



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

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE
REALIZADO EN EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN
CASCALES”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: PASTORA ALEXANDRA CALLE INTRIAGO
TUTORA: DRA. JANNETH JARA SAMANIEGO

Riobamba – Ecuador

2018

©2018, Pastora Alexandra Calle Intriago

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

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

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo técnico: **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE REALIZADO EN EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CASCALES”**, de responsabilidad de la señorita egresada Pastora Alexandra Calle Intriago, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Janneth Jara Samaniego

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Yolanda Díaz Heredia

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Pastora Alexandra Calle Intriago, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la tesis **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE REALIZADO EN EL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CASCALES”** y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

PASTORA ALEXANDRA CALLE INTRIAGO

CC: 210027935-1

DEDICATORIA

A Dios por la constancia, fortaleza y sabiduría que me permitió continuar en situaciones adversas, logrando consolidar las metas propuestas.

A mi madre por sus consejos, a mi padre por su paciencia, consejos y apoyo constante en los momentos más críticos y difíciles en mi vida.

A mi hermana Carmen que ha sido como mi madre por su gran amor, sabios consejos y apoyo incondicional, brindándome su entera confianza.

A mi hermano Arturo por su apoyo y mantener mi espíritu de superación con sus sabios consejos.

A mi familia por brindarme su apoyo y confianza en cada momento.

Alexandra

AGRADECIMIENTO

Al culminar este trabajo de titulación quiero expresar mi agradecimiento a Dios, por ser mi fortaleza y derramar bendiciones en mi vida.

Estoy agradecida a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrir sus puertas facilitándome la oportunidad de ser una profesional, aprendiendo de su alto nivel educativo.

Mi gratitud y cariño a la Dra. Janneth Jara por su confianza, amistad y valiosa contribución profesional, al igual a la Dra. Yolanda Díaz por su colaboración infinita para desarrollar esta investigación.

A mis docentes a lo largo de mi carrera por infundir su vocación, profesionalidad y sabiduría para convertirme en una profesional con ética.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cascales (GADM-C), al Departamento de Gestión ambiental por haber contribuido con el apoyo incondicional, para el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos: Liseth, Ale, Irene, Silvia por ser parte de mi inspiración en este meta propuesta.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	3
Identificación del problema.....	4
Justificación de la investigación.....	5
Antecedentes de la investigación.....	6
Objetivos	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7

CAPÍTULO I

1.1 Marco teórico referencial.....	8
1.1.1 Residuos sólidos urbanos	8
1.1.1.1 Definición.	8
1.1.1.2 Generación de los residuos sólidos urbanos	8
1.1.1.3 Clasificación de los residuos sólidos urbanos.....	9
1.1.2 Fertilización orgánica	11
1.1.2.1 Importancia de la fertilización orgánica.....	11
1.1.2.2 Tipos de abonos orgánicos	12
1.1.2.3 Compost.....	15
1.1.3 Compostaje.....	16
1.1.3.1 Sistema de compostaje.....	16
1.1.3.2 Parámetros de control en el proceso de compostaje.....	18
1.1.3.3 Etapas del proceso de Compostaje.....	25
1.1.3.4 Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje.....	26
1.1.3.5 Marco legal para residuos sólidos y compost	28

CAPÍTULO II

2.1 Marco metodológico.....	33
------------------------------------	-----------

<i>2.1.1 Lugar de estudio</i>	33
<i>2.1.2 Tipo y diseño de la investigación</i>	33
<i>2.1.3 Metodología para la elaboración de compost.</i>	34
<i>2.1.4. Materiales y equipos</i>	35

CAPÍTULO III

3. Análisis y discusión de resultados	37
3.1 Análisis de resultados	37
<i>3.1.1 Caracterización de los materiales iniciales.</i>	37
<i>3.1.2. Parámetros de control del proceso</i>	39
<i>3.1.3 Parámetros químicos</i>	42
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Agrocalidad	Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro
Ca	Calcio
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
CO₂	Dióxido de carbono
GADM-C	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cascales
°C	Grados Celsius
P	Fósforo
K	Potasio
N	Nitrógeno
C	Carbono
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
g	Gramo
h	Hora
MO	Materia orgánica
MS	Materia seca
sms	sobre masa seca
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
uS	MicroSiemens
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno

p/p	Relación peso/peso
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RSO	Residuos Sólidos Orgánicos
t	Tonelada
Zn	Zinc

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Análisis Físico-químicos del compot obtenido del GAD Municipal del Cantón Cascales.

Anexo B: Análisis Físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos

Anexo C: Análisis Físico-químicos de la sangre de res

Anexo D: Análisis Físico-químicos del estiércol de Res.

Anexo E: Análisis Físico-químicos de las muestras iniciales del proceso de compostaje.

Anexo F: Análisis Físico-químicos de las muestras finales del compost

Anexo G: Técnicas para determinar MO, pH , CE y IG

Anexo H: Desarrollo del proceso experimental

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de los residuos sólidos.....	9
Tabla 2-1:	Tipos de Abonos Orgánicos.....	14
Tabla 3-1:	Contenido de N,P,K en el compost.....	16
Tabla 4-1:	Los parámetros de control en el proceso de compostaje.....	24
Tabla 5-1:	Marco legal para residuos Sólidos en Ecuador.....	28
Tabla 6-1:	Marco legal para el compost con base a la Constitución de la República del Ecuador	30
Tabla 7-1:	Art 18. De la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas.....	31
Tabla 1-2:	Condiciones meteorológicas de la Provincia de Sucumbíos.....	33
Tabla 2-2:	Materiales, instrumentos y/o equipos utilizados para la elaboración compost	35
Tabla 1-3:	Caracterización del material de partida.....	37
Tabla 2-3:	Relación C/N de la pila 1.....	38
Tabla 3-3:	Relación C/N de la pila 2.....	38
Tabla 4-3:	Relación C/N de la pila 3.....	38
Tabla 5-3:	Resultado de los parámetros químicos del compost.....	42
Tabla 6-3:	Índice de Germinación de los Compost.....	45
Tabla 7-3:	Resultado estadístico de muestras emparejadas.....	46
Tabla 8-3:	Prueba de muestras emparejadas.....	47
Tabla 9-3:	Resultado estadístico Anova para el índice de germinación.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Clasificación de los residuos orgánicos según su fuente de generación	10
Figura 2-1:	Clasificación de los Residuos Orgánicos según su naturaleza y/o característica física	10
Figura 3-1:	Reacciones que se producen en el suelo al incorporar sustancias húmicas.....	12
Figura 4-1:	Clasificación de los tipos de abonos orgánicos según su procesamiento ..	13
Figura 5-1:	Materiales para elaborar el compost	16
Figura 6-1:	Sistemas de compostaje.....	17
Figura 7-1:	Clasificación de los parámetros del control de compostaje.....	19
Figura 1-3:	Registro de la temperatura en los tres tratamientos.....	39
Figura 2-3:	Registro promedio del pH en los tres tratamientos.....	40
Figura 3-3:	Registro promedio de la conductividad eléctrica en los tres tratamientos	41
Figura 4-3:	Registro promedio de la materia orgánica en los tres tratamientos.....	43
Figura 5-3:	Porcentaje promedio de germinación de las muestras iniciales y finales...	45
Figura 6-3:	Rendimiento del proceso de Compostaje.....	48

RESUMEN

La generación de residuos orgánicos representa un problema para el ambiente y la salud. El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cascales (GADM-C), Sucumbíos-Ecuador, para dar solución a esta problemática, decidió tratar sus residuos sólidos orgánicos mediante compostaje. Esta investigación, propuso optimizar este proceso, mediante el estudio comparativo de tres pilas: pila 1, armada y controlada por el técnico responsable del relleno sanitario; pila 2 armada por el técnico responsable pero bajo el control del investigador y pila 3 armada y controlada por el investigador. Se utilizaron los siguientes residuos; Pila 1: 300 Kg Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), 35 Kg de estiércol de res y 1,36 Kg de sangre del camal; Pila 2: 300 Kg RSO, 42 Kg de estiércol de res y 2,03 Kg de sangre; Pila 3: 300 Kg RSO, 25 Kg de estiércol de res y 23 Kg de sangre. La toma de muestras para los análisis se realizó en todas las pilas a lo largo del proceso. Los resultados obtenidos muestran una mayor relación C/N en las pilas 2 (9,64:1) y 3 (9,53:1) con respecto a la pila 1 (8,73:1). El parámetro que diferenció de mejor manera la calidad del compost final fue el índice de germinación, siendo superior para la pila 3 (38%), comparando con el de la pila 2 (14%) y de la pila 1 (4%). Sin embargo este parámetro es bajo para los tres compost, pues estos valores indican la presencia en menor o mayor cantidad de sustancias fitotóxicas. Adicionalmente los compost presentaron pH alcalino y alta salinidad, por lo que se recomienda buscar un uso apropiado, pues no puede ser utilizado para fines agrícolas. Se puede destacar que la calidad del compost mejoró con el control de parámetros básicos como la temperatura y humedad.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <OPTIMIZACIÓN DE COMPOSTAJE>, <RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS>, <RELLENO SANITARIO>, <PARÁMETROS QUÍMICOS>, <PARÁMETROS BIOLÓGICOS>.

ABSTRACT

The generation of organic waste represents a problem for the environment and health. El Gobierno Autónomo Municipal Descentralizado from Cascales Canton (GADM-C). Sucumbíos-Ecuador, in order to solve this problem decided to treat its organic solid waste by composting. This investigation proposes to optimize this process, by means of the comparative study of three stockpiles: stockpile 1 armed and controlled by the technician responsible for the sanitary landfill; stockpile 2 armed and controlled by the responsible technician but under the control of the researcher and stockpile 3 armed and controlled by the researcher. The following residues were used; Stockpile 1: 300 Kg Organic Solid Waste (RSO), 35 Kg of cattle manure and 1.36 Kg of dog blood; Stockpile 2: 300 Kg RSO, 42 Kg of beef manure and 2.03 Kg of blood; Stockpile 3: 300 Kg of RSO, 25 Kg of beef manure and 23 Kg of blood. The sampling for the analyses was carried out in all the stockpile throughout the process. The results obtained show a higher ratio, C / N in stockpile 2 (9.64: 1) and 3 (9.53: 1) with respect to stockpile 1 (8.73: 1). The parameter that best differentiated the quality of the final compost was the germination index, being higher for stockpile 3 (38%), comparing with stockpile 2 (14%) and stockpile 1 (4%). However, this parameter is low for the three compost, since these values indicate the presence in minor or greater quantity of phyto-toxic substances. Additionally, the compost presented alkaline ph. and high salinity, so it is recommended to look for an appropriate use, as it cannot be used for agricultural purposes. It can be highlighted that the quality of the compost improved with the control of basic parameters such as temperature and humidity.

Key words: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, < OPTIMIZATION OF COMPOSTING >, < SOLID ORGANIC WASTE>, <SANITARY FILLING>, <CHEMICAL PARAMETERS>, <BIOLOGICAL PARAMETERS>.

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos a nivel mundial es un problema de gran magnitud que conlleva varios riesgos potenciales para la salud y el ambiente, por este motivo se debe trabajar en una solución integral y sostenible. El acelerado crecimiento urbanístico está relacionado directamente con esta problemática, originando el interés de su valorización, clasificación y disposición final. El compostaje es una tecnología utilizada en los rellenos sanitarios de los GADM para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

“El GADM-C y el Ministerio del Ambiente firmaron un convenio marco de cooperación el 18 de Agosto del 2011, el mismo que está dirigido a contribuir con el GAD Municipal de Cascales, de acuerdo a los objetivos del “ Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos”, desarrollando asistencia técnica para la correcta gestión y la sostenibilidad del manejo de los desechos sólidos en el cantón” (Gaceta informativa del GADM- C, 2011, p. 2). “El 26 de marzo del 2014 mediante Resolución de Inicio No 014/CDC-2014 el profesor Enrique García Meneses en su calidad de Alcalde, resolvió aprobar los pliegos precontractuales y autoriza el inicio del proyecto: Estudios de impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario de San José del Aguarico, Mushuk Kawsay, puerto madero, Taruka, y la evaluación ambiental de cumplimiento del plan de manejo ambiental del proyecto manejo integral de residuos sólidos, pertenecientes al cantón cascales, provincia de sucumbíos” (García Meneses, 2014, p. 2). El GAD Municipal del cantón Cascales opto por una tecnología sostenible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos por medio del compostaje, cuyo producto (compost) busca enriquecer los suelos agrícolas del cantón.

Este proyecto se desarrolló utilizando varios tipos de investigación como la longitudinal, descriptiva, experimental, haciendo uso de fuentes bibliográficas (artículos científicos, revistas, textos, tesis y manuales de compostaje), así como de la información obtenida a partir de los resultados del trabajo de campo y análisis de muestras realizadas en los laboratorios de Agrocalidad, Multianalítica y de la Facultad de Ciencias. El compost de las pilas 2 y 3 han mostrado mejores características que el compost obtenido en el GADM-C, pero no se encuentran dentro de los parámetros establecidos por organismos nacionales e internacionales para utilizar en agricultura.

Se formaron tres pilas con 300 kg de residuos sólidos orgánicos cada una; se agregó estiércol y sangre en proporciones diferentes de acuerdo a la disponibilidad de estos residuos y a la metodología propuesta. En la pila 1 se agregó 35 kg de estiércol y 1,36 kg de sangre; en la pila 2 se agregó 42 kg de estiércol y 2,03 kg de sangre; en la pila 3 se agregó 25 kg de estiércol y 23 kg de sangre. La pila 1 fue controlada por el personal del GAD Municipal, la 2 y 3 estuvo bajo

manipulación y control del investigador. En los primeros meses el volteo fue mecanizado y luego manual debido a la reducción del volumen.

Esta investigación tuvo como objetivo optimizar el proceso de compostaje en función del porcentaje de residuos y el control de parámetros físicos-químicos, químicos y biológicos a lo largo del proceso.

Identificación del problema

En la actualidad, la cantidad y naturaleza de los residuos sólidos, han disminuido la capacidad autodepuradora de la naturaleza. La producción de residuos sólidos urbanos y el crecimiento poblacional, junto con la globalización y el consumismo han provocado impactos ambientales negativos, por ese motivo se están tomando medidas urgentes y sostenibles para mitigar y remediar los impactos sobre el ambiente y afectaciones a la salud del ser humano.

“En el año 2012, la generación aproximada de residuos en el país fue de 4’139.512 toneladas métricas por año y una generación per cápita promedio de 0,73 kg por día. Se estima que para el año 2017 el país genere aproximadamente 5’546.921 toneladas métricas anuales de residuos, por lo que una gestión adecuada de los mismos es de vital importancia” (MAE-PNGIDS, 2015, p. 2). El 61,4% son orgánicos (PNGIDS, 2015, p. 23).

El Cantón Cascales pertenece a la provincia de Sucumbíos, cuenta con tres parroquias y su población es de 11. 1 mil habitantes, representa el 6.9% del territorio de la provincia de Sucumbíos (aproximadamente 1.3 mil km²) (SI – Dirección de métodos, análisis e investigación, 2014). El municipio hace una clasificación de los residuos sólidos orgánicos para su posterior tratamiento mediante compostaje, pero según información proporcionada por el Departamento de Gestión Ambiental del GADM-C, el compost obtenido en el año 2016, tiene una baja cantidad de materia orgánica (7,14 %), carbono orgánico total (4,14 %), nitrógeno total (0,36%) motivo por el cual se busca la optimización del proceso mediante un control adecuado de las variables que permitan mejorar su calidad.

Justificación de la investigación

Desde los años 70 se comenzaron a evidenciar los impactos adversos sobre la salud y el ambiente que producen los residuos sólidos municipales, si no se realiza un control adecuado (Puerta Echeverri, 2004, p. 3).

La mala disposición de grandes cantidades de residuos, provocan efectos en el ambiente contaminando suelos, aire, cuerpos de agua y los organismos que los constituyen. Además debe considerarse que los procesos biológicos conjuntamente con la introducción de agua de lluvia producen un lixiviado que puede penetrar capas de terreno permeable y en algunos casos alcanzar el acuífero, contaminándolos (Plaza, et al., 2011). “El manejo de estos residuos tienen una estrecha relación con la salud de la población, se han presentado tres situaciones principales, la primera referida a la transmisión de enfermedades bacteriales y parasitarias tanto por agentes patógenos transferidos por los residuos como por vectores que se alimentan y reproducen en los residuos; en segundo lugar el riesgo de lesiones e infecciones ocasionados por los objetos punzo penetrantes que se encuentran en los residuos, esta condición pone en alto riesgo la salud de las personas que recuperan materiales en los vertederos; y en tercer lugar la contaminación ocasionada por la quema de residuos, la cual afecta el sistema respiratorio de los individuos” (Sáez, et al., 2014: p.123).

Para minimizar los efectos mencionados, se está buscando tecnologías amigables que beneficien el aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos orgánicos, optando por el compostaje como un tratamiento integral y sostenible.

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 ambiente con una producción agrícola sostenible (Román, et al., 2013: p.16).

El cantón Cascales, consciente de la necesidad de gestionar los residuos orgánicos que proceden de los mercados y de las áreas urbanas, ha emprendido procesos de compostaje. Sin embargo, el compost analizado no reúne las condiciones necesarias para su comercialización por lo que es necesario optimizar este proceso de manera técnica, mediante el control de los principales parámetros como pH, conductividad eléctrica (CE), temperatura, humedad, relación C/N que influyen y determinan la calidad del compost. Un compost de baja calidad puede causar daños al suelo y los cultivos.

Los sectores directamente beneficiados serían la población del cantón, las asociaciones de agricultores y el Municipio, por cuanto se estará gestionando de mejor manera un residuo para

obtener un producto que, en función de su calidad, puede ser utilizado como enmienda para suelos degradados, quemados, bosques, jardinería o inclusive como material de cobertura del mismo vertedero.

Antecedentes de la investigación

En la necesidad de contribuir al tratamiento y disposición final de los residuos sólidos orgánicos generados a nivel mundial varios países han iniciado planes de gestión integral para minimizar el impacto producidos por los RSO. “Una de las metas impuesta para los Miembros de la Comunidad Económica Europea (European Landfill Directive) exige una reducción del 25% en peso de la basura biodegradable dispuesta en rellenos sanitarios para el 2010, utilizando como base la cantidad generada en 1995, llegando a una reducción del 50% para el 2013, y un 65% para el 2020” (Moto, 2005, p. 3).

Una de las razones por las cuales nuestro país puede realizar proyectos de compostaje es que los porcentajes de producción de desechos sólidos orgánicos son muy altos. En efecto, la composición de la basura doméstica en nuestro país presenta el 70 % de materiales orgánicos, 17 % de reciclables inorgánicos y 11 % de otros componentes”. Estas cifras constituyen un promedio en todo el país, con excepción de zonas urbanas en las que los niveles de consumo de materiales inorgánicos aumentan significativa y constantemente (Lugo, 2000).

El GAD municipal del cantón Cascales en el año 2014 realizó el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2010). Los residuos del cantón son de origen animal y vegetal, su disposición final es el relleno sanitario donde son clasificados en orgánicos e inorgánicos. La recolección de residuos sólidos son 5,45 t/día de los cuales 3,27 t/día son residuos orgánicos y 2,18 t/día son residuos inorgánicos.

El compostaje de los RSO es realizado bajo cubierta. La composición de las pilas es variada agregando a los RSO, sangre, estiércol y cal. La cantidad de residuos orgánicos procesados es de 20,42 t/mes y la cantidad de abono orgánico producido es de aproximadamente 2 t/mes.

Durante el proceso de compostaje existe un escaso control referente a parámetros físico, físico-químicos, los volteos son mecánicos en función de la disposición de una máquina de volteos. El compost obtenido es secado, tamizado y almacenado para su posterior comercialización a las diferentes zonas agrícolas del cantón.

Objetivos

Objetivo general

- Optimizar el proceso de compostaje que realiza el GAD Municipal del cantón Cascales.

Objetivos específicos

- Analizar los parámetros físico-químicos, químicos y biológicos del compost elaborado en el GAD Municipal del cantón Cascales.
- Establecer los puntos críticos del proceso de compostaje realizado.
- Mejorar las condiciones del proceso mediante un control de los principales parámetros.
- Evaluar la eficiencia del proceso propuesto con base al control de las principales variables.

CAPÍTULO I

1.1 Marco teórico referencial

1.1.1 Residuos sólidos urbanos

1.1.1.1 Definición.

Son residuos sólidos urbanos todos aquellos elementos, objetos o sustancias generados como consecuencia del consumo o el desarrollo de actividades humanas y cuyo destino sea el desecho o abandono, sea su origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con exclusión de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas (Vesco, 2006, p. 8)

Desecho sólido: Se entiende por desecho sólido todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros (Libro VI. Anexo 6. TULSMA, s.f, p. 3)

1.1.1.2 Generación de los residuos sólidos urbanos

La generación de residuos sólidos urbanos es una consecuencia del desarrollo de toda actividad del ser humano, por ende se encuentra estrechamente relacionada con el tamaño, nivel socioeconómico y los inadecuados hábitos de consumo de una población. Esto constituye una gran preocupación a nivel mundial por la problemática ambiental y falta de espacio para la disposición final de los RSU.

Existe una recopilación de información de datos sectoriales sobre la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe (ALC) que describen lo siguiente. “El promedio regional de generación per cápita de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) y de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es de 0,6 kg/hab/día y 0,9 kg/hab/día, respectivamente. Los RSD representan, en promedio, un 67% de los RSU generados en la región”; En Ecuador la Generación per cápita (kg/hab/día) es 0,7312 (Banco Internacional de Desarrollo , 2015).

1.1.1.3 Clasificación de los residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos para sus efectos de separación son: orgánicos o compostables, e inorgánicos, que pueden ser reciclables y no aprovechables (Comisión del Ambiente, 2010, p. 11).

Tabla 1-1: Clasificación de los residuos sólidos

TIPOS DE RESIDUOS	DETALLE
Residuos sólidos orgánicos compostables	Son aquellos que pueden ser metabolizados por medios biológicos cuya lista descriptiva pero no limitativa es: restos de comida sin incluir lácteos, ni carnes en general, restos de jardinería, hojas y ramas, madera y frutas y verduras
Residuos sólidos inorgánicos secos reciclables	Los residuos sólidos inorgánicos secos reciclables son, entre otros: el vidrio de botella en colores verde, ambar y transparente, papel y cartón, plásticos como PET, polietileno de alta y baja densidad, polipropileno y otros similares, aluminio, latas de acero y metales ferrosos, todos los cuales deben almacenarse limpios. Sin incluir los vidrios de focos, tubos fluorescentes, espejos o parabrisas de vehículos automotores.
Los residuos sólidos inorgánicos no aprovechables	Son aquellos que no tienen usos potencial posterior, entre los que se encuentran: residuos sanitarios, pañales desechables, polietileno, papel higiénico, toallas femeninas, gasas y algodones usados, tetraempaques y los demás que no estén incluidos en las otras clasificaciones, y que por su naturaleza no sean aprovechables.

Fuente: (Comisión del Ambiente, 2010,p.11)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

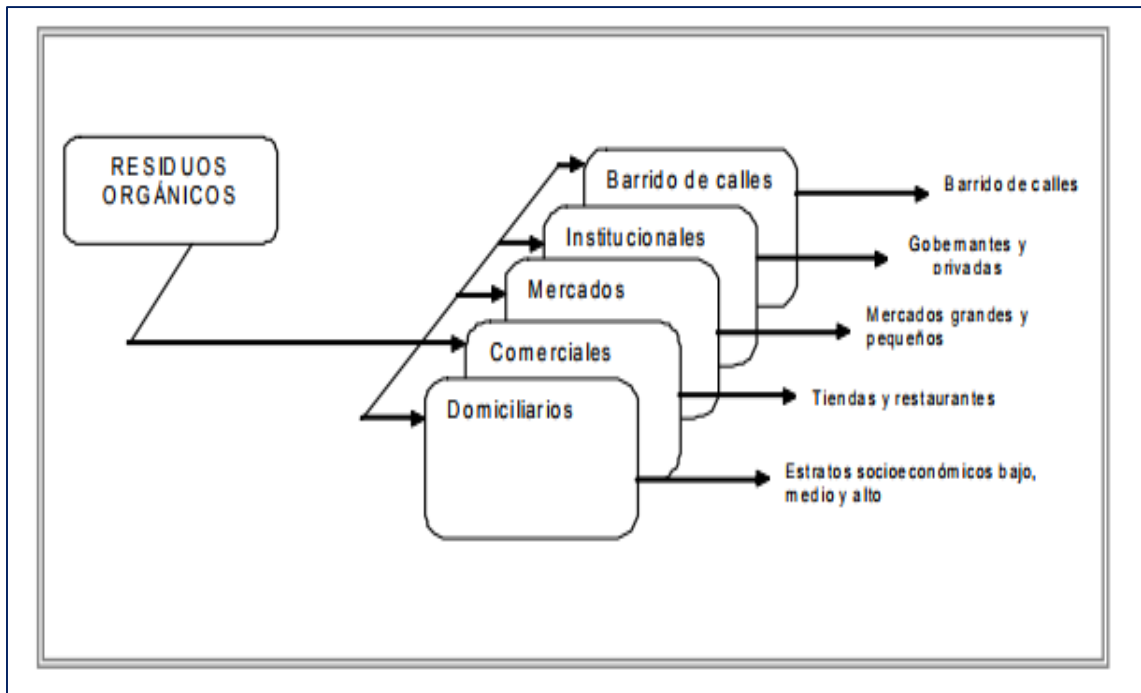


Figura 1-1: Clasificación de los Residuos Orgánicos según su fuente de generación.

Fuente: (Jaramillo Henao, et al., 2008: p. 27)

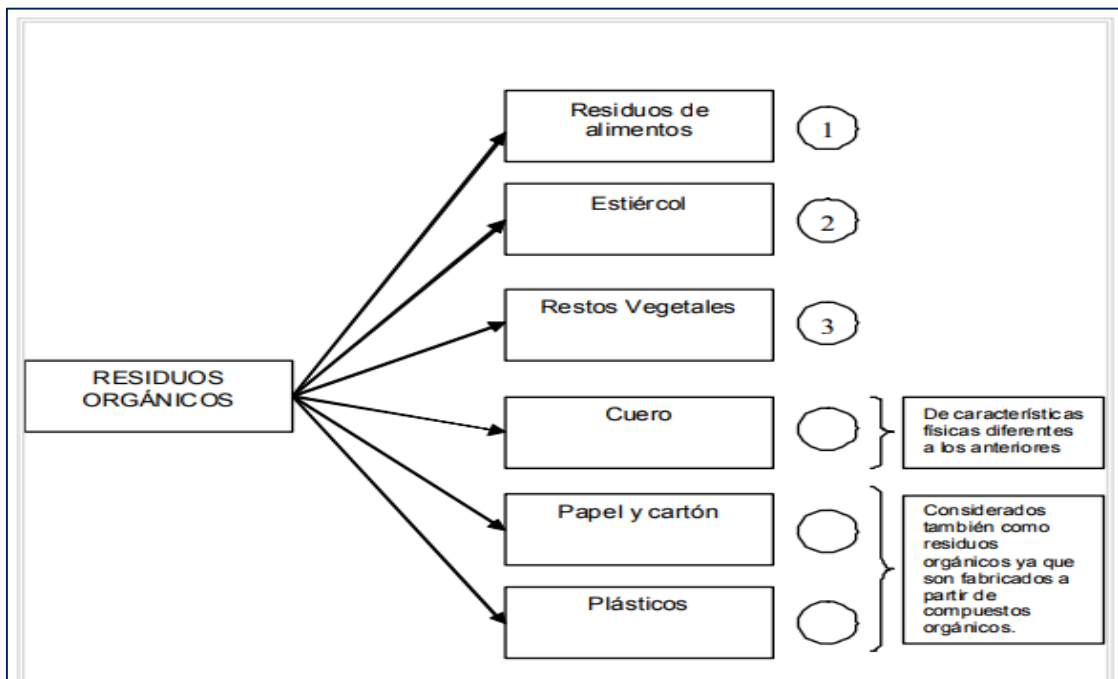


Figura 2-1: Clasificación de los Residuos Orgánicos según su naturaleza y/o característica física.

Fuente: (Jaramillo Henao, et al., 2008: p. 27)

1.1.2 Fertilización orgánica

1.1.2.1 Importancia de la fertilización orgánica

La agricultura representa uno de los ejes económicos más importantes del Ecuador por la producción, procesamiento y comercialización de los cultivos y la ganadería en las distintas regiones de nuestro país. “Es la principal fuente de empleo en el país, representando un 25% de la Población Económicamente Activa, es decir, es la principal fuente de empleo ya que más de 1,6 millones de personas laboran en el sector” (Carrera de Agropecuaria , 2017).

Siendo la agricultura una contribución esencial para el desarrollo económico y un indicador de la demanda de alimentos, es importante la orientación de buenas y modernas prácticas de labranza, al mismo tiempo conocer la capacidad de intercambio catiónico del suelo para mejorar su estructura y mantener el equilibrio natural en cuanto a la concentración de nutrientes.

La práctica orgánica aporta fertilización al suelo por medio de los macro y micro elementos. Hasta el presente, se tienen estudiados 16 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas (Fundación MCCH, 2009, p.1).

La fertilización orgánica actúa de forma indirecta y lenta, pero con la ventaja que mejora la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande(Fundación MCCH, 2009, p.1).

La aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos, y huminas) que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo. (Félix Herrán et al., 2008: p. 5). En la figura 3-1 se detallan las reacciones que se producen en el suelo al incorporar sustancias húmicas.

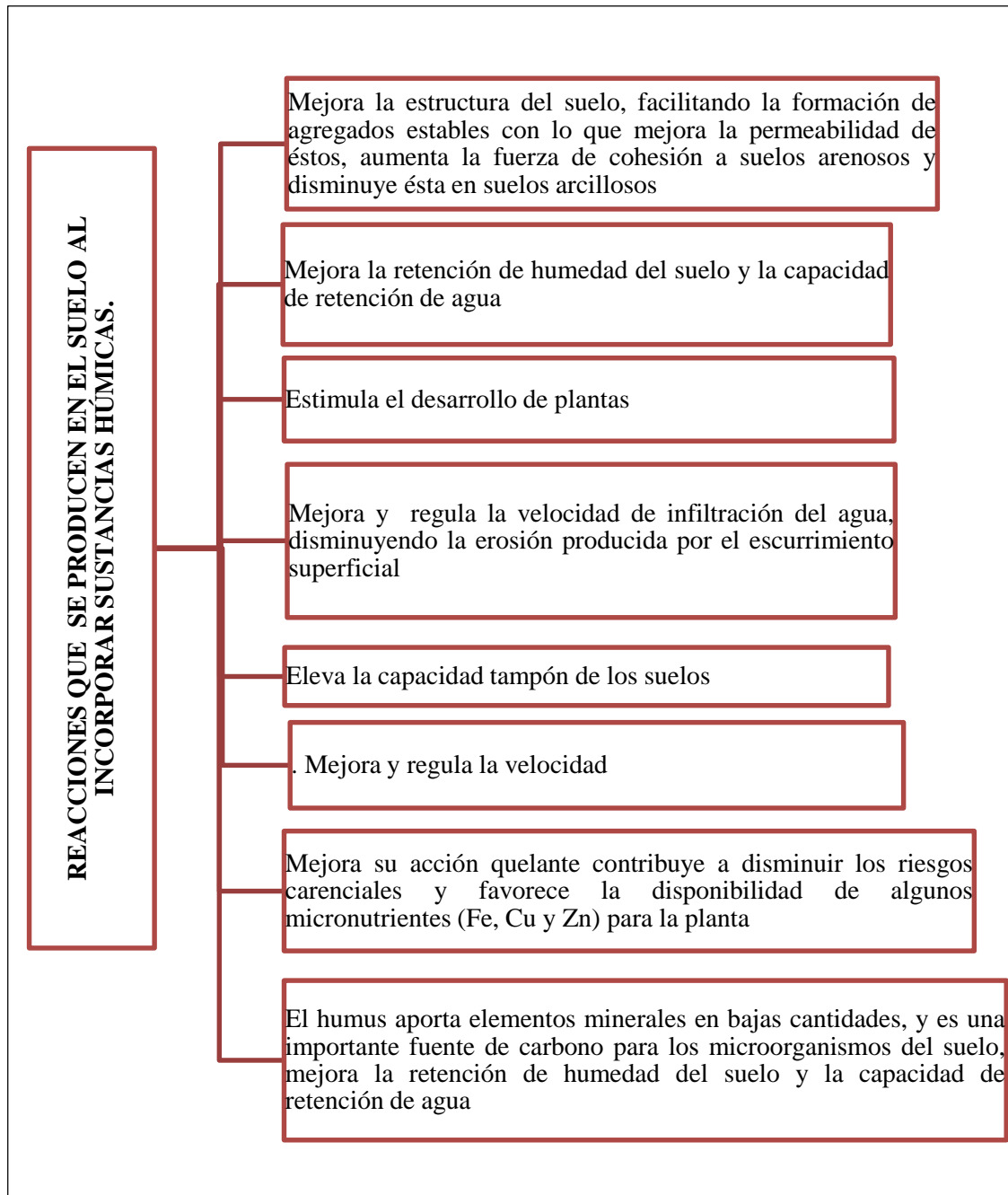


Figura 3-1: Reacciones que se producen en el suelo al incorporar sustancias húmicas

Fuente: (Félix Herrán, et al., 2008: pp. 4-5)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

1.1.2.2 Tipos de abonos orgánicos

Existen muchos tipos de abonos orgánicos destinados a mantener la actividad microbiana del suelo y por ende su fertilización. Podemos clasificar según su estado de procesamiento como se describe en la figura 4-1.

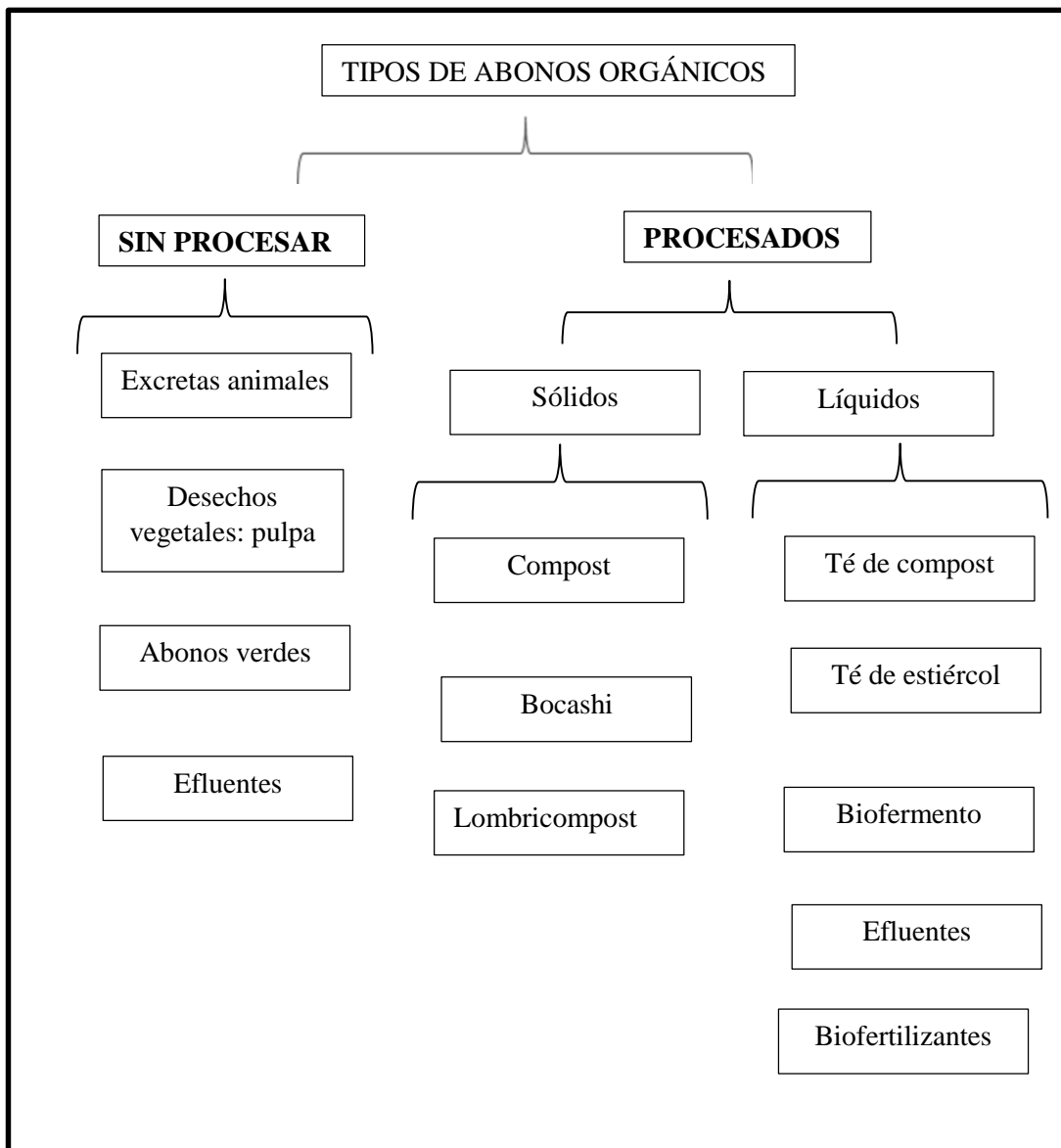


Figura 4-1: Clasificación de los tipos de abonos orgánicos según su procesamiento

Fuente: (Soto, et al., 2004: p. 1).

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

La descripción de los tipos de abonos orgánicos se encuentra en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Tipos de Abonos Orgánicos.

ABONO	DESCRIPCIÓN
Compost	Resulta de la descomposición aeróbica (con presencia del aire) de los desechos de origen vegetal y animal, en un ambiente húmedo y caliente (Rayo, s.f, p.3).
Bocashi	Es un abono que resulta de la fermentación aeróbica (en presencia del aire) y anaeróbica (sin aire) de desechos vegetales y animales, al que se le puede agregar elementos de origen mineral para enriquecerlo, como la cal, la roca fosfórica (MAGAP, 2014, p. 9) .
Lombricultura	Es la elaboración de abono con la ayuda de las lombrices, la lombricultura permite el reciclaje de los desechos orgánicos como residuos de la cosecha, desechos de la cocina, estiércol animal, etc (MAGAP, 2014, p. 3).
Abonos verdes	Los abonos verdes son todas las plantas preferentemente en estado de floración que se entierran en el suelo para mejorar la fertilidad y el contenido de carbono orgánico en el suelo (SAGARPA, s.f, p. 1).
Abono de Frutas	El abono de frutas es un preparado que resulta del prensado y la maceración de frutas maduras y melaza, rico en elementos fertilizantes mayores y menores, como en vitaminas y aminoácidos (MAGAP, 2014, p. 13).
Estiercol.	Son excrementos fermentados de animales, ricos en nitrógeno, a diferencia de las cenizas aplicadas directamente, que carecen de éste por completo. Si se opta por esta clase de abono, el comercializado es inodoro y está controlado a nivel sanitario, sin perder propiedades (Agroexpo , 2015) .
El té de estiércol	Es una preparación que convierte el estiércol sólido en un abono líquido, pues durante este proceso el estiércol suelta sus nutrimentos al agua y así se hacen disponibles para las plantas (MAGAP, 2014, p. 11).
Té de Compost	El té de compost es el extracto soluble en agua obtenido a partir del compost. Se trata de un sistema para extraer del compost los compuestos que sean solubles en agua y adicionalmente microorganismos (Román, et al., 2013, p. 74)

Biol	El biol es un fitoestimulante de origen orgánico, producto de la descomposición anaeróbica (sin la acción del aire) de los desechos orgánicos animales a través de una filtración o decantación (MAGAP , 2014 pág. 16).
Turba	Es el resultado de restos vegetales que se han ido descomponiendo con un nivel alto de humedad y poco oxígeno (Agroexpo , 2015).
Guano	Se obtiene de las deyecciones de las aves marinas, murciélagos y focas y se utiliza mucho para estimular el crecimiento y la floración (Agroexpo , 2015).
Purín	Los purines son líquidos obtenidos como el resultado de la mezcla voluntaria de extractos de ciertas plantas consideradas medicinales o aleopáticas (Cajamarca, 2012, p. 49)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

1.1.2.3 Compost

“Resulta de la descomposición de los desechos de origen vegetal y animal, en un ambiente húmedo y caliente con la presencia del aire y sobre todo de microorganismos” (MAGAP, 2014, p. 5). Su aplicación al suelo, no debe provocar daños a las plantas y podrá ser almacenados sin posteriores tratamientos ni alteraciones siempre y cuando se den las condiciones ambientales adecuadas (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2000, p. 3).

“Se dice que por cada 100 kg de restos orgánicos se obtienen 30 kg de abono” (Mosquera, 2010, p. 18). El uso de los abonos orgánicos contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo a través de la incorporación de nutrimento y microorganismos (Yanque Huamaní , 2014,p.12).

En la composición del suelo participan aire, agua, componentes minerales (arcilla, limo y arena), MO y microorganismos (Suquilanda Valdivieso, 2017 pág. 28). El nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos (Julca Otiniano, et al., 2006) .

En la Tierra se han encontrado 92 elementos químicos de los cuales alrededor de 60 forman parte de las plantas. Sin embargo se ha demostrado que solo 16 son esenciales para su normal crecimiento y desarrollo (Suquilanda Valdivieso, 2017, p. 34). Los macronutrientes primarios son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los secundarios son Magnesio, Azufre y Calcio. Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro (Román, et al., 2013 p. 37).

Todo compost para ser considerado un fertilizante del suelo debe contener cierto porcentaje de macronutrientes primarios como se detalla en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Contenido de N,P,K en el compost.

NUTRIENTE	COMPOST
1.- Nitrógeno	0,3% – 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
2.- Fósforo	0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
3.- Potasio	0,3% – 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

Fuente: (Román, y otros, 2013 pág. 36).

Para la elaboración de compost existe diferentes tipos de materiales que se describen en la figura 5-1

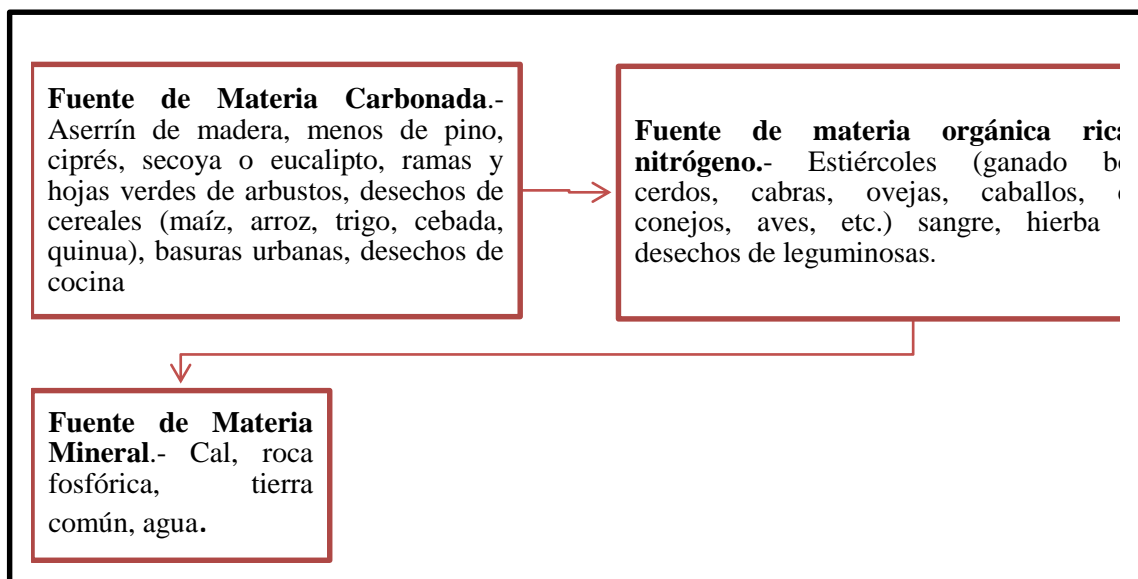


Figura 5-1: Materiales para elaborar el compost

Fuente: (MAGAP, 2014, p.5)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018).

1.1.3 Compostaje

1.1.3.1 Sistema de compostaje

Los sistemas de compostaje tienen como finalidad facilitar el control y la optimización de parámetros operacionales, para obtener un producto final con la suficiente calidad, tanto desde el punto de vista sanitario como de su valor fertilizante (Villa, et al., 2009; p. 12). Los sistemas de

compostaje a elegir varían de la disponibilidad del área, mecanismos de operación, calidad del producto final y la disposición de la materia prima.

“Los sistemas utilizados se pueden clasificar en dos grupos: abiertos y cerrados. En los primeros, el compostaje se realiza al aire libre, en pilas o montones que pueden ser estáticos o por volteo, mientras que en los segundos, la fase de fermentación se realiza en reactores que pueden trabajar en continuo o discontinuo” (AGROWASTER, s.f, p. 2). En el caso del compostaje en pilas, el tamaño de la pila, en especial la altura, afecta directamente al contenido de humedad, de oxígeno y la temperatura (Román, et al., 2013: p. 31).

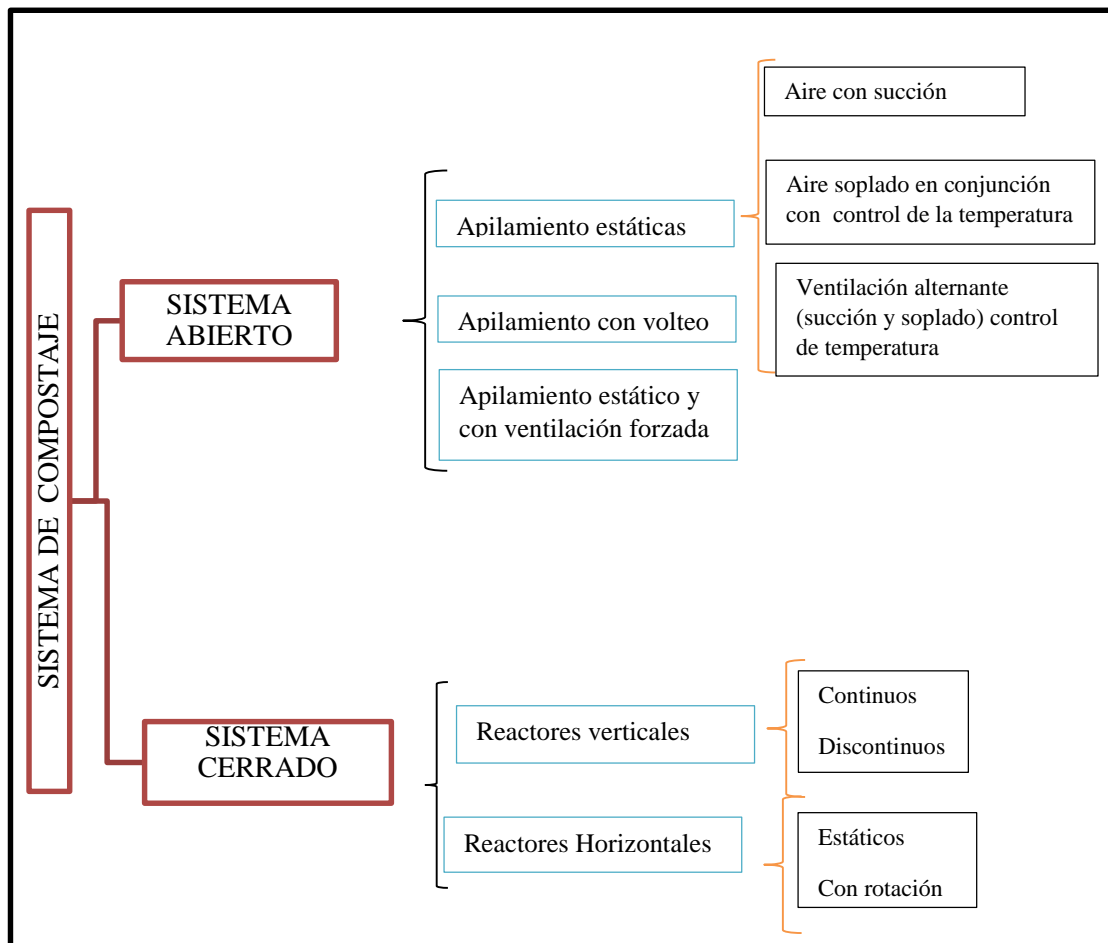


Figura 6-1: Sistemas de compostaje

Fuente: (Villa, et al., 2009: p. 13)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

- A. Sistema abierto:** Los sustratos a compostar se disponen en montones o pilas que pueden estar al aire libre o en naves (Villa, et al., 2009: p. 13). Dentro de los sistemas abiertos, se ha de diferenciar entre sistema de compostaje abierto con pilas dinámicas ventiladas o pilas estáticas ventiladas (AGROWASTER, s.f, p. 2).

- **Compostaje en pilas estáticas con aireación natural:** Es un sistema de altura reducida, y no se mueven durante el compostaje. La ventilación es natural a través de los espacios de la masa a compostar. Las dimensiones de los montones pueden estar en función de los equipos utilizados para compostar, pero para este sistema, no interesa que sean más altos de 1,5 m, con una anchura en su base de unos 2,5-3 m, de la longitud deseada y de frente triangular, debiendo presentar mayor pendiente en los lugares o épocas más lluviosas (Villa, et al., 2009, p. 13).
 - **Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada.** La pila de fermentación es estática y en su formación se ha dispuesto un sistema mecánico de ventilación por tuberías perforadas o por un canal empotrado en la solera. Las tuberías se conectan con un ventilador que asegura la entrada de oxígeno y la salida de CO₂. Esta ventilación puede hacerse por succión o inyección de aire o bien, mediante sistemas alternantes de succión e inyección (Villa, et al., 2009, p. 13).
 - **Compostaje en pilas por volteo.** Esta técnica de compostaje se caracteriza por el hecho de que la pila se remueve periódicamente para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 10 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado (Junta de Andalucía, s.f, p. 4). Normalmente, se hacen pilas de entre 1,5 y 2 metros de alto para facilitar las tareas de volteo, y de un ancho de entre 1,5 y 3 metros (Román, et al., 2013: pp. 12-13).
- B. Sistema cerrado:** Estos sistemas permiten un mejor control de los distintos parámetros del proceso en la mayor parte de los casos, así como un menor tiempo de residencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo. Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente el elevado coste de construcción (Junta de Andalucía, s.f, p.7). La fase inicial de fermentación se realiza en reactores que pueden ser de dos tipos: horizontales o verticales, mientras que la fase final de maduración se hace al aire libre o en naves abiertas (Villa, et al., 2009: p. 15).

1.1.3.2 Parámetros de control en el proceso de compostaje

Es importante llevar a cabo un monitoreo periódico del control de los parámetros físicos, físico-químicos y biológicos del proceso de compostaje, para permitir el crecimiento y reproducción de los microorganismos que actúan sobre la degradación de materia prima.

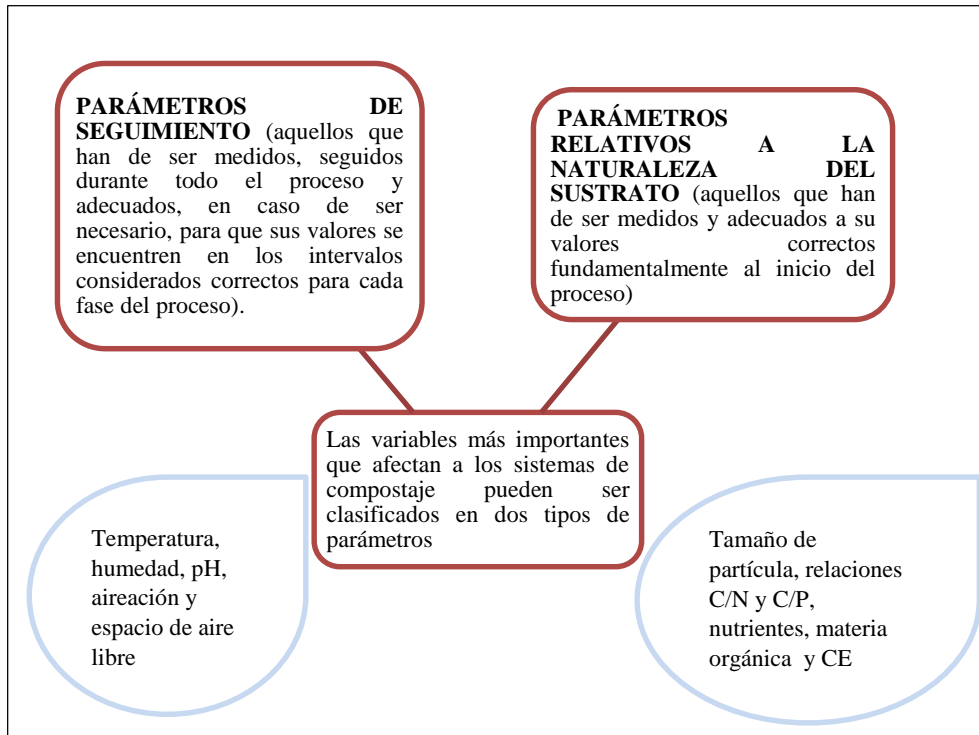


Figura 7-1: Clasificación de los parámetros del control de compostaje

Fuente: (Bueno Márquez, et al., 2008: p 1)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

A. Parámetros de seguimiento.

Temperatura

Es un parámetro que relaciona directamente la actividad microbiana con la degradación de la materia orgánica en condiciones adecuadas para la transformación del sustrato y además es un indicador explicativo de todas las etapas del proceso de compostaje.

Se observan tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y la fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 2).

La actividad de los microorganismos a los diferentes rangos de temperatura desprenden niveles de calor, permitiendo conocer la estabilidad del proceso de compostaje. Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva: $15-40^{\circ}\text{C}$ para los microorganismos mesófilos y $40-70^{\circ}\text{C}$ para los termófilos (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 2).

Elevadas temperaturas pueden tener efectos beneficiosos puesto que permiten eliminar organismos patógenos y parásitos termolábiles pero también pueden tener efectos negativos sobre el progreso del compostaje al eliminar los organismos necesarios o beneficiosos para el proceso de compostaje (Tortosa , 2013).

Humedad

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular (Román, et al., 2013: p. 27). La humedad es un parámetro que se identifica con el nivel de agua que contiene el sustrato y el que se puede agregar durante el transcurso dependiendo de las condiciones de la pila.

La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 3).

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacio libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 3).

pH

El pH es un parámetro que indica si el proceso de aireación ha sido adecuado para la reproducción y actividad microbiana, ya que actúa de manera específica en cada etapa del proceso dependiendo del tipo de bacterias que actúen.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7, 2 (Román, et al., 2013:p. 29).

En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (Román, et al., 2013: p. 29). Por lo tanto se considera que “la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH

se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición” (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 3).

Aireación

Dado que el compostaje es un proceso de oxidación, resulta imprescindible la presencia de un nivel adecuado de aire y por tanto de oxígeno, para lo cual se recurre al volteo periódico o a la ventilación forzada de las pilas (AGROWASTER, s.f, p.4). Este parámetro aporta oxígeno al proceso de compostaje y por ende actúan microorganismos aerobios, convirtiéndolo en un indicador de degradación de la materia orgánica.

Las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0,5 y 2% (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 4). La ventilación está vinculada con los niveles de temperatura y el estado de degradación de la masa, la inadecuada aireación causa efectos desfavorables para la degradación de la materia orgánica en el proceso de compostaje.

El exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 4). Cuando la aireación es insuficiente la fracción orgánica se descompone lentamente y de forma anaerobia, originando malos olores, menores temperaturas y un material de mala calidad (AGROWASTER, s.f, p. 5).

Espacio de aire libre

El Espacio Libre de Aire (ELA) es la relación del volumen poroso respecto al volumen total, por lo tanto un ELA insuficiente prolonga el período de transformación y/o enfriamiento del sistema (Castro García, et al., 2016: p. 7).

B. PARÁMETROS RELATIVOS A LA NATURALEZA DEL SUSTRATO

Tamaño de la partícula

El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimización del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Por lo tanto, el

desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 5).

No obstante, un tamaño muy fino de partícula no es conveniente debido a los riesgos de compactación del sustrato, lo que dificultaría una aireación adecuada (AGROWASTER, s.f, p.6). Un pequeño tamaño de partícula provoca una gran superficie de contacto para el ataque microbiano, también se reduce el espacio entre partículas y aumenta las fuerzas de fricción; esto limita la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior, lo cual restringe la proliferación microbiana y puede dar lugar a un colapso microbiano al ser imposible la aireación por convección natural (Bueno Márquez, et al., 2008: p.5).

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³ (Román, et al., 2013: p. 32).

Cabe mencionar que para la optimización del proceso de compostaje se debe mantener un adecuado tamaño de partícula. Las dimensiones consideradas óptimas son distintas según los criterios de distintos autores, variando entre 1 y 5 cm, entre 2 y 5 cm o entre 2,5 y 2,7 cm (Bueno Márquez, et al., 2008: p.5).

Relaciones C/N y C/P:

La relación de C/N en un compost dependerá de la composición inicial de los materiales que la conformen y los que se vayan agregando durante el proceso de compostaje, de ahí nace la importancia de caracterizar la materia prima al inicio debido a la influencia que tiene sobre la actividad de los microorganismos encargados de la descomposición de materia orgánica.

Al inicio y durante el proceso de compostaje es importante mantener el equilibrio tanto del carbono como del nitrógeno y una adecuada mezcla de los mismos para que el proceso no se retarde ni acelere y obtener un abono de calidad. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N (Bueno Márquez, et al., 2008: p.5)

La relación óptima C/N inicial está comprendida entre 25-35. Si es superior a 35, el proceso de fermentación se alarga considerablemente hasta que el exceso de carbono es oxidado y la relación C/N desciende a valores adecuados para el metabolismo. Si es inferior a 25 se producen pérdidas considerables de nitrógeno en forma de amoníaco (García Muriedas, et al., 2000: p. 8). Una composta se considera estable y madura cuando la relación C/N es inferior a 20, sugiriendo una relación C/N menor de 12 como indicador de madurez de los productos de compostaje (Hernández-Rodríguez, et al., 2013: p. 7).

Nutrientes

Los microorganismos sólo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas (por ejemplo las proteínas en aminoácidos y éstos en amoníaco) para poder ser asimiladas (Bueno Márquez, et al., 2008: p.6).

Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano (Bueno Márquez, et al., 2008: p.6). Los micronutrientes u oligoelementos, en cambio, son necesarios en muy pequeñas cantidades y, por ello, su presencia en las plantas es más reducida que en el caso de los macronutrientes (Compostadores, s.f)

El carbono es utilizado por los microorganismos como fuente de energía y el nitrógeno para la síntesis de proteínas (García Muriedas, et al., 2000: p. 8). El carbono es el elemento que debe estar presente en mayor cantidad puesto que constituye el 50% de las células de los microorganismos y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración. El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como fertilizante está directamente relacionada con su contenido de N (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 6).

Materia orgánica

A lo largo del compostaje el contenido en materia orgánica total (MOT) debe ir disminuyendo, en más o menos proporción, en función del desarrollo del proceso pero también del tipo de material orgánico y de su degradabilidad (Soliva Torrentó, 2011, p. 11).

La materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada. Este descenso de materia orgánica transcurre en dos etapas fundamentalmente. En la primera se produce un rápido decrecimiento de los carbohidratos, transformándose las cadenas carbonadas largas en otras más cortas con la producción de compuestos simples; algunos de los cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los compuestos húmicos. “En la segunda etapa, una vez consumidos los compuestos lábiles, otros materiales más resistentes como las ligninas se van degradando lentamente y/o transformando en compuestos húmicos” (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 7).

El compost u otros materiales orgánicos con preposición de ser aplicados al suelo deben presentar contenidos destacables de materia orgánica (se aconseja superiores a 40% sms) pero, paralelamente un elevado porcentaje de ésta debe ser resistente a la descomposición biológica (Soliva Torrentó, 2011).

Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Bueno Márquez, y otros, 2008 pág. 8). Estas sales de la muestra, son la causa de los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} y de los aniones HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} , que forman alrededor del 98% del total de sales solubles. (Soliva Torrentó, 2011, p. 11).

La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes y cuando existe un descenso de la CE durante el proceso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por una humectación excesiva de la misma (Bueno Márquez, et al., 2008: p. 8).

La conductividad del compost puede afectar al test de germinación pudiendo oscilar entre los, 440 y los 6590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el caso de una turba normal o si se trata de estiércol de pollos, respectivamente, lo deseable en el caso de compost es que se encuentren entre los 1500-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (García Muriedas, et al., 2000: p. 6-7). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Barbaro, et al., s.f: p. 8).

Tabla 4-1: Parámetros de control en el proceso de compostaje

Parámetros	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1-35:1	15/20	10:1- 15:1
Humedad	50-60 %	45-55 %	30-40 %
Concetración de oxígeno	10 %	10 %	-10 %
Tamaño de la partícula	<25cm	15cm	<1,6 cm

Ph	6,5-8,0	6,5-8,0	Temperatura ambiente
Temperatura	45-60 °C	45°C. Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50-70 %	>20	>20 %
Nitrógeno total (Base seca)	2,5- 3 %	1-2 %	-1%

Fuente: (Román, et al., 2013: p. 31)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

1.1.3.3 Etapas del proceso de Compostaje

Cuando el sustrato inicial tiene una composición adecuada la actividad microbiana provoca que se desprenda calor a lo largo del proceso de compostaje, causando que exista diferentes rangos de temperatura.

- I. **Fase Mesófila.** En el material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a la actividad de microorganismos mesófilos, que utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles como azúcares, produce ácidos orgánicos que provocan la disminución del pH (hasta cerca de 4,0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días) (Román, et al., 2013: p. 23).

- II. **Fase Termófila o de Higienización.** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, crecen micrororganismos, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp* (Román, et al., 2013: p. 24)

- III. **Fase de Enfriamiento o Mesófila II.** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material de compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Román, et al., 2013: p.24).
- IV. **Fase de Maduración.** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Román, et al., 2013: p.24).

1.1.3.4 Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje

Durante las diferentes etapas del proceso de compostaje y en función de varios parámetros en especial la temperatura, se desarrollan distintos tipos de microorganismos. Una amplia diversidad de microorganismos mesófilos y termófilos conforman las poblaciones mixtas que degradan la materia orgánica, siendo las más importantes las bacterias, Actinomycetes y hongos filamentosos (Laich, 2011, p. 1).

- **Macroorganismos:** Participan en la degradación de los distintos residuos, los cuales cumplen la función de romper los materiales. Logran que las partículas tengan una mayor superficie de contacto, facilitando la acción de los microorganismos (hongos, bacterias, y los actinomycetes). Algunos de éstos son gusanos, ácaros depredadores, escarabajos, ciempiés, entre otros (Avendaño Rojas, 2003, p. 5).
- **Microorganismos:** Los microorganismos responsables del compostaje degradan un amplio rango de compuestos desde complejas proteínas y carbohidratos a aminoácidos y azúcares simples (Avendaño Rojas, 2003, p. 5). Además requieren carbono y relativamente poco nitrógeno para su actividad; si reciben esos elementos en una relación correcta, se reproducen rápidamente y consecuentemente, la descomposición de los residuos orgánicos también se acelera (Camacho, et al., 2014:).

Durante el proceso existe una continuidad de microorganismos, desde los que tienen una temperatura óptima muy baja hasta los que tienen una temperatura óptima muy alta, es posible distinguir los *mesófilos*, con una temperatura óptima dentro de los límites regulares (15- 45°C) y *termófilos*, con una temperatura óptima alta (45-70°C) (Avendaño Rojas, 2003, p.6).

- **Bacterias:** Son las más numerosas en el proceso de compostaje, y constituyen entre el 80% y el 90% de los microorganismos existente en el compost (Laich, 2011, p. 2) , siendo las principales responsables de la descomposición y de la generación de calor (Avendaño Rojas, 2003, p. 6). Poseen una gran diversidad metabólica, que utilizan un amplio rango de enzimas capaces de degradar químicamente varios compuestos orgánicos (Laich, 2011, p. 6).

La población bacteriana presente durante el proceso pertenece principalmente al género *Bacillus*, siendo las principales especies: *B. brevis*, *B. circulans*, *B. coagulans*, *B.licheniformes*, *B.spharicus*, *B subtilis* (Avendaño Rojas, 2003, p. 6).

- **Actinomicetes:** Son microorganismos abundantes en el compost, que durante el proceso de modificación de la materia orgánica tienen la capacidad enzimática para degradar compuestos orgánicos complejos (celulosa, lignina, etc.) (Laich, 2011, p.2). Los filamentos que forman se observan comúnmente en las últimas etapas del Compostaje, en los primeros 10 a 15 cm de la pila. Algunas especies aparecen durante la etapa termófila y otras son más importantes durante la etapa de enfriamiento o maduración, donde sólo quedan los materiales más resistente (Avendaño Rojas, 2003, p. 6).
- **Hongos:** Éstos pueden estar implicados durante el proceso de compostaje, participando en la degradación aeróbica de la materia orgánica debido a su alta capacidad lignocelulolítica. (Laich, 2011, p.2).Son excluidos de las fases tempranas de altas temperaturas, sólo algunos pueden soportar temperaturas mayores a 55°C (Avendaño Rojas, 2003, p. 7).

1.1.3.5 Marco legal para residuos sólidos y compost

➤ Marco legal para los residuos sólidos.

Tabla 5-1: Marco legal para residuos Sólidos en Ecuador

MARCO LEGAL PARA LOS RESIDUOS SÓLIDOS.	ARTÍCULOS
<p>Constitución Política del Ecuador. Registro oficial N° 449, 20/10/2008. (Dirección del Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador, 2008, pp.10-11-35-36-66-67-68)</p>	<p>Título II. Capítulo Segundo. Sección segunda (Ambiente sano). Art. 14 y 15</p> <p>Título V. Capítulo Cuarto. Art. 264, literal 2 y 4.</p> <p>Título VI. Capítulo Segundo. Sección primera. Art. 395, literal 1 y 2. Art. 396. Art. 397, literal 1,2,3 y 4. Sección segunda. Art.400. Sección Tercera. Art.404. Sección quinta. Art.409. Sección séptima. Art. 415.</p>
<p>Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017. Registro Oficial Suplemento 78 de 11-sep.-2013 Última modificación: 13-jul.-2011. (Consejo Nacional de Planificación , 2013, pp.2-3-4-63-64-65).</p>	<p>2(2.2, 2.3), 3(3.3,3.4), 5(5,5.1,(5,1.2,5.1.3)5.4). 6 (objetivo 1,7)</p>
<p>Ley Orgánica de Salud Ley 67 Registro Oficial Suplemento 423 de 22-dic,-2006 Última modificación: 24-ene.-2012. (Congreso Nacional , 2002, pp. 24-25-26)</p>	<p>Libro II, Art. 95, Título Único. Capítulo II. Art. 97, 98, 99,100.</p>
<p>Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Registro Oficial Suplemento 418 de 10-9-2004 (Comisión de Legislación y Codificación, 2004, p.3-4)</p>	<p>Capítulo II. Art.10; 11; 13; 14; 15; 16; 17</p>
<p>Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro N° 305 de 6-08-2014. (Asamblea Nacional República del Ecuador , 2014, pp.18-19-22)</p>	<p>Título III. Capítulo VI. Sección segunda. Art. 79; Literal c,e. Art. 80; Capítulo VIII. Art.100.</p>
<p>Ley Orgánica de Empresas Públicas. Ley s/n, Registro Oficial Suplemento 48 de 16-10-2009 (El Pleno de la Comisión Legislativa y de Fiscalización, 2009, p. 4).</p>	<p>Título II. Art. 4.</p>
<p>Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.</p>	<p>Título I. Capítulo II. Art. 5 Literal b; d;f;g;h;i;j. Art.6 Literal a. Capítulo</p>

<p>Registro Oficial Suplemento # 418 del 10-9-2004 (Comisión de Legislación y Codificación , 2004, pp. 6-7-8-26-27)</p>	<p>IV. Art.9. Título II. Capítulo III. Art. 73 Literal b. Art. 75.</p>
<p>Ley Orgánica de Régimen Municipal, Codificación. Registro Oficial No. 331 de 15 -10- 1971. Promulgada en septiembre de 2004. (Comisión de Legislación y Codificación , 1971,pp.3-5-9)</p>	<p>Título I. Capítulo II. Art.11 Literal 4. Art.14 Literal 2a;3a; 6a</p>
<p>COOTAD. Registro Oficial 303 de 19-10-2010. (Orgáno del Gobierno del Ecuador , 2009, pp. 3-4-27-28-40-48-56-58-59-60)</p>	<p>Art. 3 Literal f;h. Art. 4 Literal d.Título II. Art.11; 12.Capítulo III. Sección Primera. Art. 54.Literal c; k. 55 Literal a; b; d. Sección Segunda. Art. 57 Literal x. Título IV. Capítulo I. Sección Segunda. Art. 84 Literal c;k. Título V. Capítulo II. Sección Primera. Art.116. Sección Segunda Art.132;133;136;137;138;140;141.</p>
<p>Ministerio de Ambiente. Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria Año II - N° 316 de 4- 5- 2015. (Registro Oficial Órgano del Gobierno de Ecuador, 2015, pp.4-5-6-10-19-20-22-23-24-25-32-33-35-42-60-61-62-63)</p>	<p>Título I.Art. 1;2. Título II. Art.5 Literal d;e;i;p. Título III. Art. 6.Capítulo IV. Art. 27;28. Capítulo VI.Art. 47;48;49;51;52 Literal b;c;d;f;;g;h;ik;l;m;n;o;p;q;r;t;u. Art.54 Literal a;b;c;d;e;. Seccion I. Art. 55;56;57;58;59. Parágrafo I. Art.60;61. Parágrafo II.Art. 62. Parágrafo III.Art. 63;64;65. Parágrafo IV.Art. 66;67;68. Parágrafo V.Art. 69;70;71;72. Parágrafo VI.Art.73. Parágrafo VII.Art. 74. ParágrafoVIII. Art. 75;76. Sección II. Art. 78;79;80;81;82.</p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2841 2014-03 Gestión Ambiental. Estandarización de Colores para Recipientes de Depósito y Almacenamiento Temporal de Residuos Sólidos (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014,pp.3-4)</p>	<p>Esta norma establece generalidades de la disposición de los residuos sólidos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Objetivo 2. Campo de Aplicación 3. Referencias normativas 4. Términos y definiciones 5. Requisitos 6. Código de colores
	<p>Símbolos Gráficos. Colores de Seguridad y Señales de Seguridad.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alcance

<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE- ISO 3864-1 del 2013 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013,p. 2).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 2. Referencias Normativas 3. Terminos y definiciones 4. Propósito de los colores de seguridad y señales de seguridad. 5. Significado de general de la las figuras geométricas y colores de seguridad. 6. Diseño ´para señales de seguridad.
---	---

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

➤ **Marco legal para el compost.**

Tabla 6-1: Marco legal para el compost con base a la Constitución de la República del Ecuador.

<p>Constitución de la República del Ecuador Registro Oficial N° 449 del 20/10/2008.</p>	<p>Título II; Capítulo segundo; Sección primera; Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. Y añade que el “Estado Ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria”.</p>
	<p>Título II; Capítulo segundo; Sección Segunda; Art. 15.- El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua</p>
	<p>Título VI; Capítulo tercero; Art. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del estado garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Incluye el literal 3 y 8.</p>

Fuente: (Dirección del Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador, 2008,pp.11-12-23)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria

Dada por Ley s/n, publicada en Registro Oficial Suplemento 583 de 5 de Mayo del 2009.

Título I; Art. 1.- Finalidad.- Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente (El Pleno de la Comisión Legislativa y de Fiscalización , 2009, p. 3).

Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación.

Capítulo VI; Secciónn una; Parágrafo VI; Art.73.- Del aprovechamiento.- En el marco de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, es obligatorio para las empresas privadas y municipalidades el impulsar y establecer programas de aprovechamiento mediante procesos en los cuales los residuos recuperados, dadas sus características, son reincorporados en el ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio del reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con fines de generación de energía, o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos (Registro Oficial Órgano del Gobierno de Ecuador, 2015, p.22).

AGROCALIDAD.

Instructivo de la Normativa general para Promover y Regular la Producción Orgánica-Ecológica -biológica en el Ecuador.

Acuerdo Ministerial N° 299; Resolución N° 99, Emitida el 30 de septiembre de 2013.

Tabla 7-1: Art 18. De la fertilidad del suelo y nutrición de las plantas

Capítulo III; Art.18.- Tanto la actividad biológica como la fertilidad natural del suelo, deberán ser mantenidas e incrementadas por medio de:	
Literal	Detalle
c	Asimismo, solamente podrán utilizarse fertilizantes y acondicionadores del suelo que hayan sido autorizados para su utilización en la producción orgánica mencionados en el Anexo 1 del presente Instructivo. En estos casos deberán guardar documentos justificativos de la necesidad de utilizar estos productos.
d	No se utilizarán fertilizantes minerales nitrogenados

h	Para la activación del compost podrán utilizarse preparados adecuados a base de plantas o preparados de microorganismos. No se permite el uso de materiales no incluidos en el Anexo 2 en compost o enmiendas.
i	<p>Se recomienda para el compostaje del estiércol el seguir cualquiera de los siguientes procedimientos para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en el producto final.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se aplique estiércol sin procesos de compostaje para productos no destinados al consumo humano. 2. Se aplique estiércol sin procesos de compostaje 90 días antes de la cosecha en el caso de productos que no tengan contacto con el suelo y 120 días antes de la cosecha para productos cuya parte comestible tenga contacto con el suelo. 3. El estiércol se someta a un proceso de compostaje en donde se garantice y registre que la relación C:N de las materias primas se encuentre dentro del rango de 25:1 a 40:1, que a lo largo del proceso de compostaje se den 5 volteos y al menos durante 5 semanas se mantenga dentro de un rango de temperatura de 55°C a 76°C. 4. El estiércol fresco sea tratado de forma de que todo el producto, sin causar combustión, alcance una temperatura de 66°C por al menos 1 hora o de 74°C, y que sea deshidratado a un máximo de humedad del 12% o sometido a un proceso de deshidratación equivalente. 5. El compost sea sometido a cualquier proceso equivalente cuyos resultados microbiológicos 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.

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. , 2013, p. 43-44-45)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

CAPÍTULO II

2.1 Marco metodológico.

2.1.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó en el Laboratorio de Química Analítica e Instrumental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicado en el km 1½ de la Panamericana sur, ciudad de Riobamba. El trabajo de campo se lo realizó en el Relleno Sanitario del GADM-C, Provincia Sucumbíos.

Los análisis de los parámetros físico-químicos y químicos de las muestras iniciales y finales, se realizaron en los laboratorios de Agrocalidad, Tumbaco-Quito y en la ESPOCH facultad de Ciencias en los laboratorios de investigación y química analítica .

Tabla 1-2: Condiciones meteorológicas de la Provincia de Sucumbíos

Provincia de Sucumbíos Estación meteorológica Aeropuerto (2017)	
PARÁMETRO	PROMEDIO
Altitud	392 msnm
Humedad relativa	90 %
Precipitación	241 mm
Temperatura	25,5 °C

Fuente: (MAGAP- CGSIN, 2017, pp.2-3-4)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

2.1.2 Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue longitudinal porque se realizó una comparación del compost obtenido por el GAD municipal del cantón Cascales en un determinado tiempo y el que se realizó bajo nuestro control.

Descriptiva, para conocer y comprender el control de variables a los distintos tratamientos del proceso de compostaje, con el fin de obtener un abono de calidad.

Experimental comparativo porque se hicieron comparaciones de los parámetros de los compost obtenidos. También por la manipulación de variables, analizando las medidas correspondientes en laboratorio de las muestras obtenidas en los diferentes volteos y la observación de parámetros in situ en las distintas pilas propuestas.

Con el fin de analizar diferencias significativas respecto al índice de germinación entre tratamientos se utilizó la prueba t de student y Análisis de varianza (Anova). Se utilizó el paquete estadístico SPSS.

2.1.3 Metodología para la elaboración de compost.

El proceso de compostaje se llevó a cabo en el Relleno Sanitario del Cantón Cascales, provincia de Sucumbíos, en el área destinada para la investigación. Los RSU de mercados y domiciliarios fueron llevados al relleno sanitario donde se realiza la clasificación de residuos orgánicos e inorgánicos. Como información inicial para establecer la metodología en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, nos basamos en los resultados de laboratorio del compost obtenido en el año 2016 por parte del técnico del relleno sanitario. El resultado de los análisis están en el anexo A.

Los materiales de partida para establecer los tratamientos son residuos de la zona: fracción orgánica de RSU, sangre y estiércol provenientes del camal municipal del cantón Cascales. Se tomó 1 kg de sangre y estiércol para enviar a analizar a los laboratorios Multianalítica y 1 kg de residuos sólidos orgánicos para AGROCALIDAD en la ciudad de Quito.

Diseñaron tres pilas con base a la caracterización del material de partida, las pilas 1 y 2 las estableció el técnico del relleno sanitario y la pila 3 fue diseñada por el investigador. En la pila 1 dispusieron 300 kg de RSO, 35 kg de estiércol y 1,36 kg de sangre; pila 2, 300 kg de RSO, 43 kg de estiércol y 2,03 kg de sangre; pila 3, 300 kg de RSO, 25 kg de estiércol y 23 kg de sangre y tuvo una forma trapezoidal (1,5 x 1,20 x 1 m). Durante el proceso de compostaje, en la pila 1 el control de las variables las manipuló el técnico encargado y en las pilas 2 y 3 la realizó el investigador.

El sistema de compostaje escogido es de pilas con volteo mecánico y /o manual bajo cubierta, el control de la aireación en las pilas 2 y 3 estuvo en función de la temperatura que fue controlada dos veces por semana durante el proceso. La humedad se controló mediante la prueba del puño. Se tomaron muestras representativas de aproximadamente 1 kg del compost al inicio, durante los volteos y al final del proceso, los muestreos realizados en cada volteo fueron mediante el método del cuarteo.

El proceso de compostaje inició el 14 de Septiembre del 2017 , teniendo una duración de 117 días aproximadamente; culminada la descomposición de los residuos, las tres pilas fueron extendidas a una altura de 40 cm aproximadamente desde la base hacia la superficie (período de maduración).

Se tomaron muestras representativas de cada tratamiento antes del volteo y a lo largo de todo el proceso.

Las muestras fueron secadas y molidas y se colocaron en bolsas ziploc. Los análisis se reportaron sobre base seca. En los laboratorios de AGROCALIDAD se analizaron los parámetros químicos (materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total y potasio) de la muestra inicial y del compost, Los parámetros físico-químicos (pH y CE), químicos (materia orgánica) y biológicos (índice de germinación) de todas las muestras, se analizaron en los laboratorios de Investigación y Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

2.1.4. Materiales y equipos

Los materiales utilizados para el experimento se detallan por etapas de la investigación, la etapa de campo donde se desarrolló el proceso de compostaje y la etapa a nivel de laboratorio donde se realizaron los análisis de las muestras.

Tabla 2-2: Materiales, instrumentos y/o equipos utilizados para la elaboración compost

ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	MATERIALES	INSTRUMENTOS Y /O EQUIPOS
Trabajo de campo en el relleno sanitario del GADM-Cascales	Agua Regadera Pala Rastrillo Machete Hojas de mocora Guantes Botas Mascarilla Soga Balanza Tanques de PVC Tinas	Termómetro Máquina volteadora

	Señalizaciones Carretilla Fundas ziploc	
Pruebas de laboratorio	Muestras del compost Agua destilada Semillas de rábano Mascarilla Cofia Guantes Vasos de precipitación Papel filtro Vasos estériles de plástico Crisoles Marcador permanente Tollas de cocina Alcohol comercial Metanol al 50% Cajas petri Papel aluminio Piseta	Secador de bandejas Molino eléctrico Estufa Desecador Mufla pH- metro Conductímetro Balanza analítica Centrifugador Refrigeradora Pie de rey

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

CAPÍTULO III.

3. Análisis y discusión de resultados

3.1 Análisis de resultados

3.1.1 Caracterización de los materiales iniciales.

Los residuos existentes en el cantón Cascales corresponden a RSO destinados al vertedero y estiércol y sangre provenientes del matadero municipal.

Los resultados de los análisis de laboratorio de los residuos se presentan en los anexos B, C y D. En la Tabla 1-3, se presenta un resumen de estos resultados.

Tabla 1-3: Caracterización del material de partida.

Parámetros	Materia prima		
	RSO	Sangre de res	Estiércol de res
Materia orgánica (%)	75,45	99,14	98,47
*C orgánico (%)	41	53,88	53,52
Nitrógeno total (%)	1,26	2,28	0,33

RSO: Residuos sólidos orgánicos, NT= Nitrógeno Total

*El contenido de C orgánico se calculó según la expresión $C\text{-org} = MO/1,84$ (Iglesias y Pérez, 1992).

Fuente: Multianalítica

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Es preferible que la relación C/N de los residuos que se van a compostar esté entre 25-35/1 en la mezcla inicial (Bertolino, et al., 2009: p.36). La relación C/N de los RSO tiene una relación C/N de 33:1, indicando que se encuentra dentro del rango adecuado para el proceso de compostaje. Sin embargo, una práctica común en el cantón es mezclarla con residuos del matadero para darles un uso apropiado.

Para calcular la relación C/N de las tres pilas se utilizó la plataforma electrónica de la universidad Cornell (<http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html>). La cantidad de sangre agregada en las pilas 2 y 3 se considera despreciable.

Tabla 2-3: Relación C/N de la pila 1

Ingrediente	% H2O	Sangre	% Carbono	% Hidrógeno	Relación C/N
RSO	75	9	41	1.26	
Estiércol	63	1	53,52	0.33	
Sangre	0	0	0	0	
				Resultado	37.89

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Tabla 3-3: Relación C/N de la pila 2

Ingrediente	% H2O	Sangre	% Carbono	% Hidrógeno	Relación C/N
RSO	75	7	41	1.26	
Estiércol	63	1	53,52	0.33	
Sangre	0	0	0	0	
				Resultado	39.34

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Tabla 4-3: Relación C/N de la pila 3

Ingrediente	% H2O	Sangre	% Carbono	% Hidrógeno	Relación C/N
RSO	75	12	41	1.26	
Estiércol	63	1	53,52	0.33	
Sangre	0	1	0	0	
				Resultado	36.60

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Las pilas 1 y 2 se armaron de manera convencional y en función de la cantidad de residuos disponibles, sin haber establecido una relación C/N. Si bien, para la pila 3 se tomó en cuenta la relación C/N, la disponibilidad de materiales limitó trabajar con la relación C/N óptima, sin embargo es la que presentó una mejor aproximación.

3.1.2. Parámetros de control del proceso

➤ TEMPERATURA

Se controló la temperatura de las pilas 2 y 3 durante todo el proceso de compostaje dos veces por semana con un termómetro bimetálico. La evolución de la temperatura se encuentra en la Figura 1-3.

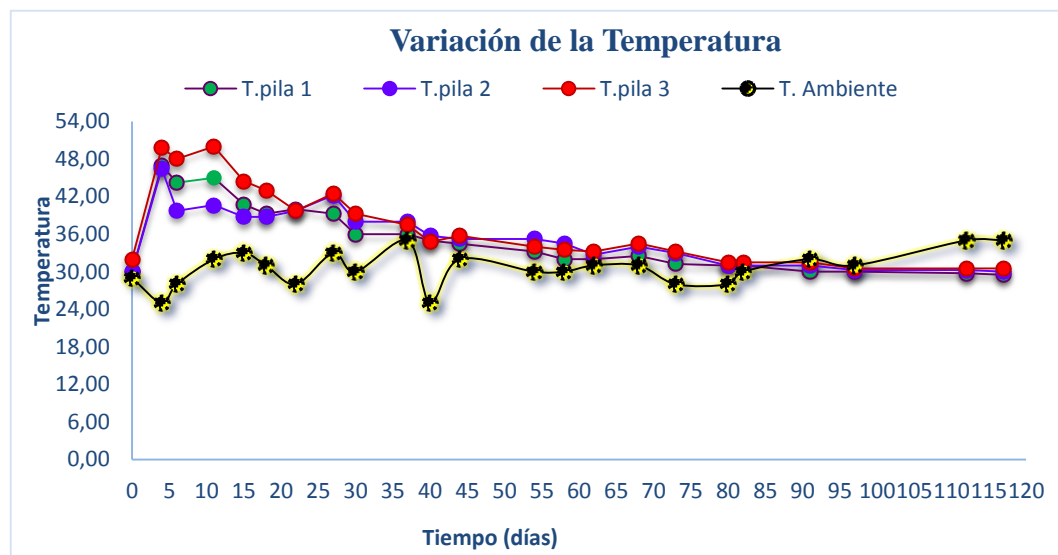


Figura 1-3: Evolución de la temperatura

Elaborado por: Calle Alexandra (2018).

A lo largo del proceso se evidenciaron los cambios de temperatura; inicialmente la temperatura fluctuó entre 30-32°C (fase mesófila o mesotérmica). Según (Brito , et al., 2003: p. 50) la etapa mesotérmica varía de 10-40°C. Con el tiempo, la temperatura se elevó periódicamente, presentando los mayores picos y el valor máximo de 50 °C en la pila 3 (fase termófila), evidenciándose una mayor degradación de materia orgánica en relación a los tratamientos 1 y 2. Durante esta etapa los microorganismos mesófilos se mantienen inactivos y son reemplazados por hongos, actinomicetos y bacterias termófilas que actúan sobre la higienización y eliminación de patógenos. Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno a dos meses en sistemas de fermentación lenta (Takeshi, 2014, p.78). En este proceso la etapa termófila duró 33 días. Con base a datos bibliográficos se asume que el sistema de fermentación fue lento y se puede relacionar este efecto con la relación inicial de C/N que tuvo un valor alto y por ende existiría deficiencia de nitrógeno para la actividad microbiana encargada de la oxidación de la materia orgánica. Luego de la etapa termófila, la temperatura disminuyó hasta alcanzar los rangos cercanos a la ambiente. Las pilas se reactivaron con los volteos realizados en función de la baja de la temperatura. Según (Oviedo Ocana, et al., 2014: p. 15) una mayor aireación por volteo durante la fase inicial de descomposición intensifica la actividad de los microorganismos, acortando el periodo de estabilización activa.

Finalmente, la temperatura permaneció constante y ligeramente por debajo de la temperatura ambiente, pasando a la etapa de maduración en donde se bioestabilizó la materia orgánica degradada. La etapa de maduración es un período de fermentación lenta que puede llegar a durar 3 meses (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, s.f, p.19). En nuestra investigación las etapas mesotérmica y de maduración duraron 81 días. Ciertas características físicas de los residuos fueron cambiando; así, el color se fue tornando más oscuro, el olor a tierra se hacía cada día más evidente y el volumen de las pilas disminuyó cambiando la textura y perdiendo completamente la apariencia de residuos para dar paso a un abono orgánico estabilizado y maduro. Este proceso duró 117 días.

➤ POTENCIAL DE HIDRÓGENO (PH)

El pH se analizó en los laboratorios de Química Analítica e Instrumental de la facultad de Ciencias en la ESPOCH siguiendo las respectivas técnicas descritas en el anexo K.

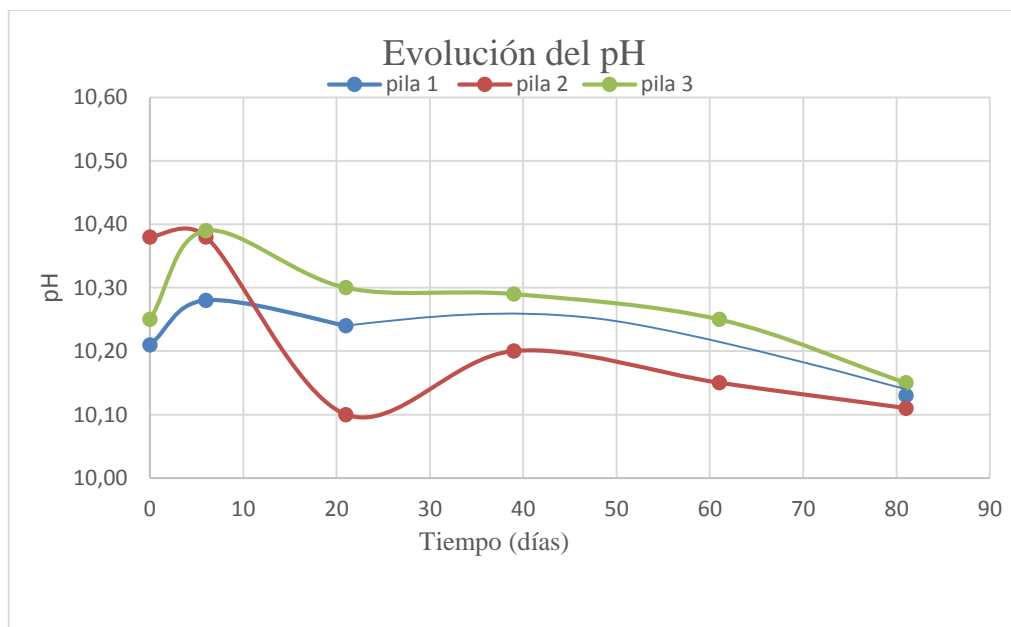


Figura 2-3: Evolución del pH durante el proceso

Elaborado por: Calle Alexandra (2018).

El pH inicial y final en los tres tratamientos fue básico, con pequeñas fluctuaciones durante el proceso (10-10,39). Según Takeshi(2014, p.79) la basura fresca es ligeramente ácida entre 6 y 7. Al comienzo de la reacción debe bajar a un rango entre 4.5 y 5.5. Luego a medida que la temperatura aumenta, debe llegar entre 8 y 9, mientras que al finalizar el proceso el pH debe acercarse a un valor neutro. Esto no concuerda con lo observado, pues en las tres pilas el rango de pH se mantuvo básico todo el tiempo. Varias son las razones para este comportamiento. Así, pudo haber presencia de cal arrastrada por el viento, pues la adición de cal a las pilas, es una práctica muy común en el relleno sanitario del GADM-C. Otra posible razón que se asocia a un pH alcalino se debe a la presencia de elementos que contribuyen al incremento del pH como la

liberación de CO₂, debido a la alta relación C/N. También, los valores alcalinos, se deberían al alto contenido de potasio que caracterizan a estos residuos y que está asociado a la presencia abundante de cáscaras de plátano, un residuo abundante en zonas agrícolas amazónicas. El ion potasio disponible en forma soluble en agua, combinado con ácidos de bicarbonatos (HCO₃⁻) producidos durante la mineralización de la materia orgánica, pueden formar una base fuerte como el hidróxido de potasio (KOH) (Oviedo Ocana, et al., 2014, p.10). De acuerdo con (Brito et al., 2003: p.51) a pH 9 (alcalinos) se inhibe el crecimiento bacteriano, razón por la cual las temperaturas no subieron más allá de los 50°C provocando una descomposición lenta. Adicionalmente, los biorresiduos se caracterizan por tener altos contenidos de proteínas y al descomponerse pueden incrementar el pH e influye en la liberación de amoníaco (Castro García, et al., 2016: p.183).

➤ CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

La determinación de CE (uS/m) fue realizada en los laboratorios de Investigación y de Química Analítica e Instrumental de la facultad de Ciencias en la ESPOCH.

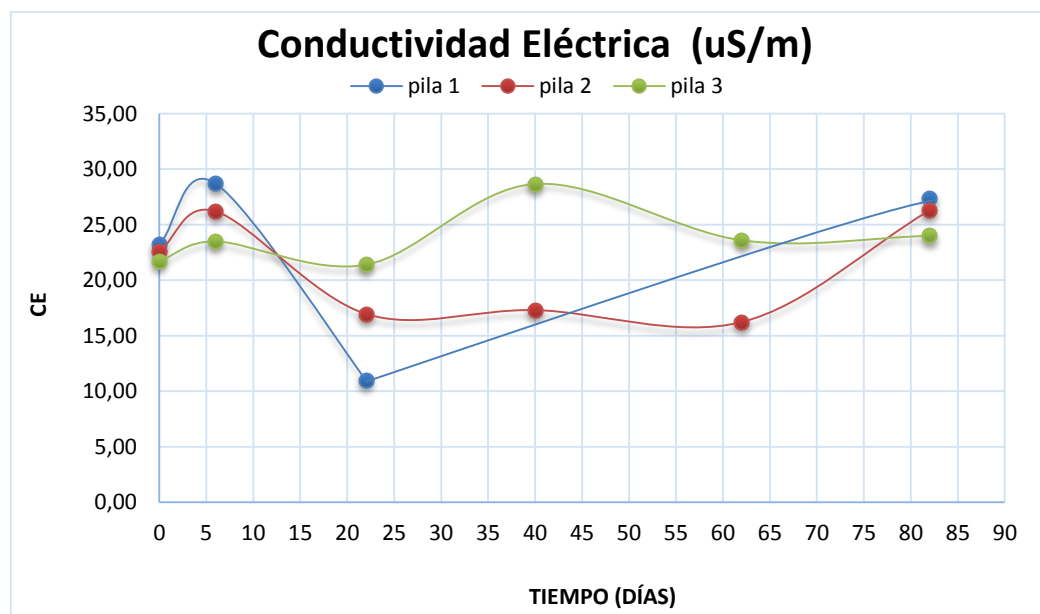


Figura 3-3. Evolución de la CE

Elaborado por: Calle Alexandra (2018).

La CE óptima en un compost según (Lópe Bravo et al., 2017: p. 53) es de 5,5 μS/m. La conductividad eléctrica en este estudio para las tres pilas presentan un aumento y disminución hasta los 22 días y las pilas 2 y 3 continúan con el mismo comportamiento hasta el final del proceso; ha los 21 días la CE para las pilas 2 (16,97 uS/m) y 3 (21,40 uS/m) respectivamente y va aumentando hasta los 40 días presentando valores en las pila 2 (17,31 uS/m) y la 3(28,67 uS/m), hasta los 62 días vuelve a disminuir presentando valores en las pilas 2 (16,24 uS/m) y la 3 (23,60 uS/m) y finalmente hasta los 82 días aumentaron los valores de CE en las pilas 1 (27,40

Us/m), 2 (26,3 uS/m) y la 3 (24,00 uS/m). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Bárbaro, et al., s.f: p.7) Los valores obtenidos sobrepasan el valor requerido estando en el rango de (10,99 uS/m) a (28,70 uS/m) uS/cm, indicando que existe una alta concentración de sales solubles en el compost que conlleva problemas de fitotoxicidad.

Se pudo evidenciar que durante el proceso existieron variaciones en la CE. Según (Bueno Márquez et al., 2008: p.8) la CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. La salinidad puede estar asociada al relativo alto contenido de nitrógeno en el producto final y su posterior mineralización (Oviedo Ocana et al., 2014: p. 97). En esta investigación la mayor concentración de sales al final de proceso presentó la pila 1 (27,40 uS/m), seguida de la pila 2 (26,30 uS/m) y por último la pila 3 (24 uS/m), posiblemente esta diferencia entre tratamientos se debe a que las pilas 2 y 3 tuvieron mejor control en la aireación que la pila 1, favoreciendo el proceso de aireación y por ende la mineralización de la materia orgánica. La salinidad afecta la germinación de semillas, observación que concuerda con el bajo porcentaje del IG.

3.1.3 Parámetros químicos

Los parámetros químicos descritos en la Tabla 2-3, se realizaron en los laboratorios de Agrocalidad. Los resultados de las muestras iniciales se muestran en el anexo E y los resultados de las muestras finales se muestran en los anexos F.

Tabla 5-3: Resultados de los parámetros químicos del compost.

PARÁMETROS	MUESTRAS INICIALES (%)			MUESTRAS FINALES (%)		
	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Pila 1	Pila 2	Pila 3
Materia Orgánica	53,86	55,70	49,85	30,21	38,15	36,63
Nitrógeno total	2,098	2,236	2,160	1.88	2.15	2.09
Fósforo	0.9328	1.3070	1.4934	1.3057	1.3046	1.3433
Potasio	4.3062	3.1408	3.3299	3.4124	4.1039	5.1363

Fuente: AGROCALIDAD

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

➤ MATERIA ORGÁNICA

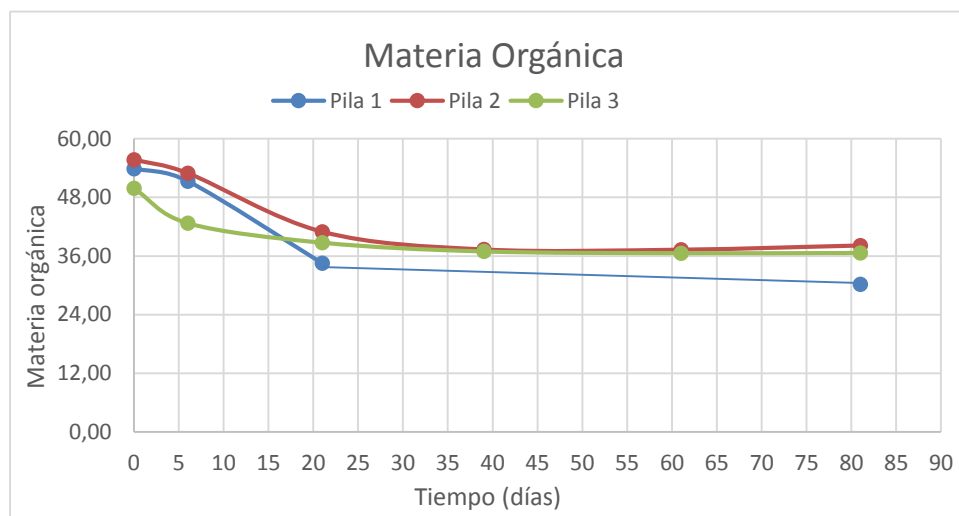


Figura 4-3: Evolución de la materia orgánica

Elaborado por: Calle Alexandra (2018).

Como se esperaba, la materia orgánica en los tres tratamientos fue disminuyendo conforme avanza el proceso. Según (Bueno Márquez et al. 2008: p.7) durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada. Los valores elevados de materia orgánica pueden disminuir aún más a medida que la actividad microbiana transforme y asimile tanto el carbono como el nitrógeno (Yañez , et al., 2007: p. 732).

El mayor porcentaje de materia orgánica al final del proceso fue de la pila 2 (38,15), seguido de la pila 3 (36,63) y la pila 1 (30,21); posiblemente estas diferencias se deban a la mayor cantidad de estiércol que se añadió al inicio en la pila 2. Según (Bohórquez et al., 2014: p.76) El porcentaje recomendado de materia orgánica se encuentra entre 33,5% y 50 %. Con base a este autor el porcentaje de MO de la pila 1 se encontró fuera de los valores permisibles, posiblemente debido a la falta de control. Sin embargo de acuerdo con (Tighe-Neira et al., 2014: p. 350) indican valores aceptables de MO superiores al 20%. Según estos autores los porcentajes de materia orgánica obtenidos en el proceso se encuentran dentro de los valores permisibles para ser un compost.

➤ Nitrógeno

Los valores de nitrógeno total en los tres tratamientos disminuyeron al final del proceso. Según (Delgado Arroyo et al. 2004: p. 84) esta disminución coincide con un aumento de la temperatura de la pila, lo que indica una volatilización de los grupos amoniacales. Posiblemente también se debe al consumo de este elemento por parte de los microorganismo que permiten la mineralización del nitrógeno. Para compost maduros, es deseable que el nitrógeno sea inorgánico en su mayoría y que la fracción de amoníaco sea mínima (Yañez et al., 2007: p. 732).

El contenido de nitrógeno total al final del proceso para la pila 1(1,88%), la pila 2 (2,15%) y la pila 3 (2,09%), valores considerados como óptimos para determinar la calidad del compost según (Escobar et al. 2012: p. 403) el Nitrógeno total óptimo se encuentra dentro del rango de 0,4 a 3,5 %. De acuerdo con (Bohórquez et al. 2014., p.78) indican que los valores de NPK deben ser superiores a 1%. Los valores altos de nitrógeno posiblemente se debe a los altos contenidos de nitrógeno en los residuos empleados. El nitrógeno es el elemento que determina el valor fertilizante del compost.

➤ **Fósforo**

Los valores iniciales y finales de este elemento varían en los tres tratamientos. En la pila 1 el valor inicial fue (0,9328%) y el final (1,3057%) observándose un aumento en su concentración. Se asegura que, en general, entre el inicio y el final de la incubación se produce un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes, debido a la pérdida de materia orgánica de la masa a compostar (Bueno Márquez et al., 2008: p. 6). En la pila 2, prácticamente se mantuvo la concentración de fósforo total. En la pila 3, disminuyó la concentración de fósforo, al inicio fue (1,4934 %) y al final (1,3433 %). Según (Yañez et al., 2007: p. 732) la cantidad de fósforo podría disminuir en caso de existir lixiviación, observación que coincide con la menor salinidad de esta pila.

A pesar de las variaciones de fósforo, los porcentajes se encontraban dentro del rango estimado. Según (Yañez et al.,2007: p.732) los valores del fósforo total se encuentran dentro de los valores de 0,1 - 1,6%. Este elemento es esencial para el proceso de compostaje, dado que según (Bueno Márquez et al., 2008: p.6) el fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano. La mayor concentración de fósforo al final del proceso presentó la pila 3, posiblemente se deba al material de partida que fue rico en este elemento y al control de la temperatura y aireación que permitió una mejor mineralización del fósforo que permite ser absorbido por las plantas en forma de fosfatos. Según (Olivares Campos et al., 2012: p.33) indicaron que solamente del 20 al 40% del P total contenido en compostas está en forma disponible para las plantas.

➤ **Potasio**

Los valores iniciales y finales de potasio en los tres tratamientos fueron altos, debido a la presencia de residuos de plátano propios de la región amazónica. Sólo en la pila 1 hubo una baja en la concentración de potasio. Según (Bohórquez et al., 2014: P.78) los nutrientes tienden a concentrarse a medida que transcurre el tiempo de compostaje y acontecen los procesos de degradación y mineralización de los compuestos orgánicos presentes en los subproductos mezclados inicialmente. Sin embargo, los porcentajes de potasio en las pilas 2 y 3 aumentaron al final del proceso. Según (Yañez et al., 2007: p. 732), el contenido de potasio dentro de los rangos

normales para compost maduro están entre 0,4 - 1,6%. Según (Bohórquez et al., 2014, p.6) sugiere que los valores de NPK deben ser superiores a 1%. Con base a esta información el contenido de K es adecuado para los tres compost obtenidos en la investigación. El autor Mikkelsen(2008, p 1) indica que se requieren altas cantidades de K para mantener la salud y el vigor de las plantas, mientras (Olivares Campos et al., 2012: p.31) señalan que más del 85% del K total contenido en las compostas está en formas disponibles para las plantas.

➤ ÍNDICE DE GERMINACIÓN

En la tabla 6-3 se muestran los resultados iniciales y finales del índice de germinación.

Tabla 6-3: Índice de germinación de los compost

COMPONENTE	MUESTRAS INICIALES			MUESTRAS FINALES		
	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Pila 1	Pila 2	Pila 3
SG	32	53	48	39	56	65
SSG	48	32	32	41	32	15
GRS (%)	45,7	76	69	56	80	93
CRR (%)	7	10	16	8	17	41
IG (%)	3	8	11	4	14	38

SG: Semillas germinadas. **SSG:** Semillas sin germinar. **GRS:** Germinación relativa de las semillas (%). **CRR:** Crecimiento relativo de la raíz (%). **IG:** Índice de germinación (%)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018).

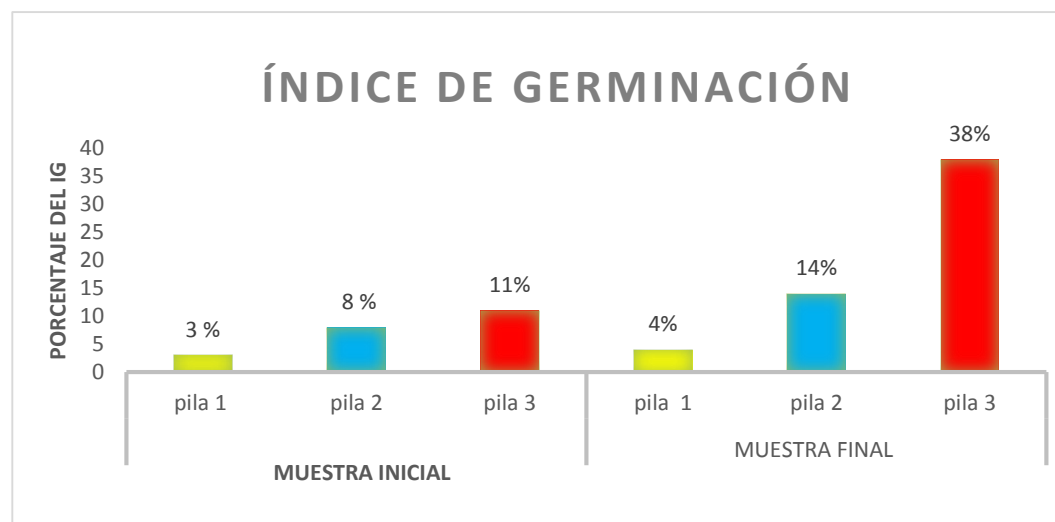


Figura 5-3: Porcentaje promedio de Germinación de las muestras iniciales y finales.

IG: Índice de germinación (%)

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Para determinar la fitotoxicidad del compost se usaron semillas de rábano. En los tres tratamientos, como cabe esperar, el índice de germinación inicial aumentó al final del proceso. Este aumento, indica el grado de madurez que alcanza un compost en función de la mineralización de la materia orgánica y las altas temperaturas que eliminan los patógenos de un compost. Según (Varnero et al., 2007: p.34) sostiene que el “índice de germinación (IG) es el indicador más completo para describir el potencial fitotóxico de un material orgánico, ya que integra el porcentaje de germinación relativo y el crecimiento relativo de raíces”. Al respecto, se observó que el compost de la pila 3 presentó mayores porcentajes de germinación relativa (93%), crecimiento relativo de la raíz (41%) e índice de germinación (38%). Sin embargo, estos porcentajes nos indican que aún el compost de mejor calidad, no alcanzó valores adecuados para considerarse aptos para usos agrícolas, sugiriendo que poseen sustancias fitotóxicas. Los resultados pueden verse influidos por la salinidad (valores elevados de CE), la presencia de componentes fitotóxicos (amoníaco, ácidos volátiles, etc.), el pH alcalino que produce amoníaco, una sustancia fitotóxica (Castro García et al., 2016: pág. 186). Adicionalmente, la temperatura, no superior a 50°C, pudo afectar la degradación oxidativa responsable de la metabolización de sustancias fitotóxicas y al proceso de higienización que ayuda a la eliminación de patógenos. Según (Varnero et al., 2007 :p. 35) establece el siguiente criterio de interpretación: valores de IG $\geq 80\%$ indicarían que no hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración; si el IG $\leq 50\%$ indicaría que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas y si se obtiene un valor entre 50% y 80% se interpretaría como la presencia moderada de estas sustancias.

➤ RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL IG

t student: Se usó para comparar dos muestras emparejadas, en este caso se comparan las muestras iniciales y finales de cada tratamiento.

Tabla 7-3: Resultado estadístico de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estandar	Media de error estándar
Par 1	IG1Inicial	2,88	10	1,62	0,51
	IG1Final	4,16	10	3,09	0,98
Par 2	IG2Inicial	8,05	10	3,83	1,21
	IG2Final	14,81	10	7,70	2,43
Par 3	IG3Inicial	11,83	10	11,62	3,67
	IG3final	38,98	10	19,89	6,29

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

Tabla 8-3: Pruebas de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas			t	Gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar			
Par IG1Inicial 1 IG1Final	-1,29	3,90	1,23	-1,04	9	,325
Par IG2Inicial 2 IG2Final	-6,77	8,82	2,79	-2,43	9	,038
Par IG3Inicial 3 IG3Final	-27,140	18,46	5,84	-4,65	9	,001

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

La prueba estadística de muestras emparejadas hace una comparación de las muestras iniciales y finales de cada tratamiento; según los resultados, en la pila 1 no hay diferencia significativa en el índice de germinación inicial y final, por lo tanto, las condiciones de fitotoxicidad se mantienen durante el proceso, posiblemente por la falta de control de la temperatura y aireación: En las pilas 2 y 3, hay diferencias significativas entre el IG inicial y final, por lo tanto, existió un mejor proceso de degradación oxidativa importante para alcanzar un grado de madurez del compost.

Anova:

Esta prueba estadística nos permite comparar el IG de los tres tratamientos en general, la cual dio un valor de significancia $< 0,05$, por lo tanto existe diferencia en el IG entre las tres pilas.

Tabla 9-3: Resultado estadístico Anova para índice de Germinación

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6364,06	2	3182,03	20,54	,000
Dentro de grupos	4181,77	27	154,88		
Total	10545,83	29			

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

➤ **RENDIMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

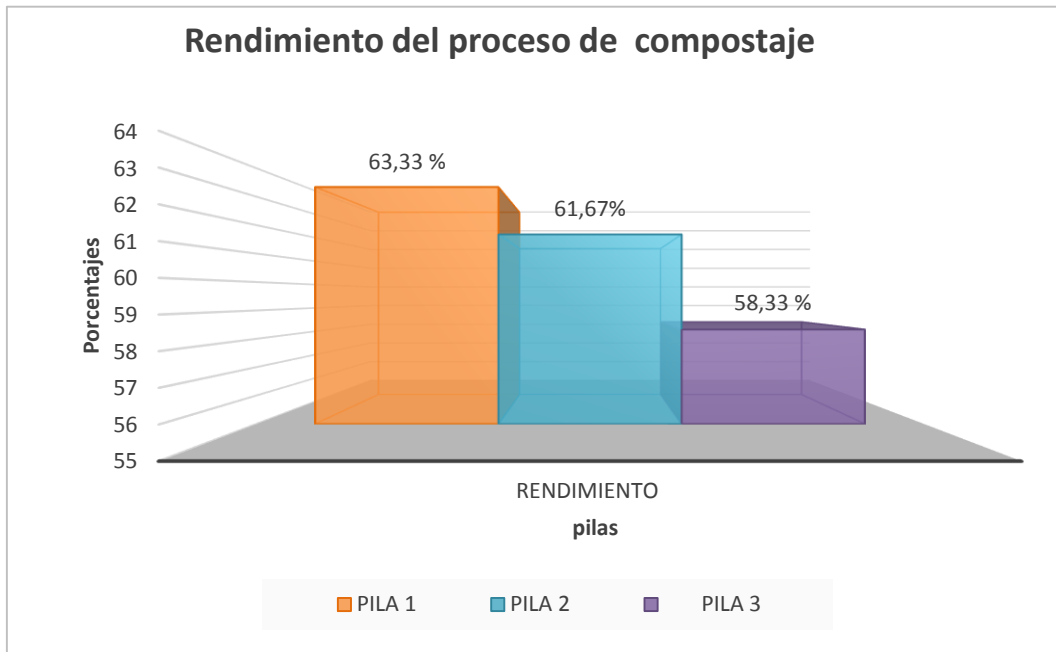


Figura 6-3: Rendimiento del proceso de compostaje

Elaborado por: Calle Alexandra (2018)

El rendimiento del proceso estuvo en función de la mineralización de la materia orgánica. El rendimiento más bajo fue para la pila 3 (58,33 %), seguido de la pila 2 (61,67%) y la pila 1 (63,33%).

CONCLUSIONES

El GADM-C en el año 2016 realizó los análisis de los parámetros químicos del compost elaborado en el relleno sanitario obteniendo los siguientes resultados; MO (7,14%), carbono orgánico total (4,14%), nitrógeno total (0,36%), fósforo (31,05 mg/kg) y potasio (47.823,73 mg/kg). Con base a estos resultados y comparando con datos bibliográficos se determinó que los valores obtenidos están fuera de los rangos óptimos para ser considerado un compost que pueda ser usado para fines agrícolas.

Durante el proceso de compostaje se controló la temperatura, humedad y aireación. Estos parámetros fueron clave, pues permitieron establecer las condiciones para una mejor degradación de la materia orgánica por acción de los microorganismos. El tamaño de partícula de los residuos fue otro parámetro importante, pero no se pudo controlar por la falta de una máquina trituradora. Las muestra tomadas para realizar los análisis deberían secarse inmediatamente para que no continuen los procesos de descomposición pero secaron al ambiente, una situación nada ideal.

Aunque el GADM-Cascales no cuenta con el equipamiento necesario para realizar un adecuado proceso de compostaje, se logró controlar adecuadamente la temperatura, humedad y aireación, estableciéndose el tiempo de volteo en función de la temperatura. Los resultados confirmaron una mejora en la calidad de los compost obtenidos al controlar estos parámetros en las pilas 2 y 3.

El Índice de germinación fue el mejor parámetro establecido para diferenciar los tres tratamientos y determinar la calidad del compost y sus posibles usos. El análisis estadístico mostró diferencias significativas en los tres compost, estableciéndose un porcentaje mayor y por ende un mejor compost para el obtenido en la pila tres, controlada en su totalidad por el investigador. Sin embargo, ningún compost puede ser utilizado para fines agrícolas debido a pH alcalinos, alta salinidad reflejada en valores elevados de conductividad eléctrica e índices de germinación inferiores al 50%. El compost obtenido en la pila 3 podría ser utilizado en suelos degradados, como material de relleno de quebradas y como material de cobertura del relleno sanitario.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al GADM-C realizar en forma periódica la caracterización de los RSO, estiércol y sangre de res provenientes de camal Municipal, para establecer la relación C/N del material de partida. De esta manera se podría disponer de una base de datos de las características físico-químicas y químicas de los residuos de la zona.

Se recomienda que durante el proceso de compostaje el técnico encargado del relleno sanitario controle la temperatura de las pilas 2 veces por semana, para llevar a cabo una aireación óptima y alcanzar una correcta mineralización de la materia orgánica.

Se recomienda evitar el uso de cal durante del proceso de compostaje. Para neutralizar el pH alcalino se podrían reemplazar la cal por azufre elemental en proporciones de (0,1-1 %).

Se recomienda realizar análisis físico-químicos y biológicos para determinar la calidad del compost, previo a su comercialización.

Finalmente, se debería disponer de una trituradora e implementar un laboratorio básico que disponga de un pHímetro, conductímetro, higrómetro, estufa y mufla que permitan la realización, en forma continua, del seguimiento de los principales parámetros del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

Avendaño Rojas, Daniella Alejandra. Proceso de Compostaje . *INVENTATI*. [En línea] 09 de 2003. [Citado el: 04 de 01 de 2018.] www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp.../Compostaje.pdf.

Brito , Uicab y Sandoval Castro. Uso del Contenido Ruminal Y Algunos Residuos de la Industria Cárnica en la Elaboración del Composta. *Redalyc*. [En línea] 2003. [Citado el: 10 de 04 de 2018.] <http://www.redalyc.org/pdf/939/93912118001.pdf>.

Bueno Márquez, Pedro , Díaz Blanco, Manuel Jesús y Cabrera Capitán, Francisco. Factores que afectan al proceso de Compostaje. *DIGITAL.CSIC*. [En línea] 2008. [Citado el: 20 de 12 de 2017.] <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>.

Castro García, Gustavo, Daza Torres, Martha Constanza y Marmolejo Rebellón, Luís Fernando. Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de 04 de 2018.] [file:///C:/Users/alexandra%20calle/Downloads/53672-297646-1-PB%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/alexandra%20calle/Downloads/53672-297646-1-PB%20(6).pdf).

Delgado Arroyo, y otros. Efecto de la Vermiculatura en la Descomposición de Residuos Orgánicos. *Scielo*. [En línea] 2004. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] <http://www.redalyc.org/pdf/370/37000205.pdf>.

Escobar, Fabiola , Sánchez Ponce, Jose y Aze, Mauricio. 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. *Scielo*. [En línea] 03 de 2012. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892012000100004.

Figueroa Barrera, Aydee , y otros. Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos. *Dialnet*. [En línea] 04 de 09 de 2012. [Citado el: 10 de 04 de 2018.] <file:///C:/Users/alexandra%20calle/Downloads/Dialnet-DeterminacionDelNitrogenoPotencialmenteMineralizab-4230882.pdf>.

García Meneses, Enrique. RESOLUCIÓN No. A/GADMC-020-2014. *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cascales* . [En línea] 14 de 04 de 2014. [Citado el: 25 de 03 de 2018.] [file:///C:/Users/alexandra%20calle/Downloads/7383947%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/alexandra%20calle/Downloads/7383947%20(1).pdf).

Julca Otiniano, Alberto, y otros. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia* . [En línea] 04 de 2006. [Citado el: 28 de 03 de 2018.] https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009.

López Bravo, Elvis , y otros. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Scielo*. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300007.

López Bravo, Elvis , y otros. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña . *Revista Centro Agrícola* . [En línea] 2017. [Citado el: 11 de 04 de 2018.] <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n3/cag07317.pdf>.

MAGAP- CGSIN. Clima promedio provincial. *MAGAP*. [En línea] enero de 2017. [Citado el: 24 de 02 de 2018.] http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/tematicos_zonales/precipitacion_temperatura/2017/precipitacion_enero2017_zona1.pdf.

Olivares Campos , y otros. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *SciELO*. [En línea] 04 de 2012. [Citado el: 16 de 04 de 2018.] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-2979201200010000.

Oviedo Ocana, Edgar Ricardo , MARMOLEJO , Luis Fernando y Torres Lozada, Patricia. Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*. [En línea] 02 de 2014. [Citado el: 11 de 04 de 2018.] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100008.

Soliva Torrentó, Montserrat. Materia orgánica y compostaje. control de la calidad y del proceso. *Jornada Técnica:: Fertilidad y Calidad del Suelo*. [En línea] 21 de 10 de 2011. [Citado el: 28 de 01 de 2018.] <http://biomusa.net/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/70-materia-organica-y-compostaje-control-de-la-calidad-y-del-proceso/file>.

Viceno de la Rosa , Guadalupe, y otros. Producción de composta y vericomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro. *SciELO*. [En línea] 2011. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000300011.

Yañez , Paola, Levy , Alberto y Azero , Mauricio. Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados . *SciELO*. [En línea] 06 de 2007. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a06.pdf>.

Acurio, Guido, y otros. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos. *Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana*. [En línea] 19 de 10 de 2006. [Citado el: 30 de 11 de 2017.] <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/4768/Diagn%C3%B3stico%20de%20la%20situaci%C3%B3n%20del%20manejo%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Agroexpo . Tipos de abonos orgánicos para el jardín o huerto. *El productor* . [En línea] 27 de 02 de 2015. [Citado el: 07 de 12 de 2017.] <https://elproductor.com/noticias/ecuador-tipos-de-abonos-organicos-para-el-jardin-o-huerto/>.

AGROWASTER. Compostaje. *Centro Tecnológico Nacional de la Concerva y Alimentación*. [En línea] s.f [Citado el: 19 de 12 de 2017.] <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/COMPOSTAJE.pdf>.

Asamblea Nacional República del Ecuador. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. *Secretaría del Agua*. [En línea] 06 de 08 de 2014. [Citado el: 01 de 04 de 2018.] <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>.

Banco Internacional de Desarrollo. Situación de la gestión de Residuos Sólidos en América Latina y caribe . *Banco Internacional de Desarrollo* . [En línea] 13 de 08 de 2015. https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7177/Situacion_de_la_gestion_de_residuos_solidos_en_America_Latina_y_el_Caribe.pdf?sequence=1.

Bárbaro, Lorena A, Karlanian , Monica A y Mata, Diego A. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (EC) en los sustratos para plantas. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. [En línea] s.f. [Citado el: 11 de 04 de 2018.] https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf.

Barbaro, Lorena, Karlanian, Monica y Mata, Diego. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los Sustratos para Plantas. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. [En línea] s.f. [Citado el: 28 de 01 de 2018.] https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf.

Bertolino, Ricardo , y otros. Participación Ciudadana y Gestión Integral de los Residuos. *Unicef*. [En línea] 20 de 03 de 2009. [Citado el: 10 de 04 de 2018.] <https://www.unicef.org/argentina/spanish/EcoclubesbajaWEB.pdf>.

Bohórquez, Alexander , Menjivar, Juan Carlos y Puentes, Yina J. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Scielo*. [En línea] 2014. [Citado el: 12 de 04 de 2018.] <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v15n1/v15n1a07.pdf>.

Boletín Informativo NRO. 047. Técnicos de Comaga y de Municipios Asociados asisten a taller Gestión Residuos Sólidos en Áreas Rurales. *Consortio de Municipios Amazonicos y Galápagos (COMAGA)*. [En línea] 12 de 03 de 2017. [Citado el: 29 de 11 de 2017.] http://www.comaga.org.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=235:tecnicos-de-comaga-y-de-municipios-asociados-asisten-a-taller-gestion-residuos-solidos-en-areas-rurales&catid=8&Itemid=101.

Cajamarca, Diego. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. *Universidad de Cuenca*. [En línea] 2012. [Citado el: 7 de 12 de 2017.] <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>.

Camacho, Alejandro y Martínez, Laura. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoam*. [En línea] 2014. [Citado el: 30 de 01 de 2018.] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000400291.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos . *Agua Calientes Gobierno del Estado* . [En línea] 19 de 09 de 2007. [Citado el: 30 de 11 de 2017.] http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS .

Aguascalientes. [En línea] 2006. [Citado el: 07 de 02 de 2018.] <http://www.aguascalientes.gob.mx/PROESPA/pdf/LEY%20GENERAL%20PARA%20LA%20PREVENICI%C3%93N%20Y%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DE%20LOS%20RESIDUOS.pdf>.

Campos, Elena , Elias , Xavier y Flotats , Xavier. Procesos Biológicos; la digestión anaerobia y el compostaje. *Tratamiento y valorización energética y energética*. [En línea] 2012. [Citado el: 20 de 12 de 2017.] https://books.google.com.ec/books?id=sAOTHkOK9CUC&pg=PA679&lpg=PA679&dq=sistema+de+compostaje+cerrado+de+reactor+de+flujo+vertical+continuo&source=bl&ots=OWX_YDeoXu&sig=P3xrtzfDLMTsfYExRQHT7wuNXVE&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj_j5e3o5nYAhWF4IMKHazwAbUQ6AEI.

Carrera de Agropecuaria. La importancia de la agricultura para nuestro país. *UTN*. [En línea] 23 de 03 de 2017. [Citado el: 01 de 12 de 2017.] <http://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>.

Castro García, Gustavo , Daza Torres, Martha Constanza y Marmolejo Rebellón, Luís Fernando. Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*. [En línea] 02 de 06 de 2016. [Citado el: 04 de 01 de 2018.] <http://www.redalyc.org/pdf/1694/169446378012.pdf>.

Comisión de Legislación y Codificación. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. . *Ministerio de Ambiente* . [En línea] 10 de 09 de 2004. [Citado el: 02 de 04 de 2018.] <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-Forestal-y-de-Conservacion-de-Areas-Naturales-y-Vida-Silvestre.pdf>.

Comisión de Legislación y Codificación. Ley organica de regimen municipal, codificacion . *quito emseguridad*. [En línea] 15 de 10 de 1971. [Citado el: 02 de 04 de 2018.] http://www.emseguridad-q.gob.ec/mtdocuments/6.ley_organica_de_rgimen_municipal.pdf.

Comisión de Legislación y Codificación. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. *Ministerio del Ambiente*. [En línea] 10 de 09 de 2004. [Citado el: 01 de 04 de 2018.] <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCION-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACION-AMBIENTAL.pdf>.

Comisión del Ambiente. Ordenanza metropolitana de Quito 0332. *Quito Ambiente*. [En línea] 12 de 08 de 2010. [Citado el: 27 de 03 de 2018.] http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ordm_332_sis_gest_int.pdf.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. Norma de Calidad del Compost. *Lombricultura Pachamama*. [En línea] 10 de 10 de 2000. [Citado el: 28 de 03 de 2018.] <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/normas/Norma%20calidad%20COMPOST.pdf>.

Compostadores. s.f. Los Nutrientes en el Compost. *Compostadores*. [En línea] s.f. [Citado el: 28 de 03 de 2018.] <http://compostadores.com/descubre-el-compostaje/la-cosecha-el-compost-casero/154-los-nutrientes-en-el-compost.html>.

Congreso Nacional. Ley Orgánica de la Salud . *Secretaría Técnica Toda Una Vida* . [En línea] 22 de 12 de 2002. [Citado el: 01 de 04 de 2018.] http://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY_ORGANICA_DE_SALUD.pdf.

Consejo Nacional de Planificación. PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR 2013 2017. *Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero*. [En línea] 13 de 09 de 2013. [Citado el: 31 de 03 de 2018.] <http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/MARCO-LEGAL-2016/Registro-Oficial-Suplemento-78-Resolucio%CC%81n-2.pdf>.

Dirección del Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador. Constitución de la República del Ecuador . *Corte Constitucional del Ecuador* . [En línea] 2008. [Citado el: 30 de 03 de 2018.] https://www.corteconstitucional.gob.ec/images/contenidos/quienes-somos/Constitucion_politica.pdf.

EDICIONES LEGALES. COOTAD. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas* . [En línea] 2015. [Citado el: 07 de 02 de 2018.] <http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-AUTONOMIA-Y-DESCENTRALIZACION.pdf>.

El Pleno de la Comisión Legislativa y de Fiscalización . Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. *Wipo*. [En línea] 05 de 05 de 2009. [Citado el: 03 de 04 de 2018.] <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec046es.pdf>.

El Pleno de la Comisión Legislativa y de Fiscalización. LEY ORGÁNICA DE EMPRESAS PÚBLICAS. *Tren Ecuador*. [En línea] 16 de 10 de 2009. [Citado el: 02 de 04 de 2018.] <http://trenecuador.com/ferrocarrilesdeecuador/wp-content/uploads/2014/09/leyepub.pdf>.

Félix Herrán, Jaime Alberto, y otros. IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS. *Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa*. [En línea] 2008. [Citado el: 05 de 12 de 2017.] [http://www.uaim.edu.mx/webximhai/Ej-10articulosPDF/Art\[1\]%204%20Abonos.pdf](http://www.uaim.edu.mx/webximhai/Ej-10articulosPDF/Art[1]%204%20Abonos.pdf).

Fundación MCCH. Fertilización Orgánica. *Dirección de Innovación y Calidad*. [En línea] 27 de 01 de 2009. [Citado el: 01 de 12 de 2017.] <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/3061/fertilizacionmch.pdf>.

Gaceta informativa del GADM- C. El Dorado Amanecer. *GADM-C*. [En línea] 12 de 2011. [Citado el: 25 de 03 de 2018.] http://www.cascales.gob.ec/cascales/images/gacetaweb/EDICION_2/files/assets/downloads/publication.pdf.

García Muriedas, G, Zaragoza, C y ,et.al. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST . *DIGITAL.CSIC Ciencia en Abierto*. [En línea] 2000. [Citado el: 28 de 01 de 2018.] <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>.

Hernández-Rodríguez, Ofelia Adriana y Hernández-Tecorral, Ana. CALIDAD NUTRIMENTAL DE CUATRO ABONOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS A PARTIR DE RESIDUOS VEGETALES Y PECUARIOS. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. [En línea] 2013. [Citado el: 28 de 01 de 2018.] <http://www.redalyc.org/pdf/573/57327411004.pdf>.

Huang, G, y otros. transformación de la materia orgánica durante el proceso de compostaje con estiércol de cerdo y acerrin. *Semanticscholar*. [En línea] 11 de 11 de 2005. [Citado el: 10 de 04 de 2018.] <https://pdfs.semanticscholar.org/2f8b/0032a34fbf9a7f34c0f069166d0d55989a97.pdf>.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Gestión ambiental. estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos. *Servicio Ecuatoriano de Normalización* . [En línea] 03 de 2014. [Citado el: 26 de 03 de 2018.] <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/2841.pdf>.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 3864-1:2013. *ECP*. [En línea] 2013. [Citado el: 02 de 04 de 2018.] http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/10/INEN_ISO_3864.pdf.

Jaramillo Henao , Gladys y Zapata Márquez, Liliana María María. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA . *Repositorio Institucional UdeA*. [En línea] 10 de 09 de 2008. [Citado el: 01 de 12 de 2017.] <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>.

Junta de Andalucía. s.f . Sistemas y Técnicas para el Compostaje . *Junta de Andalucía*. [En línea] s.f . [Citado el: 20 de 12 de 2017.] http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/sistemas_y_tecnicas_para_el_compostaje.pdf.

Laich, Federico. El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. *Biomusa*. [En línea] 10 de 2011. [Citado el: 30 de 01 de 2018.] <http://biomusa.net/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>.

Libro VI. Anexo 6. TULSMA. s.f. Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos sólidos no Peligrosos. *FAOLEX*. [En línea] s.f. [Citado el: 26 de 03 de 2018.] <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112185.pdf>.

Lugo, Saskya. Evaluación de los proyectos de compostaje en el ecuador. *Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental* . [En línea] 12 de 10 de 2000. [Citado el: 29 de 11 de 2017.] <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/repamar/gtzproye/compost/compost.html>.

MAE-PNGIDS. Situación Actual del Agro Ecuatoriano con Enfoque de Cadena. *Resumen de la Cadena de Gestión Integral de Desechos Sólidos-Reciclaje*. [En línea] 08 de 04 de 2015. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>.

MAGAP. Elaboración, uso y manejo de Abonos Orgánicos. *MAGAP* . [En línea] 2014. [Citado el: 5 de 12 de 2017.] <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/HOMBRO%20A%20HOMBRO/manuales/Manual%20Elaboraci%C3%B3n%20de%20abonos%20org%C3%A1nicos.pdf>.

Mikkelsen , Roberto. Manejo del Potasio para la Producción de Cultivos Orgánicos. *IPNI*. [En línea] 2008. [Citado el: 16 de 04 de 2018.] [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/99E778DE1879908C852579A0006B194B/\\$FILE/Manejo%20del%20Potasio%20para%20la%20Producci%C3%B3n%20de%20Cultivos%20Org%C3%A1nicos.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/99E778DE1879908C852579A0006B194B/$FILE/Manejo%20del%20Potasio%20para%20la%20Producci%C3%B3n%20de%20Cultivos%20Org%C3%A1nicos.pdf).

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Manual de Compostaje. *web Resol.* [En línea] s.f. [Citado el: 11 de 04 de 2018.] http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Instructivo de la Normativa General para Promover y Regular la Producción Orgánica-Ecológica-Biológica en Ecuador. *AGROCALIDAD.* [En línea] 2013. [Citado el: 03 de 04 de 2018.] <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/certificacion-organica/1.Normativa-e-instructivo-de-la-Normativa-General-para-Promover-y-Regular-la-Produccion-Organica-Ecologica-Biologica-en-Ecuador.pdf>.

Mosquera, Byron. Manual Para Elaborar y Aplicar Abonos y Plaguidas. *FONAG.* [En línea] 09 de 2010. [Citado el: 07 de 12 de 2017.] http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.

Moto, Juan. Recomendaciones para un Tratamiento Ambientalmente Saludable de los Residuos orgánicos. *Greenpeace International.* [En línea] 07 de 07 de 2005. [Citado el: 29 de 11 de 2017.] <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2006/4/recomendaciones-para-un-tratam.pdf>.

Muñoz, Jose Sèlimo. Compostaje en Pescador, Cauca; Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánico y manejo para su contribución a la solución de problemas medioambientales. *CIAT Science to cultivate Change.* [En línea] 09 de 02 de 2006. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Compostaje_Pescador.pdf.

Órgano del Gobierno del Ecuador. COOTAD. *Ministerio de Defensa Nacional.* [En línea] 10 de 10 de 2009. [Citado el: 02 de 04 de 2018.] http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2016/literal_a/base_legal/A._Codigo_organico_coordinacion_territorial_descentralizacion_autonomia_%28cootad%29.pdf.

Plaza, Gloria y Zapata, Omar. Residuos y Salud: Tartagal - Salta. *Revista de Ciencia y Tecnología.* [En línea] 12 de 2011. [Citado el: 25 de 03 de 2018.] http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872011000200005.

PNGIDS. Gestión Integral de Desechos Sólidos. *secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo.* [En línea] 28 de 01 de 2015. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>.

Puerta Echeverri, Silvia María. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación.* [En línea] 01 de 06 de 2004. [Citado el: 29 de 11 de 2017.] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511009>.

Rayo, Jorge Martínez. *Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos.* s.f.

Registro Oficial Órgano del Gobierno de Ecuador. Acuerdo no. 061 reforma del libro vi del texto unificado de legislación secundaria. *SUIA Ministerio del Ambiente.* [En línea] 04 de 05 de 2015. [Citado el: 26 de 03 de 2018.] <http://suija.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>.

Röben , Eva. Manual de Compostaje Para Municipios. *web-resol*. [En línea] 2002. <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>.

Román, Pilar, Martínez, María y Pantoja, Alberto. MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. *FAO*. [En línea] 2013. [Citado el: 7 de 12 de 2017.] <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.

Sáez, Alejandrina y Urdaneta, Joheni . Manejo de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*. [En línea] 2014. [Citado el: 26 de 03 de 2018.] <http://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>.

SAGARPA. Abonos Verdes. *SAGARPA*. [En línea] s.f. [Citado el: 5 de 12 de 2017.] <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20Verdes.pdf>.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. "GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS". *MINISTERIO DEL AMBIENTE*. [En línea] 2010 . [Citado el: 26 de 03 de 2018.] <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/PNGIDS1.pdf>.

Semana de La Ciencia. Gestión y Tratamiento de Residuos Urbanos . *UNED*. [En línea] s.f . [Citado el: 30 de 11 de 2017.] http://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm#epig_4.

SI – Dirección de métodos, análisis e investigación. SENPLADES - Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. *Fichas de Cifras Generales del Cantón Cascales*. [En línea] 25 de 02 de 2014. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/2106_CASCALES_SUCUMBIOS.pdf.

Soto, Gabriela y Meléndez, Gloria. Cómo Medir la Calidad de los Abonos Orgánicos. *Departamento de Agricultura y Agroforestería, CATIE*. [En línea] 2004. [Citado el: 05 de 12 de 2017.] <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5911/A1909e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Suquilanda Valdivieso, Manuel B. Manejo Agroecológicos de Suelos. *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*. [En línea] 2017. [Citado el: 28 de 03 de 2018.] <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/libro/Manejo%20Agroecologico%20Suelos%20MSV.pdf>.

Takeshi, Arce. Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de 04 de 2018.] <file:///C:/Users/alexandra%20calle/Downloads/524-2765-1-PB.pdf>.

Tighe-Neira, Ricardo, y otros. Caracterización de compost a base de espinillo en relación a la norma CHILENA N°2880. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. [En línea] 2014. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] <http://www.redalyc.org/pdf/437/43731480012.pdf>.

Tortosa , Germán. Factores que influyen en el proceso de compostaje. *Compostando Ciencia*. [En línea] 28 de 04 de 2013. [Citado el: 21 de 12 de 2017.] <http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>.

Varnero , María Teresa , Rojas , Claudia y Orellana , Roberto. ÍNDICES DE FITOTOXICIDAD EN RESIDUOS ORGÁNICOS DURANTE EL COMPOSTAJE. *Scielo* . [En línea] 2007. [Citado el: 17 de 04 de 2018.] https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912007000100003.

Vesco, Laura Paulina. Residuos Solidos Urbanos. *Centro Latinoamericano de Estudios Locales*. [En línea] 31 de 08 de 2006. [Citado el: 29 de 11 de 2017.] <http://www.celadel.org/textos/buenos%20aires/Residuos%20Solidos%20Urbano.pdf>.


Villa, F, Aibar, J y Alarcón, R. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DEL COMPOST. *DIGITAL.CSIC*. [En línea] 02 de 06 de 2009. [Citado el: 20 de 12 de 2017.] <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>.

Yanque Huamaní , Lourdes. Importancia de los Abonos Orgánicos. *Revista de Investigación Científica* . [En línea] 2014. [Citado el: 28 de 03 de 2018.] <http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/42>.

Yañez , Paola, Levy , Alverto y Azero , Mauricio. Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados . *Scielo*. [En línea] 04 de 06 de 2007. [Citado el: 13 de 04 de 2018.] <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a06.pdf>.

ANEXOS

Anexo A: Análisis Físico-químicos del compot obtenido del GAD Municipal del Cantón Cascales.

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105	Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 107 134	
SPS: 16 - 0 014	Análisis de Suelos	

Coca, 29 de enero de 2016

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CASCALES.

Atm: Ing. Sugery Troya.
 Dirección: Cascales.


1.- Datos generales:


Recogidas por: Técnico Laboratorio LabSu-PEE-LABSU-01.
 Fecha hora de toma de muestra: 2 016 01 14 08:45.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio: 2 016 01 14 13:50.
 Fecha del análisis: 2 016 01 14 a 2 016 01 29.
 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 27,0°C T. Mín: 20,0°C
 Código de LabSu: Identificación de la muestra.
 s 12 252: Muestra de abono en la Planta de abono orgánico de la Planta de tratamiento de residuos sólidos del Cantón Cascales.
 Coordenadas:
 X: 254315 E
 Y: 00104800 N


2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	s 12 252	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	Materia orgánica	%	7,14	PEE-LABSU-67	GRAVIMETRICO
2	Carbono orgánico Total	%	4,14	PEE-LABSU-66	EPA 9060
3	Nitrógeno total	%	0,36	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2
4	Fósforo	mg/Kg	31,05	PEE-LABSU-73	Booker Tropical Soil Manual
5	Calcio	mg/Kg	42 041,24	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual
6	Potasio	mg/Kg	47 823,73	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual
7	Magnesio	mg/Kg	3 350,68	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual
8	Sodio	mg/Kg	8 072,14	PEE-LABSU-06/76	Booker Tropical Soil Manual

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Ing. Gilberto López Pérez
 DIRECTOR TÉCNICO




 Téc. Andres Solis Plaza
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

Anexo B: Análisis Físico-químicos de los residuos sólidos orgánicos

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/F/09-F001
	INFORME DE ANÁLISIS	Rev. 3 Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E17-0767
 Fecha emisión informe: 12-05-2017

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Calle Intriago Pastora Alexandra

Dirección: Nueva Loja barrio Aguarico

Teléfono: 0991460157

Correo Electrónico: munitoalexita29@hotmail.com

Provincia: Sucumbios

Cantón: Lago Agrio

N° Orden de Trabajo: 21-2017-067

N° Factura/Documento: 018-001-2633

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante solido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: ---	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Sucumbios	X: 254018
Cantón: Cascales	Y: 8884
Parroquia: Cascales	Altitud: 392
Muestreado por: Calle Alexandra	
Fecha de muestreo: 03/04/2017	Fecha de inicio de análisis: 08/05/2017
Fecha de recepción de la muestra: 03/05/2017	Fecha de finalización de análisis: 11/05/2017

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F170734	RSO	NT	PEE/F/14	%	1.26	---
		MO	PEE/F/09	%	75.45	---

*: Resultado obtenido por cálculo
 NT = Nitrógeno Total, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Edison Vega, Ing. Wilson Castro

Observaciones: Los resultados esta expresados en %p/p

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---



Ing. Wilson Castro
 Responsable Técnico Laboratorio
 de Calidad de Fertilizantes



12 MAY 2017

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

Anexo C: Análisis Físico-químicos de la sangre de res



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.27668

SA 34574a

Cliente:	CALLE INTRIAGO PASTORA ALEXANDRA	Lote:	---
Dirección:	LAGO AGRIO, BARRIO BRISAS DEL AGUARICO NUMERO 1	Fecha Elaboración:	---
Muestreado por:	El Cliente	Fecha Vencimiento:	---
Muestra de:	MUESTRA	Fecha Recepción:	27/04/2017
Descripción:	SANGRE DE RES	Hora Recepción:	10:03
		Fecha Análisis:	27/04/2017
		Fecha Entrega:	05/05/2017
		Código:	-----

Características Muestra	
Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Líquido
Contenido Declarado:	1kg
Contenido Encontrado:	-----
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio

RESULTADO FISICO-QUIMICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
MATERIA ORGANICA	%	99.14	MFQ-253	GRAVIMETRIA
NITROGENO TOTAL	%	2.28	MFQ-51	AOAC 2001.11



Ing. Lizeth Guevara
JEFE DIVISIÓN FISICO-QUIMICO

Anexo D: Análisis Físico-químicos del estiércol de Res.



INF.DIV-FQ.27669

SA 34574b

Cliente:	CALLE INTRIAGO PASTORA ALEXANDRA	Lote:	---
Dirección:	LAGO AGRIO, BARRIO BRISAS DEL AGUARICO NUMERO 1	Fecha Elaboración:	---
Muestreado por:	El Cliente	Fecha Vencimiento:	---
Muestra de:	MUESTRA	Fecha Recepción:	27/04/2017
Descripción:	ESTIERCOL DE RES	Hora Recepción:	10:03
		Fecha Análisis:	27/04/2017
		Fecha Entrega:	05/05/2017
		Código:	-----

Características Muestra	
Color:	Característico
Olor:	Característico
Estado:	Solido
Contenido Declarado:	1kg
Contenido Encontrado:	-----
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio

RESULTADO FISICO-QUIMICO

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA
MATERIA ORGANICA	%	98.47	MFQ-253	GRAVIMETRIA
NITROGENO TOTAL	%	0.33	MFQ-51	AOAC 2001.11



Ing. Lizeth Guevara
JEFE DIVISION FISICO-QUIMICO

Anexo E: Análisis Físico-químicos de las muestras iniciales

Pila 1.

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

Informe número: LN-F-E18-0127
Fecha emisión informe: 06-03-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: DIRECCIÓN DISTRITAL AGROCALIDAD SUCUMBIOS

Dirección: Barrio Brisas del Aguarico

Teléfono: 0980599777

Correo Electrónico: manitaalexita29@hotmail.com

Provincia: Sucumbios

Cantón: Lago Agrio

N° Orden de Trabajo: 21-2018-024

N° Factura/Documento: 018-001-3102

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: PCM	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Sucumbios	X: ---
Cantón: Lago Agrio	Y: ---
Parroquia: Nueva Loja	Altitud: ---
Muestreado por: Alexandra Calle	
Fecha de muestreo: 14/09/2017	Fecha de inicio de análisis: 26/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 19/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 05/03/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180122	14-EF PILA C. MUN.	NT	PEE/F/14	%	2.098	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	0.9328	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	4.3062	---
		MO	PEE/F/09	%	53.86	---

²: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

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

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

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---



**AGROCALIDAD**
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO


LABORATORIO DE CONTROL
DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
TUMBACO - ECUADOR

Ing. Melissa Rea
Responsable Técnica Laboratorio
de Calidad de Fertilizantes

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

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/F/09-F001
		Rev. 4
	INFORME DE ANÁLISIS	Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0128
 Fecha emisión informe: 06-03-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: DIRECCIÓN DISTRITAL AGROCALIDAD SUCUMBIOS

Dirección: Barrio Brisas del Aguarico

Teléfono: 0980599777

Correo Electrónico: manitaalexita29@hotmail.com

Provincia: Sucumbios

Cantón: Lago Agrio

N° Orden de Trabajo: 21-2018-024

N° Factura/Documento: 018-001-3102

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: CP2	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Sucumbios	X: ---
Cantón: Lago Agrio	Coordenadas: Y: ---
Parroquia: Nueva Loja	Altitud: ---
Muestreado por: Alexandra Calle	
Fecha de muestreo: 14/09/2017	Fecha de inicio de análisis: 26/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 19/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 05/03/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180123	14-GF CONT. PER.	NT	PEE/F/14	%	2.236	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	1.3070	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	3.1408	---
		MO	PEE/F/09	%	55.70	---

²: Resultado obtenido por cálculo

NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

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

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

Anexo Gráficos: ---

Anexo Documentos: ---



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
 TUMBACO - ECUADOR

Ing. Melissa Rea

Responsable Técnica Laboratorio de Calidad de Fertilizantes



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

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/F/09-F001
	INFORME DE ANÁLISIS	Rev. 4
		Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0129
 Fecha emisión informe: 06-03-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: DIRECCIÓN DISTRITAL AGROCALIDAD SUCUMBIOS

Dirección: Barrio Brisas del Aguarico Teléfono: 0980599777
 Correo Electrónico: manitaalexita29@hotmail.com
 Provincia: Sucumbios Cantón: Lago Agrio N° Orden de Trabajo: 21-2018-024
 N° Factura/Documento: 018-001-3102

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: CP3	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Sucumbios	Coordenadas: X: ---
Cantón: Lago Agrio	Y: ---
Parroquia: Nueva Loja	Altitud: ---
Muestreado por: Alexandra Calle	
Fecha de muestreo: 14/09/2017	Fecha de inicio de análisis: 26/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 19/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 05/03/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180124	14-IF CONT. PER.	NT	PEE/F/14	%	2.160	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	1.4934	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	3.3299	---
		MO	PEE/F/09	%	49.85	---

²: Resultado obtenido por cálculo
 NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

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

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

Anexo Gráficos: ---
 Anexo Documentos: ---




AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
 TUMBACO - ECUADOR
 Ing. Melissa Rea
Responsable Técnica Laboratorio de Calidad de Fertilizantes

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

Anexo F: Análisis Físico-químicos de las muestras finales del compost.

Pila 1

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

Informe número: LN-F-E18-0121
 Fecha emisión informe: 02-03-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: CALLE INTRIAGO PASTORA ALEXANDRA

Dirección: Barrio Brisas del Aguarico Teléfono: 0980599777
 Correo Electrónico: monitaalexita29@hotmail.com
 Provincia: Sucumbios Cantón: Lago Agrio N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-537
 N° Factura/Documento: 18-001-2991

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: 3-DF	Tipo de envase: funda plástica
Provincia: Sucumbios	X: ---
Cantón: Lago Agrio	Y: ---
Parroquia: Nueva Loja	Altitud: ---
Muestreado por: Alexandra Calle	
Fecha de muestreo: 03/02/2018	Fecha de inicio de análisis: 14/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 09/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 02/03/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180116	PILA CONTROL MUNICIPIO	NT	PEE/F/14	%	1.88	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	1.3057	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	3.4124	---
		MO	PEE/F/09	%	30.21	---

²: Resultado obtenido por cálculo
 NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

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

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

Anexo Gráficos: ---
 Anexo Documentos: ---



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
 TUMBACO - ECUADOR

Ing. Melissa Rea
 Responsable Técnica Laboratorio de Calidad de Fertilizantes



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

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE CALIDAD DE FERTILIZANTES Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	PGT/F/09-F001
	INFORME DE ANÁLISIS	Rev. 4
		Hoja 1 de 1

Informe número: LN-F-E18-0122
 Fecha emisión informe: 02-03-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: CALLE INTRIAGO PASTORA ALEXANDRA

Dirección: Barrio Brisas del Aguarico
 Teléfono: 0980599777
 Correo Electrónico: monitaalexita29@hotmail.com
 Provincia: Sucumbios Cantón: Lago Agrio
 N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-537
 N° Factura/Documento: 18-001-2991

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado
Lote: 3-FF	Tipo de envase: botella plástica
Provincia: Sucumbios	Coordenadas: X: --- Y: --- Altitud: ---
Cantón: Lago Agrio	
Parroquia: Nueva Loja	
Muestreado por: Alexandra Calle	
Fecha de muestreo: 03/02/2018	Fecha de inicio de análisis: 14/02/2018
Fecha de recepción de la muestra: 09/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 02/03/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180117	PILA AUTOCONTROL 2	NT	PEE/F/14	%	2.15	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	1.3046	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	4.1039	---
		MO	PEE/F/09	%	38.15	---

²: Resultado obtenido por cálculo
 NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

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

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

Anexo Gráficos: ---
 Anexo Documentos: ---


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

02 MAR 2018

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

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

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

Informe número: LN-F-E18-0123
 Fecha emisión informe: 02-03-2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: CALLE INTRIAGO PASTORA ALEXANDRA

Dirección: Barrio Brisas del Aguarico Teléfono: 0980599777
 Correo Electrónico: monitaalexita29@hotmail.com
 Provincia: Sucumbios Cantón: Lago Agrio N° Orden de Trabajo: F-18-CGLS-537
 N° Factura/Documento: 18-001-2991

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Fertilizante sólido orgánico	Conservación de la muestra: Envase apropiado	
Lote: 3-KF	Tipo de envase: botella plástica	
Provincia: Sucumbios	Coordenadas:	X: ---
Cantón: Lago Agrio		Y: ---
Parroquia: Nueva Loja		Altitud: ---
Muestreado por: Alexandra Calle		
Fecha de muestreo: 03/02/2018	Fecha de inicio de análisis: 14/02/2018	
Fecha de recepción de la muestra: 09/02/2018	Fecha de finalización de análisis: 02/03/2018	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN (FICHA TÉCNICA)
F180118	PILA AUTOCONTROL 3	NT	PEE/F/14	%	2.09	---
		² P ₂ O ₅	PEE/F/04	%	1.3433	---
		² K ₂ O	PEE/F/19	%	5.1363	---
		MO	PEE/F/09	%	36.63	---

²: Resultado obtenido por cálculo
 NT = Nitrógeno Total, P₂O₅ = Fósforo, K₂O = Potasio, MO = Materia Orgánica

Analizado Por: Ing. Melissa Rea, Ing. Mayra Quishpe, Ing. Edison Vega.
 Observaciones: Los resultados están expresados en % p/p.

Anexo Gráficos: ---
 Anexo Documentos: ---


AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE FERTILIZANTES
 TUMBACO - ECUADOR

Ing. Melissa Rea
 Responsable Técnica Laboratorio de Calidad de Fertilizantes

02 MAR 2018


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

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

Anexo G: Técnicas para determinar MO, pH , CE y IG

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

- Talar el crisol (105 grados centígrados por 2 h)
- Pasar al desecador por 30 minutos, enumerar 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:

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

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.
- 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.* (2005), 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 H: Desarrollo del proceso experimental .

1 Parte inicial del proceso de compostaje.

Fotografía 1. Relleno sanitario del GAD municipal del Cantón Cascales.



Fotografía 2. Pesado de los RSO



Fotografía 3. Pesado del material de partida (sangre).



Fotografía 4. Material de partida (RSO, sangre y estiércol de res).



Fotografía 5. Mezcla mecánica del material de partida.



Fotografía 6. Termómetro



Fotografía 7. Medición de la temperatura



2. Parte intermedia del proceso de compostaje

Fotografía 8. Hojas de mocora sobre las pilas.



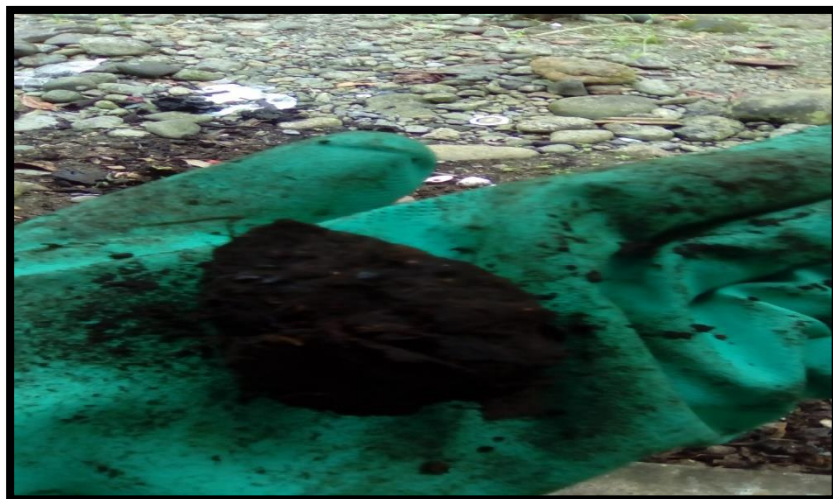
Fotografía 9. Control de la temperatura



Fotografía 10. Control de la temperatura



Fotografía 11. Control de la humedad



Fotografía 12. Volteo manual durante el proceso de compostaje.



Fotografía 13. Volteo mecánico durante el proceso de compostaje.



Fotografía 14. Método del cuarteo.



Fotografía 15. Muestreo.



3. Parte final del proceso de compostaje.

Fotografía 16. Preparación del compost para el proceso de maduración



Análisis de Laboratorio.

Fotografía 17. Muestras secadas al ambiente y etiquetadas



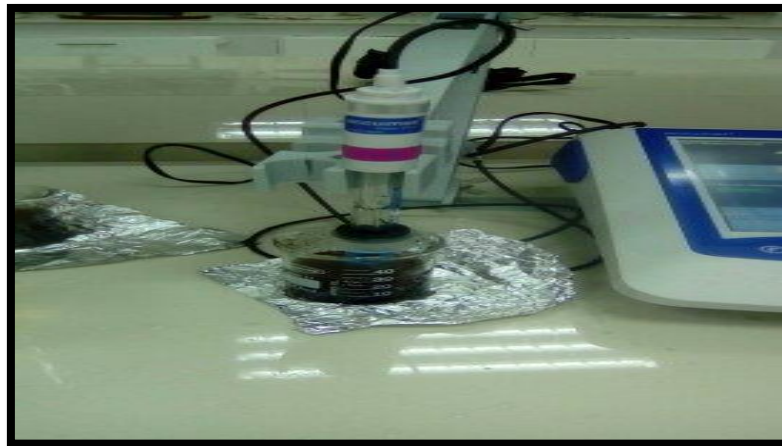
Fotografía 18. Secado con aire forzado de las muestras



Fotografía 19. Proceso de molienda de las muestras



Fotografía 20. Análisis de Conductividad Eléctrica de las muestras



Fotografía 21. Análisis del pH de las muestras.



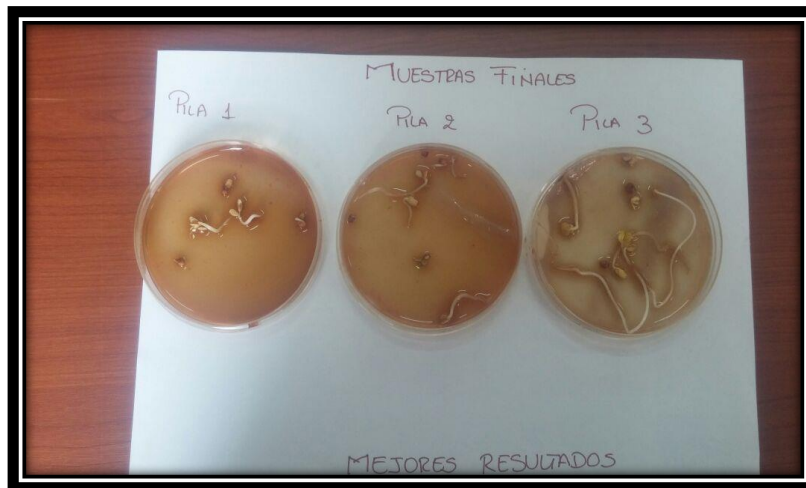
Fotografía 22. Análisis de Materia Orgánica de las muestras.



Fotografía 23. Análisis de Índice de Germinación de las 3 pilas.



Fotografía 24. Mejores resultados del IG en las muestras finales



Fotografía 25. Inferiores resultados IG en las muestras finales

