinaza evidenció el alto contenido de nutrientes en este tipo de residuos. Las concentraciones de macronutrientes NPK de la gallinaza son superiores a las de los residuos de poda y césped, razón por la cual se justifica su co-compostaje con residuos de poda, ricos en materia orgánica y carbono. Por ende, el co-compostaje es una técnica viable que da como resultado final el bioabono denominado compost, mismo que no contiene patógenos, tiene estabilidad, y se puede utilizar como abono orgánico el cual va ayudar a mejorar las características fisicoquímicas y biológicas del suelo.
- Se controló adecuadamente los principales parámetros del proceso del co-compostaje, siendo la temperatura y la humedad, parámetros esenciales para establecer condiciones óptimas que permitan a los microorganismos la correcta degradación de la materia orgánica. El volteo permitió la correcta oxigenación y homogenización de la materia orgánica. Los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio confirmaron una calidad variable de los compost. El compost de la pila 1 no cumple con las normas establecidas.
- Se evaluó la calidad de los compost obteniendo mediante las propiedades fisicoquímicas y químicas (pH, CE; %MO, concentración de macronutrientes NPK) por comparación con los criterios de calidad para el uso de compost en suelos agrícolas de la normativa Chilena NCh 2880. Todos los compost cumplieron con criterios de calidad B.
- El índice de germinación se llevó acabo con el método de (Zucconi et al., 1981) que determina el porcentaje del número de semillas germinadas y la longitud promedio de la radícula de las semillas de berro (*Lepidium sativum L.*), el IG de tres de los cuatro experimentos fue superior al 70% lo que indica que el compost obtenido presenta un nivel de madurez aceptable y puede ser utilizado para prácticas agrícolas. El compost de la pila 3, al presentar un IG del 85% cumple con los parámetros establecidos lo que lo hace idóneo para su uso con fines agrícolas.

RECOMENDACIONES

- La Granja Avícola Fernandita debe adoptar políticas ambientales para el manejo de residuos orgánicos, implementando procesos de co-compostaje. De esta manera se minimizaría el impacto ambiental y se obtendrían abonos orgánicos para la aplicación en el sector agrícola.

- Se recomienda a la Granja Avícola Fernandita realizar de forma periódica la caracterización de los residuos de gallinaza, así se podría disponer de una base de datos de las características fisicoquímicas y químicas de los residuos orgánicos esenciales para iniciar procesos de co-compostaje.

BIBLIOGRAFÍA

Agrocalidad. *Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica-ecológica -biológica en el Ecuador.* Quito-Ecuador. 2013

Agroterra S.L. *Compostaje de restos de poda, un valor añadido a nuestro trabajo.* 2013. [Consulta el 05 de julio de 2017]. Disponible en:
<http://www.agroterra.com/blog/descubrir/compostaje-de-restos-de-poda-un-valor-anadido-a-nuestro-trabajo/76812/>

Amlinger F, Gotz et al. “Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability a review”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “ELSEVIER Eur.J.Soil Biol. Vol. (39)”. 2003. pp. 107-116. [Consulta:18 de octubre 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1164556303000268>

Alvarez, J., lopez, R., & Sancho , F. “Procesos de co-compostaje y aplicación de sus productos en cultivos de vivero y forestales en Andalucía. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla-CSIC”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Empresa de gestion medioambiental - Sevilla.” 2002. [Consulta el 01 de mayo de 2018]. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/101634/1/Procesos_co-compostaje_aplicacion.pdf

Bueno Márquez, Pedro et al. “Factores que afectan al proceso de compostaje”. [En Línea], (Tesis) (Doctorado). “Universidad de Huelva, Ciencias Experimentales , Sevilla-España”. 2008. pp.1-9. [Consulta:18 de octubre 2018]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

Cadena Jorge. “Impostancia de la materia orgánica en el suelo”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Agro Productividad vol. (9), N° 8”. 2016. p. 52. [Consulta: 26 de septiembre 2018]. Disponible:
https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_VIII_2016.pdf

Camiletti Morales, Justin. Estudio del vermicompostaje de compost de residuos orgánicos de distinta naturaleza. [En línea]. (Tesis de maestría). Universidad Miguel Hernández de Elche, Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Master Universitario Oficial en Ingeniería Agronómica.

Alicante, España 2016. p. 40. [Consulta: 04 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM%20Camiletti%20Morales,%20Justin.pdf>

Cevallos Guerrero Solange. “Implementación de un programa de reducción y tratamiento de residuos sólidos no peligrosos aplicables a la educación ambiental en la unidad educativa fiscal Rumiñahui”. [En Línea], (Tesis) (Grado). “Universidad de las Américas, Ingeniería y Ciencias Agropecuarias”. 2014. pp.14-15 [Consulta: 4 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2522/1/UDLA-EC-TIAM-2014-09%28S%29.pdf>

Dalzell, HW. “Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales”. [en línea]. (Artículo) (Científico). Roma: Boletín de suelo de la FAO 56”. 1991. pp.18-28. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=WgZ47ud_bpoC&pg=PA46&dq=gallinaza+compostaje&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiv8fKHs7ndAhVIqlkKHHasEDCoQ6AEISjAI#v=onepage&q=gallinaza%20compostaje&f=false

Estrada Mónica. “Manejo y procesamiento de la gallinaza”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Revista Lasallista de Investigación, (Colombia) Vol. 2”. 2005, pp. 43-48. [Consulta: 02 de octubre 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>

Estrada, German, & Sanabria, Adriana. “Factores que afectan un buen desarrollo del compostaje de mortalidad porcina”. [En Línea], (Artículo) (Científico)._ “ResearchGate”. (2017), [Consulta: 26 enero del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317648086_Factores_que_afectan_el_buen_desarrollo_del_compostaje_de_mortalidad_porcina

Escobar, Fabiola et al. “Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani”. [En Línea], (Artículo) (Científico)._ RevActaNova. (2012), Bolivia, Vol.5, (N° 3), pp.390-410. [Consulta: 2019-01-11]. ISSN 1683-0789. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168307892012000100004&lng=es&nrm=iso.

Ferro, José, & Llera, Fernando. “Abonos verdes: cultivos para una agricultura sostenible”. [En Línea], (Artículo) (Científico)._ “España, Ministerio de Gobierno”. 2011. pp. 662 [Consulta: 20 de octubre 2018]. Disponible en:

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2011_944_622_626.pdf

Foncodes. “Producción y uso de abonos orgánicos:biol, compost y humus”. Fondo de Cooperación para el desarrollo social, 2014, (Lima-Colombia). pp. 6-9.

García, Y., Lon WO, E., & Ortiz, A. “Efectos de residuales avícolas en el ambiente”. [En línea]. (Sitio) (Científico). “Fertilizando en Línea.”. 2016. [Consulta el 01 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/efecto%20residuales%20avicolas%20ambiente.asp>

García Céspedes et al. “Methods and parameters to determine the maturity of the compost at the farm level”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Revista electrónica de la Agencia de Medio ambiente, Ecuador (Nº 26),” 2014. [Consulta: 31 de octubre 2018]. ISSN 1683-8904. Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/26.03.pdf>

Galea Camacho Zesay. “Ensayo de producción y caracterización de compost a partir de residuos de guacamole, poda y gallinaza”. [En línea] (Proyecto) (Científico). “Universidad Pablo de Olavide, España”. 2013. pp. 8-21. [Consulta: 25 de septiembre 2018]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/80186/1/Ensayo%20de%20producci%C3%B3n.pdf>

Gavilanes Terán Irene de Carmen. “Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos”. [Libro] (Tesis) (Doctoral). “Universidad Miguel Hernández de Elche Escuela Superior Politécnica de Orihuela”. 2016. pp.30. [Consulta: 25 de septiembre 2018]. Disponible en: “Departamento. Agroquímica y Medio Ambiente”.

Gavilanes et al. “Windrow composting as horticultural waste management strategy – A case study in Ecuador” [En Línea], (Artículo) (Científico). ScienceDirect 2016 Vol. 48 , pp 127–134. [Consulta: 4 de octubre 2018].

Norma Chilena NCh 2880. “Compost - Clasificación y requisitos”. [En Línea] (Norma) (Instructivo). "Instituto Nacional de Normalización". 2004. [Consulta: 25 de septiembre 2018]. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>.

INEN-ESPA. “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua”. [En línea]. (Manual) (Instructivo). “Dirección de estadísticas agropecuarias y ambientales”. 2017. [Consulta: 26 de diciembre 2018]. Disponible en:

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf

Iglesias, E & Pérez, V. “Determination of maturity indices for city refuse compost. Agriculture Ecosystems and Environment, 1992, Vol. 38. pp. 331-343

Lingying, Zhao, et al. “Ammonia concentrations and emission rates at a commercial poultry manure composting facility”. [Revista], (Artículo) (Científico), ScienceDirect 2016, Vol. 150, p. 69-78. [Consulta: 4 de octubre 2018]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/306416964_Ammonia_concentrations_and_emission_rates_at_a_commercial_poultry_manure_composting_facility

Leconte Corina María. “Efecto del agregado de estiércol de gallina en el compostaje de aserrín y cascarilla de arroz”. [Libro] (Tesis) (Doctoral). “Universidad Nacional de Nordeste Área Recursos Naturales”. 2010. [Consulta: 25 de septiembre 2018]. Disponible en: “Facultad de Ciencias Agrarias”.

Lopez Bravo, Elvis et al. “Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña”. [En Línea], (Artículo) (Científico) Ctro. Agr. 2017, Nol.44, N° 3, pp.49-55. [Consulta: 4 de octubre 2018], Disponible en:

<http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852017000300007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2072-2001

Mezo Bilardo. “ Características compostaje”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Tierr.org”. 2015. [Consulta el 11 de abril de 2018]. Disponible en: https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2015/03/compost_esp_v04.pdf

MAGAP. “Manual de aplicabilidad de buenas prácticas avícola” [En Línea] (Instructivo) (Normativa). "Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura, y Pesca". 2013. [Consulta: 6 de Octubre 2018]. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/manual-avicola-08-11-2016.pdf>

Moreno, Joaquín; & Moral, Raul. “Compostaje”. [En Línea], (Libro) (Científico). “Madrid España: Ediciones Mundi Prensa”. 2008. pp. 43-48. [Consulta: 24 de agosto 2018]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=APuzwas6rrcC&pg=PA481&dq=SISTEMAS%20DE%20COMPOSTAJE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiO2IiDgrveAhWE2FMKHR_iCA0Q6AEIJJA

A&fbclid=IwAR2UXn8UTWW9E0sGDgy8bWwwwwb2_pOPg2rO-
mZfBnnDAz1mBFvUvV5DvC0#v=onepage&q=SISTEMAS%20DE%20COMPOSTAJE&f=f
alse

Mullo Guaminga Inés. “Manejo y procesamiento de la gallinaza”. [En Línea] (Tesis) (Grado). “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias Pecuarias, Ingeniería Zootécnica”. 2012. pp. 3-6. [Consulta: 15 de agosto del 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.pdf>

Navarro, Ginés & Navarro, Simón. “Fertilizantes química y acción”. [En Línea]. (Libro) (Científico). “Madrid España: Ediciones Mundi Prensa”. 2014. [Consulta: 24 de agosto 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=3McUBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=fertilizantes+quimica+y+accion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7-pqP08LeAhVSzVMKHVEpAIUQ6AEIJzAA#v=onepage&q=fertilizantes%20quimica%20y%20accion&f=false>

Negro, MJ et al. “Producción y gestión del compost”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “CIEMAT”. 2000, pp. 9-35. [Consulta: 12 de octubre 2018]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>

Paglia M, Vignozzi N & Pellegrini, S. “Soil structure and the effect of management practices”. [En línea]. (Artículo) (Científico). “Soil Till ELSEVIER (vol. 79)”. 2004. pp. 141-143. [Consulta: 4 de octubre 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198704001394>

Pomboza, P et al. “Granjas avícolas y autosuficiencia de maíz y soya caso Tungurahua-Ecuador”. [En línea]. (Artículo) (Científico). “Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo regional, Vol. 51, N° (28)”. 2018. [Consulta: 4 de octubre 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572018000100001

Ramos Alvaríño Caridad. “Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Revista CENIC. Ciencias Químicas, Cuba, vol. 36, No. 1”. 2005. [Consulta: 25 de septiembre 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181620586010.pdf>

Ramos, David & Terry, Alfonso. “Generalities of the organic manures: Bocashi’s importance like nutritional alternative for soil and plants”. [En Línea], (Artículo) (Científico). “Cultivos Tropicales, Habana Cuba, Vol. 35, N°4”. 2014. pp. 52-59. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Acuerdo N°. 061. [Reglamento] (Norma) (Instructivo). “De la Calidad Ambiental: Título I Disposiciones preliminares”. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria, Acuerdo N°. 061.

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Acuerdo N°. 061. “Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Registro Oficial Suplemento 418, 2004/09/10”. [Reglamento] (Norma) (Instructivo). Anexo VI Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición final de los desechos Sólidos no peligrosos. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria, Acuerdo N°. 061.

Registro Oficial Organo del Gobierno del Ecuador, “Constitucion de la Republica del Ecuador”. [Reglamento] (Norma) (Instructivo). “Registro Oficial N° 449 , (2008), Titulo I. Elementos Constutivos del Estado”. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: Registro Oficial Organo Del Gobierno Del Ecuador.

Riera, Nicolas I, et al. “Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas” [En Línea] (Revista) (Científica). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 2014, Vol. 46 [Fecha de consulta: 3 febrero de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837657014>

Román Pilar, Martínez Maria y Pantoja Alberto. “Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en latino america”. [En Línea] (Revista) (Científica). "La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA - FAO". 2013. pp. 24 - 27 - 28 - 29 -31. [Consulta: 5 de Octubre 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

Rodríguez, Maria de Jesus. “Manual de Compostaje amigos de la tierra” [En Línea] (Revista) (Científica), “Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino Madrid-España”. 2009, pp. 5-24. [Consulta el 05 de julio de 2017]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf

Sandoval, Edgar. “Diseño de un plan de administración ambiental de la producción y faenamiento de pollos broilers en la avícola pollos campo”. [En línea]. (Tesis) (Grado). “Dspace - ESPOCH – Riobamba”. 2016. pp. 4. [Consulta: 2018-02-12]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5387/1/17T1417.pdf>

Salazar Takeshi. “Microbial activity in the aerobic composting process of organic solid waste”. [En Línea] (Revista) (Científica). “Revista de Investigación Universitaria, vol. 3 N° (2)”. 2014. pp. 74-84. [Consulta: 26 de septiembre 2018]. Disponible en: ISSN 2312-4353

SAGAP. “Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano”. [En Línea] (Norma) (Instructivo). “Secretaría de agricultura ganadería y pesca”. 2015. [Consulta: 26 de septiembre 2018]. Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/prensa/folletos_digitales/contenido/Manual_Avicola.pdf.

Soto, Gabriela & Meléndez, Gloria. “Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos”. [En Línea] (Revista) (Científica). “Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica, (N° 72)”. 2004. p. 91 [Consulta: 12 de octubre 2018]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1909e/A1909e.pdf>

Tighe, Ricardo et al. “Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la norma chilena n°2880”. [En Línea] (Revista) (Científica). Agronomía Mesoamericana, (Costa Rica), Vol. 25 (N° 2), 2014. p. 447-355 [Consulta: 12 de octubre 2018] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43731480012.pdf>

Torres Lozada Patricia, et al. “Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales – PTAR”. [En Línea] (Revista) (Científica). “Revista e Ingeniería e Investigación (Colombia) Vol. (58), N° 2”. 2005. pp. 53-61. [Consulta el 01 de julio de 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325208>

Taboada Alex. “Grupo de Gestión de residuos”. [En Línea] (Sitio) (Científica). “Proyecto de gestión de Residuos”. 2009. [Consulta el 22 de abril de 2018] Disponible en: <https://proyectogestionderesiduos.wordpress.com/2009/12/15/etapas-del-proceso-decompostaje/>

Tortosa Guillermo. “Sistemas de compostaje” . [En Línea] (Sitio) (Científica). “compostandociencia.com”. 2015. [Consulta el 22 de abril de 2018] Disponible en: <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>

Uribe, J., Estrada, et al. “Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abonos orgánicos a partir de estiércol de aves de jaula”. [En línea]. (Artículo) (Científico). “Universidad de Antioquia”. 2001. [Consulta el 01 de julio de 2018]. Disponible en: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7193/1/Uribe_J_2001_Microorganismos_eficaces_producci%C3%B3n_abono_org%C3%A1nico_esti%C3%A9rcol_aves_jaula.pdf

Vasquez, E. B. *Guía Para Compostaje Y Manejo De Suelos* (2005). Bogotá. [En línea]. [Consulta el 01 de julio de 2018] Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=BUDmjTQxKhQC&pg=PA18&dq=compost+elaboracion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4rZPdlp_eAhUFk1kKHd-SD0gQ6AEIJjAA#v=onepage&q=compost%20elaboracion&f=false

Varnero, María Teresa et al. “Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje”. [En línea]. (Artículo) (Científico). “R.C. Suelo Nutr. Veg. (Santiago de Chile) Vol. 7 (1)”. 2007. pp. 28-37. [Consulta: 02 de octubre 2018]. Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/rcsuelo/v7n1/art03.pdf>

Villegas Víctor & Laines, José. “Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos”. [En Línea] (Revista) (Científica). “Rev. Mex. Cienc. Agríc. vol. (8) N°2. 2017. pp.393-406. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000200393&script=sci_arttext

Yañez Roberto, et al. “Selective organic compounds degradation under controlling composting conditions”. [En Línea] (Revista) (Científica). “Waste Management, vol. (30)”. 2010 pp. 755-763. [Consulta: 10 de octubre 2018]. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/2010-Selective-organic-compounds-degradation-under-controlling-composting-conditions-WASTE-MANAG.pdf>

Zucconi, F, et al. “Evaluating toxicity of immature compost” (Revista) (Científica). *Biocycle* vol. (22)”. 1981 pp. 54-57. [Consulta: 10 de octubre 2018].

ANEXOS

ANEXO A: Técnicas de laboratorio para la determinación de parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

- Se colocan las muestras en vasos de precipitación y previamente etiquetadas se secan en estufa a 105°C por 24 horas, pues los resultados deben ser reportados sobre muestra seca.
- Se pasan al desecador hasta que se enfríen por un tiempo aproximado de media hora.
- Se pasan al frasco con tapa roja, se etiquetan y guardan en desecador

ESTUFA DE SECADO

Anotar características del equipo

MATERIA ORGÁNICA

- Tatar el crisol (105 grados centigrados por 2 h)
- Pasar al desecador por 30 minutos, enumera el crisol en la base y pesar el crisol vacío, anotar el peso
- Añadir 3 g de muestra y anotar el peso.
- Colocar en la mufla por 24 horas a 430 °C (Si la mufla lo permite se programan las temperaturas para que suba progresivamente, entonces la medición dura 2 días pues la temperatura sube y baja en forma gradua). En caso de no disponer de esta estufa se utiliza la normal.
- Colocar en el desecador por 30 minutos
- Pesar el crisol con la muestra calcinada

Fórmula para el cálculo:

$$\% \text{ MO} = (\text{peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol} + \text{muestra calcinada}) / (\text{Peso crisol} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del crisol vacío}) \times 100$$

NOTA: Si se utiliza la mufla de un laboratorio se puede solicitar la técnica estandarizada que utilizan normalmente y trabajar con ésta.

DETERMINACIÓN DE pH

- Pesar 3 o 4 g de muestra (balanza de 3 cifras).
- Adicionar 30 o 40 ml de agua (Siempre se hace una proporción 1:10)
- Agitar vigorosamente por 10 minutos
- Dejar sedimentar y medir directamente en el líquido sobrenadante el pH.
- Características del pHmetro: anotar

NOTA: Funcionamiento del pH metro

1. Calibrar con estándares
2. Medir el pH de la muestra. Entre las mediciones enjuagar con agua destilada y secar suavemente con papel. Medir la temperatura introduciendo conjuntamente el sensor.

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

- Pesar 3 o 4 g de muestra (balanza de 3 cifras).
- Adicionar 30 o 40 ml de agua (Siempre se hace una proporción 1:10)
- Agitar por 10 minutos.
- Centrifugar por 4 minutos a 1000 rpm
- Filtrar en papel filtro normal
- Medir la Conductividad

Característica de la centrifuga: anotar

NOTA: Funcionamiento del Conductímetro (Consort C860)

- Encender
 - NO hace falta calibrar
 - La medición de la lectura es directa introduciendo el sensor y el medidor de la temperatura en la muestra.
 - Entre muestra y muestra se debe enjuagar con agua destilada y se seca con papel
 - Introducir el electrodo junto con el medidor de la temperatura en el líquido filtrado
 - Leer la lectura cuando el punto se estabilice. Observar las unidades. (mili o micro siemens/cm)
 - Al terminar debe estar sumergido el electrodo el agua destilada
- Nota: pH y conductividad eléctrica se determina a la vez con la muestra preparada de la misma forma.

INDICE DE GERMINACIÓN

- Preparar cajas Petri con papel filtro normal.
- Pesar 3 gramos de muestra. Humedecer el material hasta alcanzar un 60% de humedad (1,5 ml por 1 g de muestra) y se deja 30' en reposo. Se añade 13,5 ml de agua destilada por gramo de muestra seca (si 1,5 ml es el 10%, el 90% de agua que debe añadirse es 13,5 ml), para diluir el extracto anterior hasta el 10% y se coloca en frascos.
- se pesa 10 g de muestra
- A las muestras de 3 g se añade 1,80 mL de agua destilada y se deja por 30 minutos.
- Luego a las muestras de 3 g se añade 40,5 ml de agua destilada.
- Filtrar **al vacío**
- Pipetear 1 mL de muestra y colocar sobre la caja Petri que contiene 8 semillas de berro (o rábano si no hay berro). Por cada muestra se trabaja con 10 cajas Petri.
- Se prepara el blanco (10 cajas) colocando 8 semillas de berro (o rábano) y añadiendo 1 mL de agua destilada. (1 blanco por cada medición)
- Tapar y rotular correctamente. Envolver 5 cajas con papel aluminio para evitar que se sequen)
- Precalentar la estufa de incubación por 30 minutos a 27,5 °C.
- Dejar 48 H en la estufa .
- Sacar las cajas y añadir 1 ml de alcohol al 50% para inhibir el crecimiento de las semillas.

Colocar las cajas por 10' en la refrigeradora

- Contar las semillas que han germinado.
- Retirar las semillas y colocarlas en una hoja de papel y medir con el pie de rey la longitud de la raíz.
- Realizar los cálculos en hoja Excel.

en oscuridad durante 120 h a 22 ± 2 °C de acuerdo con Sobrero y Ronco (2008). Las semillas germinadas en cajas de Petri con 2 mL de agua dura se consideraron como testigo. Transcurrido el tiempo de exposición se contabilizó el número de semillas germinadas, considerando aquellas con una longitud radical mayor a 1 mm (Di Salvatore et al. 2008). Para evaluar el crecimiento de las plántulas de *L. sativa* en cada uno de los tratamientos al final de la exposición se realizó la medición de la longitud del epicotilo y de la radícula de las plántulas. Finalmente, para realizar las comparaciones adecuadas, los resultados obtenidos se expresaron como el porcentaje de la germinación relativa de semillas (GRS), el crecimiento relativo de la radícula (CRR) y el índice de germinación (IG) de acuerdo con Hoekstra et al. (2002) y Walter et al. (2006), mediante las siguientes expresiones:

$$GRS (\%) = \frac{\text{Número de semillas germinadas con la muestra de agua problema}}{\text{Número de semillas germinadas en agua dura (testigo)}} \times 100$$

$$CRR (\%) = \frac{\text{Longitud promedio de la radícula con la muestra de agua problema}}{\text{Longitud promedio de la radícula en agua dura (testigo)}} \times 100$$

$$IG (\%) = \frac{GRS \times CRR}{100}$$

ANEXO B: Fotografías desarrollo experimental

Fotografía 1: Granja Avícola Fernandita de la ciudad de Riobamba.



Fotografía 2: Recolección de muestras



Fotografía 3: Recolección de los residuos orgánicos (gallinaza)



Fotografía 4: Montaje de la pila por capas de los materiales de partida



Fotografía 5: Mediciones de temperatura y humedad



Fotografía 6: Tamizado del compost



ANEXO C: Fotografías análisis de laboratorio

Fotografía 7: Secado de las muestras



Fotografía 8: Análisis Conductividad Eléctrica



Fotografía 9: Análisis Materia Orgánica



Fotografía 10: Análisis Índice de Germinación



Fotografía 10: Análisis Índice de Germinación



Fotografía 11: Semillas germinadas compost Pila 3

