



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL
MERCADO MAYORISTA DE RIOBAMBA A ESCALA SEMI-
INDUSTRIAL**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: KLEBER ROLANDO NIQUINGA GUAMBO

DIRECTORA: Dra. LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Kleber Rolando Niquinga Guambo

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.

Yo, KLEBER ROLANDO NIQUINGA GUAMBO declaro que el presente trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de noviembre de 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Kleber Niquinga', with several large, overlapping loops and flourishes.

Kleber Rolando Niquinga Guambo

C.I. 180411468-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO MAYORISTA DE RIOBAMBA A ESCALA SEMI-INDUSTRIAL**”, de responsabilidad del señor **KLEBER ROLANDO NIQUINGA GUAMBO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés PhD PRESIDENTE DE TRIBUNAL	_____	2021-11-22
Dra. Lourdes Janeth Jara Samaniego PhD DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2021-11-22
Dr. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	2021-11-22

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado primeramente a Dios por darme la vida y cumplir uno de mis sueños pese a mi situación de salud.

A mi madre Rosita por apoyarme en cada momento crítico de mi vida, y así a pesar de mis circunstancias su ejemplo de luchadora me motivó a seguir cumpliendo mis retos. A mis hermanos Martha, Maribel, Euler, Fausto, Walter por ayudarme con sus consejos y granitos de arena. Y a mi padre quien está siempre en mi mente, pero en casa de Dios.

A mis hijos Bradley y Noelia quienes juntos a su madre Gissela, son el motor de la inspiración que me hace enfrentarme a la vida en las buenas y en las malas.

Kleber

AGRADECIMIENTOS

A mis hermanos por acompañarme a pesar de tiempo de pandemia, supieron ayudarme en el momento más necesitado durante el trabajo de investigación, realizado en mi prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, integrada por catedráticos quienes compartieron sus conocimientos.

Especial gratitud a mi directora de tesis, Dra. Janneth Jara por su valiosa colaboración de acuerdo a sus conocimientos y comprensión ante mis situaciones, a quien considero una gran persona de bendición de Dios para poder cumplir con este trabajo.

A mi asesor Ing. Anníbal Brito siendo coordinador (GIADE), Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH, pilar fundamental por el apoyo científico y tecnológico necesario.

A mis amigas Rudy Ramos y Norma Ugenio por integrar una amistad de elogio ante situaciones de ayuda anímica y mis amigos, Marco Tixe y Nestor Llangoma quienes en malos momentos estuvieron para brindarme su ayuda.

Kleber

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	4
1.2.	Residuos sólidos.....	5
1.3.	Clasificación de los residuos sólidos.....	5
1.4.	Residuos orgánicos.....	6
1.4.1.	<i>Residuos vegetales</i>	6
1.4.2.	<i>Residuos forestales</i>	7
1.5.	Compostaje.....	7
1.5.1.	<i>Sistemas de compostaje</i>	8
1.5.2.	<i>Etapas del compostaje</i>	11
1.5.3.	<i>Factores que modifican el proceso de compostaje</i>	12
1.5.4.	<i>Calidad del compost</i>	15

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.1.	Tipo de Investigación.....	17
2.2.	Diseño del estudio.....	17
2.3.	Unidad de análisis.....	17
2.4.	Lugar de estudio.....	17
2.4.1.	<i>Lugar de recolección de residuos sólidos</i>	17
2.4.2.	<i>Lugar experimental</i>	18
2.5.	Parte experimental.....	19
2.5.1.	<i>Recolección de residuos sólidos</i>	19
2.5.2.	<i>Construcción de las pilas</i>	19

2.5.3.	<i>Monitoreo del proceso de compostaje</i>	20
2.5.4.	<i>Refinado del compost</i>	22
2.5.5.	<i>Toma de muestras</i>	22
2.5.6.	<i>Determinación de la calidad del compost</i>	23

CAPÍTULO IV

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1.	Caracterización físico químicas de las muestras iniciales	27
3.2.	Parámetros estudiados	28
3.2.1.	<i>Parámetros de seguimiento del proceso</i>	28
3.2.2.	<i>Parámetros de la naturaleza del material de partida</i>	30
3.3.	Caracterización química de los tratamientos	32
3.3.1.	<i>Contenido de macronutrientes</i>	32
3.4.	Caracterización biológica de los tratamientos	34
3.4.1.	<i>Índice de germinación</i>	34
3.5.	Caracterización organoléptica de los componentes	34
3.5.1.	<i>Color</i>	34
3.5.2.	<i>Olor</i>	34

	CONCLUSIONES	35
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	36
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación de los residuos sólidos	5
Tabla 2-1: Comparación entre los sistemas abiertos y cerrados	9
Tabla 3-1: Niveles aceptables y valor óptimo de los parámetros para el compostaje.....	12
Tabla 4-1: Propiedades generales del compost comercial (OPS)	15
Tabla 5-1: Contenido de macroelementos en el compost (N, P, K).....	16
Tabla 1-2: Características de las pilas de compostaje.....	20
Tabla 2-2: Parámetros del proceso de compostaje.....	20
Tabla 3-2: Parámetros para determinar la calidad del compost maduro	23
Tabla 1-3: Caracterización físico-química de las muestras iniciales	27
Tabla 2-3: Relación C/N inicial en las pilas de compostaje.....	32
Tabla 3-3: Contenido de macronutrientes en el material de inicio y compost.....	33
Tabla 4-3: Índice de Germinación en el compost y el material inicial	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Disminución de peso y volumen en el proceso de compostaje.....	8
Figura 2-1: Clasificación y sub-clasificación de los sistemas de compostaje.....	8
Figura 3-1: Pilas estáticas con aireación pasiva.....	9
Figura 4-1: Pilas estáticas con aireación forzada.....	10
Figura 5-1: Pila con volteo mecánico	10
Figura 6-1: Etapas del compostaje.....	11
Figura 1-2: Mapa del lugar de recolección de los residuos sólidos	18
Figura 2-2: Mapa del centro de acopio de residuos sólido de la ESPOCH	19
Figura 3-2: Procedimiento para la determinación del pH y CE.....	21
Figura 4-2: Procedimiento para la determinación de materia orgánica	22
Figura 5-2: Método del cuarteo	23
Figura 6-2: Procedimiento para la determinación del índice de germinación	24
Figura 7-2: Procedimiento para la extracción.....	25
Figura 8-2: Procedimiento para la determinación de fósforo	25
Figura 9-2: Procedimiento para la determinación de potasio	26
Figura 10-2: Procedimiento para la determinación de nitratos.....	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Variación de temperatura en el proceso de compostaje	28
Gráfico 2-3: Variación de pH.....	29
Gráfico 3-3: Conductividad eléctrica en el compostaje.	30
Gráfico 4-3: Materia orgánica en el tiempo de compostaje	31

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CÁLCULO DE LA RELACIÓN C/N DE LOS MATERIALES DE PARTIDA
- ANEXO B:** ARMADO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE
- ANEXO C:** CONTROL DEL PROCESO
- ANEXO D:** ANÁLISIS DE LABORATORIO
- ANEXO E:** COMPROBANTE DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DENTRO DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CE	Conductividad eléctrica
CEFA	Comité Europeo para el Fomento de la Agricultura
CRR	Crecimiento de radícula relativo
EP-EMMPA	Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas
GADM	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal
GIRS	Gestión Integral de Residuos sólidos.
IG	Índice de germinación
PGR	Porcentaje de germinación relativo
pH	Potencial de hidrógeno
PIB	Producto Interno bruto
PNGIDS	Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos
PPC	Producción per cápita
OPS	Organización Panamericana de la Salud

RESUMEN

El objetivo de este trabajo técnico fue compostar residuos sólidos generados en el mercado mayorista San Pedro de Riobamba, ubicado en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Se formaron tres pilas de compostaje, pila 1: residuos de mercado 1200kg y tamo 200kg; pila 2: residuos de mercado 1000kg y poda 500kg; pila 3: residuos de mercado 900 kg, tamo 600kg y poda 300kg. Se determinaron las condiciones iniciales de las pilas a través de los parámetros: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica e índice de germinación. Durante todo el proceso de compostaje se controló la aireación, temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica. La temperatura más alta registrada correspondió a la pila 3 y fue de 62,4 grados Celsius. El período biooxidativo duró 184 días y la etapa de maduración 52 días. En el producto final se determinó la presencia de macronutrientes e índice de germinación para establecer la calidad del compost, siendo la pila 2 la que posee mayor cantidad de macro nutrientes, además los índices de germinación registrados fueron de 83,52%, 73,72% y 81,75% para las pilas 1, 2 y 3 respectivamente, de esta manera se comprobó que el compost presentó una calidad aceptable. Para reducir el tiempo de compostaje es recomendable triturar los residuos a una medida de 1cm a 4 cm.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <COMPOST>, <RESIDUOS DE MERCADO>, <RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.17 09:48:21 -05'00'



0307-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this technical work was to compost solid waste generated in the San Pedro de Riobamba wholesale market, located in Riobamba county, Chimborazo province. Three composting piles were formed: pile 1: market waste 1200kg and chaff 200kg; pile 2: market waste 1000kg and pruning waste 500kg; pile 3: market waste 900kg, chaff 600kg and pruning waste 300kg. The initial conditions of the piles were determined through the following parameters: pH, electrical conductivity, organic matter and germination index. Aeration, temperature, humidity, pH, electrical conductivity and organic matter were monitored throughout the composting process. The highest temperature registered (62.4 degrees Celsius), corresponded to pile 3. The biooxidative period lasted 184 days and the maturation stage 52 days. In the final product, the presence of macronutrients and the germination index were determined to establish the quality of the compost, resulting pile 2 the one with the highest amount of macronutrients. The germination indexes registered were 83.52%, 73.72% and 81.75% for piles 1, 2 and 3 respectively; thus, compost presented an acceptable quality. To reduce the composting time, it is recommended to shred the waste to a size from 1 cm to 4 cm.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <COMPOST>, <MARKET WASTE>, <ORGANIC SOLID WASTE>, <RIOBAMBA (COUNTY)>.



Firmado electrónicamente por:
PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

Dentro del ámbito económico, el sector de “agricultura, ganadería, silvicultura y pesca” se ubica en el cuarto puesto según su importancia, ya que contribuye con el 9,63% del producto interno bruto (PIB) (Sánchez et al., 2020, p. 1). Se ha estimado que del 100% de plantaciones, se cosecha alrededor del 89,06% debido a pérdidas ocasionadas por eventos climáticos como sequías y heladas; además del 100% de productos cosechados, se logra comercializar en torno al 91,14% (Sánchez et al., 2020, p. 2). A lo largo de la cadena de producción agrícola y su comercialización se generan residuos vegetales que pueden ser aprovechados mediante alternativas de valorización (Porras y Rodríguez, 2016, p. 101) que aportan múltiples beneficios en el área ambiental para los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), que son los encargados de la gestión integral de residuos sólidos en las ciudades (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador 2020, p.6). Conforme a la información levantada por el cuerpo técnico del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), en el 2019 de los 221 GADM, el 33% disponen los residuos en rellenos sanitarios, el 20% en celdas emergentes y el 47% en botaderos a cielo abierto; situación que se debe a varios factores como la deficiente capacidad técnica y operativa, escasos recursos económicos, pocas o nulas campañas de sensibilización a los ciudadanos, ausencia de proyectos de recuperación, reciclaje y valorización de residuos, así como las limitadas políticas dentro de este ámbito (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador, 2020, p. 4).

La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) se fundamenta en el máximo aprovechamiento de los residuos mediante su reincorporación en el ciclo productivo o su uso en la generación de energía y otros insumos (abonos) (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2014, p. 13). A escala internacional, los métodos de aprovechamiento de residuos orgánicos más usados son: compostaje y vermicompostaje (Porras y Rodríguez, 2016, p. 102). Aspecto que se corrobora a nivel nacional, ya que en 65 cantones se compostan parte de los residuos orgánicos, en 24 se emplea el vermicompostaje y en 10 se utiliza la metodología “bokashi”, que es una variante del compostaje (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador, 2020, p. 12).

El compostaje involucra la transformación o degradación de residuos, de modo que se obtiene productos estables que son generalmente utilizados como enmiendas o abonos para mejorar la calidad de los suelos de cultivo (López et al., 2017, p. 4). En este sentido, el compostaje es considerado como una opción viable para el tratamiento de residuos orgánicos, ya que los microorganismos aeróbicos son los encargados de humificar y mineralizar la materia orgánica obteniéndose así un abono o compost; cuya calidad depende del control de ciertos factores tales como: a) relativos al sustrato: relación C/N, tamaño de partícula, nutrientes, etc., y b) de

seguimiento del proceso: temperatura, humedad, aireación, pH, entre otros (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 1).

En la ciudad de Riobamba, el Mercado Mayorista “San Pedro de Riobamba”, es el más grande y está destinado a la comercialización al por mayor y menor de legumbres, hortalizas, cereales, frutas y demás productos de consumo masivo. Como resultado de la comercialización de todo tipo de productos, se generan entre 8 y 12 toneladas diarias de residuos, cifra que varía a lo largo de la semana dependiendo de la intensidad de la actividad comercial. Todos los residuos generados tienen como destino final el relleno sanitario de Porlón. En este sentido, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo la elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos recolectados en dicho mercado, para ello, los residuos sólidos fueron transportados al centro de acopio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) para ser utilizados como materia prima en mezcla con poda y/o cascarilla de arroz (tamo) con excretas de ratas del bioterio de la facultad de Ciencias.

Justificación

El presente proyecto se enmarca dentro de la sublínea de “tecnologías de tratamientos de recursos y residuos”, ya que se vincula con el compostaje que es un método de valorización de residuos de tipo orgánico. Además, este trabajo forma parte del proyecto de vinculación “Diseño e implementación del proyecto de producción, transformación, comercialización y promoción de consumo de la quinua y sus derivados, dentro de la actividad 6: Elaboración de abonos orgánicos” que cuenta con el auspicio del Comité Europeo para el Fomento de la Agricultura (CEFA), de la EMMPA San Pedro de Riobamba y del GADM Riobamba.

Es importante implementar metodologías que permitan de forma oportuna la gestión y el tratamiento de los residuos orgánicos, puesto que la disposición final de estos residuos en rellenos sanitarios o vertederos conlleva la emisión de gases de efecto invernadero, pérdida de nutrientes (Universidad Nacional de Costa Rica, 2014, p. 3), generación excesiva de lixiviados, así como la proliferación de vectores, produciendo de esta manera, impactos negativos en el medio biofísico (agua, aire y suelo), así como en la salud humana.

Ante la problemática presentada, en este proyecto se planea dar un tratamiento a los residuos orgánicos generados en el Mercado Mayorista “San Pedro de Riobamba” mediante su compostaje a nivel semi-industrial, ayudado por una clasificación selectiva en los puntos de origen y en las áreas de almacenamiento. Los principales beneficiarios de este proyecto son el GADM Riobamba, la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba” (EP-EMMPA) y la asociación de quinueros Sumak Tarpuy que utilizan el compost en sus labores de agricultura orgánica.

OBJETIVOS

General

- Elaborar compost a partir de los residuos orgánicos generados en el mercado mayorista “San Pedro de Riobamba”.

Específicos

- Realizar la caracterización de los residuos generados en el mercado Mayorista de Riobamba.
- Determinar los parámetros físico-químicos, químicos y biológicos de los residuos orgánicos.
- Compostar los residuos orgánicos determinando la calidad del abono obtenido

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

En el año 2019, la producción per cápita (PPC) de residuos sólidos a nivel nacional osciló entre los 0,84 Kg/día por cada habitante (INEC, 2019, p. 8), cifra que año tras año ha aumentado como consecuencia de una mayor capacidad adquisitiva de la población, así como de una mayor demanda (consumo). Paralelamente, el crecimiento poblacional ha ocasionado que la generación total de residuos sólidos a escala nacional incremente; la tendencia presente en cuanto al tipo de residuos corresponde a la siguiente distribución: 61% de residuos orgánicos y 39% de inorgánicos (11% plástico; 9,4% papel y cartón; 2,6% vidrio; 2,2% chatarra y el 13,3% otros residuos) (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador, 2020, p. 1).

Los residuos sólidos procedentes de los mercados son en mayor parte orgánicos, y debido a su biodegradabilidad pueden ser tratados mediante compostaje u otras metodologías (Cruz, 2019, p. 14), de modo que se generen beneficios ambientales y económicos (venta de abonos). A nivel local se ha evidenciado una problemática asociada a la generación de residuos sólidos del mercado mayorista de Riobamba, cuya producción oscila entre 8 a 12 toneladas, misma que tenía como destino final al relleno sanitario de Porlón.

A nivel local y nacional existen numerosas investigaciones relacionadas al compostaje de residuos orgánicos procedentes de mercados, es así que:

Jiménez (2015, p. 14) obtuvo compost a partir de los residuos orgánicos del mercado mayorista de Riobamba, restos de poda de árboles en general y de palma ornamental. El sistema implementado fue de pila abierta con volteo manual. Mediante una caracterización física-química y microbiológica se determinó que la calidad del compost fue adecuada para ser utilizado como fertilizante.

Pérez (2020, p. 22) determinó que el mercado municipal Ambato genera alrededor de 8592,5 kg/día de residuos sólidos, de ellos, 5936,60 kg/día son orgánicos. El diseño de la planta de compostaje abarcó un área para 47 pilas, cuyo volteo es manual, y cuya producción es de 108937,23 kg de compost cada 90 días.

Rivadeneira (2018, p. 18) elaboró compost a partir de los residuos orgánicos de los mercados municipales de la ciudad de Macas, a través de la técnica “takakura”; construyó 9 camas y 9 pilas que contenían residuos, aserrín y semilla “takakura”, y durante el proceso controló los siguientes parámetros: temperatura, humedad y pH. Las características del producto final revelaron que era

viable su uso en la agricultura (relación C/N y concentración de metales pesados conforme a la norma).

Además es importante señalar que a nivel nacional, ciertos GADM utilizan el compostaje como alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos, tal es el caso del GADM Cuenca y Macas (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador, 2020b, pp. 48 - 49).

1.2. Residuos sólidos

Los residuos sólidos son aquellos materiales o desechos que proceden de las actividades productivas o de consumo, y que no poseen alguna utilidad (CELEC, 2015, p. 7). A nivel mundial, su manejo constituye una problemática que se ve afectada por factores como el crecimiento poblacional, la concentración demográfica, cambios en los patrones de consumo y el desarrollo ineficaz de los sectores productivos (Sáenz, Urdaneta y Joheni, 2014, p. 122).

1.3. Clasificación de los residuos sólidos

Segura, Rojas y Pulido (2020, p. 2) refieren que *“la clasificación de la clasificación de los residuos varía según las normas ambientales de cada país, e inclusive por la tipología y cantidad de residuos que más se generen en ese territorio”*. Por otra parte, organismos como la Organización Panamericana de la Salud (OPS) clasifican los residuos según su capacidad de fermentación, inflamabilidad y procedencia (Bustos, 2009, p. 123).

A continuación se presenta la clasificación de residuos sólidos sugerida por Bustos (2009, p. 124)

Tabla 1-1: Clasificación de los residuos sólidos

TIPO	CLASES	EJEMPLOS
Doméstico y Comercial	Orgánicos (combustibles)	Restos de comida, papel de todo tipo, cartón, madera, residuos orgánicos de alimentos y desechos de jardín.
	Inorgánicos (incombustibles)	Latas, Aluminio, metales ferrosos, vidrio. Artículos voluminosos (línea marrón): muebles, lámparas, bibliotecas, archivadores. Línea blanca: cocinas, hornos, neveras, lavadoras y secadoras. Pilas y baterías provenientes de artículos domésticos y vehículos.
	Especiales	Aceites y cauchos generados por automóviles

Institucionales	Igual que los domésticos y comerciales	Se generan en instituciones gubernamentales, escolares, hospitales y cárceles.
Construcción y demolición	Construcción	Ladrillos, hormigón, piedras, suciedad, maderas, grava, piezas de fontanería, calefacción y electricidad.
	Demolición	Similar a los desechos de construcción, pero pueden incluir vidrios rotos, plásticos y acero de reforzamiento.
Servicios municipales	Difusos	Limpieza de calles, playas, cuencas, parques, y otras zonas de recreo, paisajismo, y animales muertos.
Plantas	Plantas de tratamiento	Fangos provenientes del tratamiento de agua residuales.
	Plantas de incineración	Cenizas, vidrio, cerámica, metales, madera.
Industriales		Desechos de plantas de procesos industriales, chatarra, desechos especiales y peligrosos.
Agrícola y pecuarios		Desechos de cultivos y estiércol generado por la ganadería de leche y engorde.

Fuente: Bustos (2009, p. 124).

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

1.4. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son aquellos que se generan naturalmente a lo largo del ciclo vital (fisiología de los seres vivos), o son el resultado de la explotación antropogénica de recursos bióticos – por ejemplo: combustibles, papel, etc. Debido a su capacidad de degradación o transformación en otro tipo de materia orgánica, se plantean para su valorización alternativas como el compostaje y el reciclaje (Chávez Porras y Rodríguez González, 2016, p. 96).

Su clasificación en función a la naturaleza y características físicas, es: 1) residuos de alimentos, 2) estiércol, 3) residuos vegetales (incluye a los residuos forestales), 4) cuero, 5) papel y cartón, y 6) plásticos; estos dos últimos grupos son considerados como orgánicos ya que su fabricación involucra el uso de compuestos orgánicos, y dadas sus características complejas, su aprovechamiento requiere de procesos más costosos (Jaramillo y Zapata, 2008, p. 29).

1.4.1. Residuos vegetales

Los residuos vegetales son aquellos que se generan en la producción agrícola, por tanto pueden corresponder a los residuos de podas, de cosecha (como frutos dañados que no se pueden vender),

de deshierbe y otras actividades complementarias (Chávez Porras y Rodríguez González, 2016, p. 101). La comercialización es una actividad complementaria en el ámbito agrícola, los residuos procedentes de mercados constituyen una buena materia prima para el aprovechamiento de residuos orgánicos, en especial para la producción de compost y otros fertilizantes (Jaramillo y Zapata, 2008, p. 27).

1.4.2. Residuos forestales

Los residuos forestales son aquellos que proceden de cultivos o plantaciones forestales; debido al ciclo de cultivo de los árboles (perenne), los residuos proceden principalmente de las podas periódicas (raleo de ramas). Sus propiedades energéticas, así como su manejo inadecuado pueden generar un impacto negativo en el ambiente al favorecer la propagación de incendios y la proliferación de plagas de cultivos aledaños (Chávez Porras y Rodríguez González, 2016, p. 101).

1.5. Compostaje

López et al (2017, párr. 4) definen al compostaje como *“una tecnología que permite transformar residuos y subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como enmiendas y/o abonos del suelo y como sustratos para cultivo sin suelo, disminuyendo el impacto ambiental de los mismos”*. Este proceso básicamente simula la descomposición natural, y potencia las condiciones de manejo con la finalidad de reducir el tiempo de degradación, incrementando así su productividad (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador, 2020b, p. 14).

El compost provee un sinnúmero de beneficios al suelo, sin embargo su éxito depende de aspectos como su grado de maduración y estabilidad (Grijalva, 2013, p. 3). Entre los beneficios del compost maduro destacan: a) mejora las condiciones y características físico-químicas y biológicas del suelo, b) aporta diversos macro y micronutrientes a las plantas (disponibilidad a corto, mediano y largo plazo), c) el aporte de materia orgánica favorece tanto la retención como el drenaje de agua, d) da un valor agregado a los residuos de tipo orgánico, y e) disminuye los olores y el volumen de lixiviados por disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios o vertederos (Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador, 2020b, p. 14).

El flujo de materiales en el compostaje es hacia el medio, es así que si se trata aproximadamente 100 Kg de residuos, se obtendrá alrededor de 30 a 40 Kg de producto final o compost, dado que en el proceso de degradación se forma agua y dióxido de carbono, gases que se evaporan (Alcolea y González, 2000, p. 14).

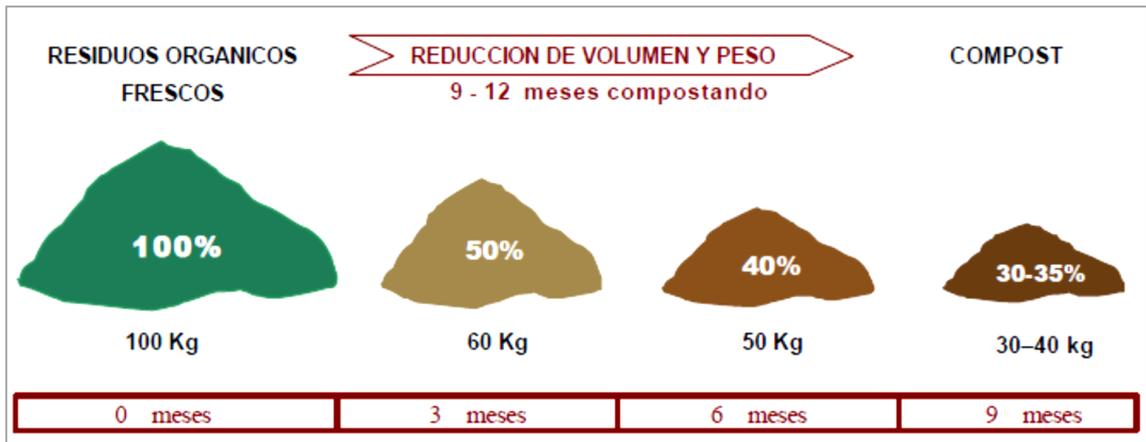


Figura 1-1: Disminución de peso y volumen en el proceso de compostaje
Fuente: Alcolea y González, (2000, p. 14).

1.5.1. Sistemas de compostaje

De manera general se establecen dos sistemas de compostaje: abiertos y cerrados (Bravo, 2007, p. 1; Longoria et al, 2014, p. 188).

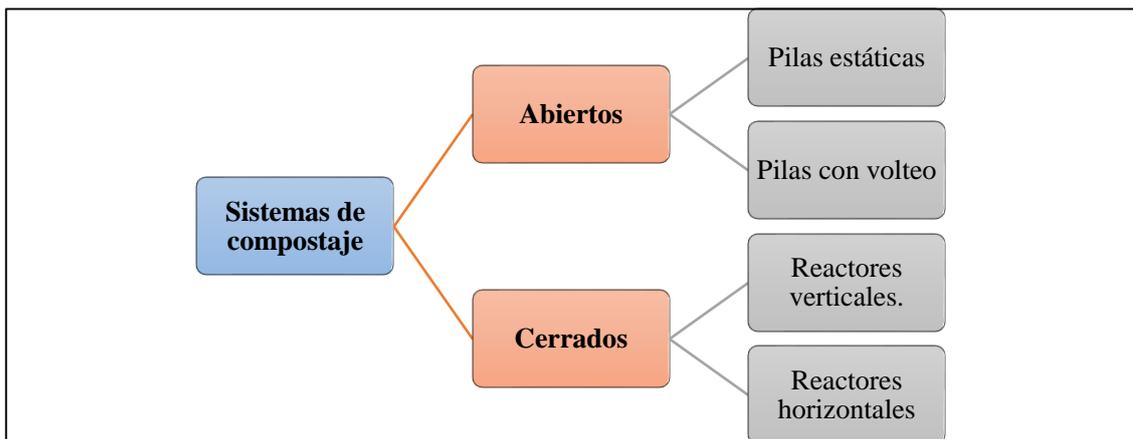


Figura 2-1: Clasificación y sub-clasificación de los sistemas de compostaje
Fuente: Bravo (2007, p.1).
Realizado por: Niquinga, K. 2021.

La selección de un sistema depende de factores como el clima, disponibilidad de espacio, necesidad de abreviar el compostaje, infraestructura (Bravo, 2007, p. 2), tipo y cantidad de residuos, así como aspectos económicos (Alcolea y González 2000, p. 25; Bravo, 2007, p. 2).

Tabla 2-1: Comparación entre los sistemas abiertos y cerrados

Elementos de comparación	Sistemas abiertos	Sistemas cerrados
<i>Superficie</i>	Grande	Reducida
<i>Tecnología</i>	Sencilla	Sofisticada
<i>Sistema</i>	Discontinuo/ semicontinuo	Semicontinuo/ continuo
<i>Inversión</i>	De baja a moderada	De elevada a muy elevada
<i>Costos de explotación</i>	Variables según las estructuras	Elevados
<i>Consumo energético</i>	Bajo/ medio	Medio/ elevado
<i>Mano de obra</i>	Variable según la instalación	Especializado
<i>Duración de la descomposición</i>	Semanas	De 3 a 15 días
<i>Olores</i>	Problemas si no hay aireación	Aireación controlada

Fuente: Longoria et al. (2014, p. 188).

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

1.5.1.1. Sistemas abiertos

a) Pilas estáticas

- Pilas estáticas con aireación pasiva: Para favorecer la aireación de la pilas se emplean tuberías que permiten el movimiento de las masas de aire por convección, el flujo se da desde la parte inferior hacia la superior de la pila (Bravo, 2007, p. 2).



Figura 3-1: Pilas estáticas con aireación pasiva

Fuente: Bravo (2007, p. 3).

- Pilas estáticas con aireación forzada: Permite controlar de mejor manera la concentración de oxígeno. La aireación se realiza por medio de un dispositivo de inyección de aire ligado a un termostato, y el flujo puede ser continuo o discontinuo (Bravo, 2007, p. 3-4).



Figura 4-1: Pilas estáticas con aireación forzada
Fuente: Bravo (2007, p. 4)

b) Pilas con volteo

En este sistema, la pila de compostaje se remueve de forma periódica; los factores que condicionan la frecuencia del volteo son: tipo de material, temperatura y humedad. El objetivo de voltear la pila permite homogenizar el material, eliminar el calor excesivo y controlar de mejor manera la humedad (Bravo, 2007, pp. 4-5).



Figura 5-1: Pila con volteo mecánico
Fuente: Bravo (2007, p. 5).

El volteo puede darse de forma manual o mecánica, para el primer caso la altura deseable de la pila es de 1,5 m para facilitar el volteo (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 49).

1.5.1.2. Sistemas cerrados

En los sistemas cerrados o reactores se da un mejor control de los parámetros de seguimiento del proceso, el tiempo de residencia es menor, y se puede realizar un proceso continuo. Los reactores de flujo vertical tienen una altura de 4 m o más, y cuentan con un sistema de aireación forzada; mientras que los reactores de flujo horizontal tienen un depósito rotatorio, o en caso de ser estáticos cuentan con un sistema de agitación (Bravo, 2007, p. 7).

1.5.2. Etapas del compostaje

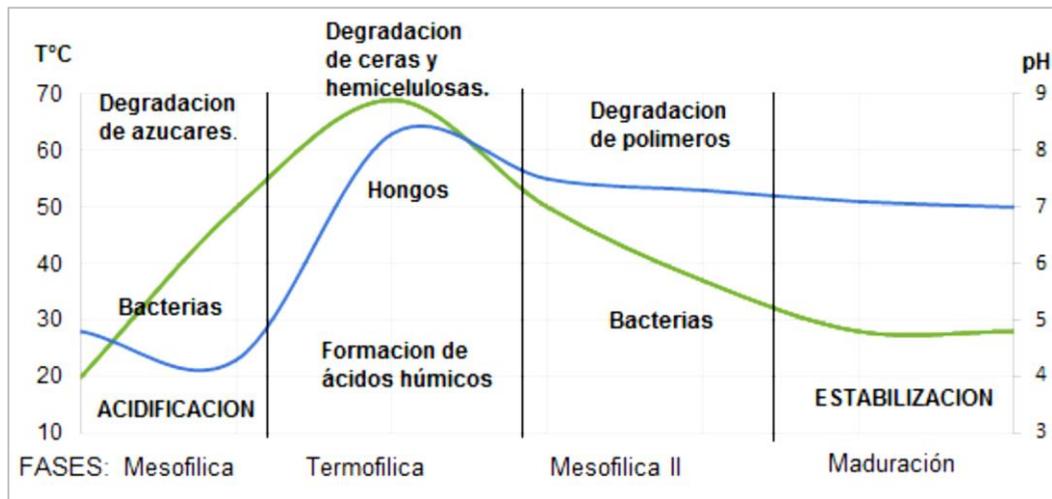


Figura 6-1: Etapas del compostaje

Fuente: Angulo y Lizonde (2020, p. 5).

Conforme a la figura 1-6 se identifican 4 fases del compostaje: mesófila, termófila, mesófila II o de enfriamiento y de maduración o estabilización.

1.5.2.1. Mesófila

Esta etapa dura entre 2 y 8 días, en ella, los residuos empiezan a compostarse y en un lapso corto de tiempo (pocos días u horas), la temperatura empieza a ascender hasta los 45°C. El aumento de temperatura registrado se debe a la actividad microbiana (hongos y bacterias mesófilos); además el pH desciende como consecuencia de la descomposición de azúcares en ácidos orgánicos. (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 23; Jiménez, 2015, p. 35).

1.5.2.2. Termófila

En esta etapa, la temperatura asciende sobre los 45 °C, por tanto los microorganismos mesófilos son reemplazados por los termófilos, los cuales degradan ceras, hemicelulosa y en pequeña cantidad celulosa y lignina (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 23; Jiménez, 2015, p. 36). En cuanto al pH, éste asciende (alcalino) como resultado de la transformación del nitrógeno en amoníaco (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 23).

Temperaturas sobre los 55°C permiten la eliminación de semillas de malezas y patógenos que afectan al hombre y a los cultivos (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 24; Jiménez, 2015, p. 36).

1.5.2.3. De enfriamiento

Cuando se agotan las fuentes de carbono y nitrógeno de los residuos, la temperatura disminuye hasta los 40 y 45°C, por lo tanto, los microorganismos mesófilos reinician su actividad. En esta fase continúa la descomposición de la celulosa (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 24).

1.5.2.4. De maduración

En esta etapa se forman los ácidos húmicos y fúlvicos (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 24). La duración de esta fase es de aproximadamente 20 días (Jiménez, 2015, p. 36).

1.5.3. Factores que modifican el proceso de compostaje

El compostaje es modificado por factores relacionados a la naturaleza de los residuos o sustrato, y los vinculados al seguimiento del proceso (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 1). A continuación, se presenta la tabla 1-3, misma que contiene los niveles aceptables y el valor óptimo de algunos parámetros del compostaje:

Tabla 3-1: Niveles aceptables y valor óptimo de los parámetros para el compostaje

Factor considerado	Intervalo aceptable	Valor óptimo
Composición inicial de la mezcla, relación C/N	25 a 35:1	30:1
pH en la mezcla inicial	6,5 a 8,5	7
Contenido de humedad de la mezcla durante el compostaje (%)	40 - 60	60
Contenido de oxígeno en el aire dentro de la cámara de compostaje (%)	>5%	Mínimo 10%

Temperatura en la etapa termófila (°C)	40 - 65	60
Tamaño de partícula de los materiales (cm)	En general de 1 a 5 cm, y para materiales leñosos de 1 a 2 cm	1 – 2 cm

Fuente: Longoria et al (2004, p. 188).

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

1.5.3.1. Parámetros de seguimiento

a) *Temperatura:*

La temperatura varía dependiendo de la fase o etapa del proceso de compostaje (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 28). En función de la temperatura se puede determinar la eficiencia y el nivel de estabilización del proceso, dado que existe una relación directa entre las variables: temperatura y el grado de descomposición de la materia orgánica (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 2).

En el caso que la temperatura sea demasiado alta, se inhibe el crecimiento microbiano, produciéndose el fenómeno denominado “suicidio microbiano” (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 2).

b) *Humedad*

La humedad se refiere a la cantidad de agua, aspecto necesario en el metabolismo microbiano ya que el agua es el medio para el transporte de sustancias (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 27). La pérdida de humedad se produce por el incremento de la temperatura; durante el compostaje la humedad debe oscilar entre el 40 y 60% (Longoria et al, 2014, p. 188), y para el compost maduro está en torno al 15 y 30% (Angulo y Lizonde, 2020, p. 6).

c) *pH*

El pH depende de las características de los residuos o materiales de origen, así como de la fase del compostaje. El crecimiento y multiplicación microbiana se vincula con el pH, es así que la actividad bacteriana alcanza su pico en un pH de 6 a 7,5, mientras que la actividad fúngica es elevada en un pH de 5,5 a 8. El rango de pH a lo largo del proceso varía entre 4,5 a 8,5 (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 29).

1.5.3.2. *Parámetros de la naturaleza del sustrato*

a) *Tamaño de partícula:*

Este parámetro es importante para la optimización del compostaje, ya que, a mayor superficie expuesta a la actividad microbiana por unidad de masa, el proceso será más rápido y completo. Sin embargo, es importante señalar que no es aconsejable tener un material muy fino debido a que la compactación limita el intercambio gaseoso y ocasiona un colapso microbiano. Las medidas catalogadas como óptimas oscilan entre 1 y 5 cm, aunque también se sugiere que vayan de 2 a 5 cm (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 5).

b) *Relación C/N:*

La relación C/N de los residuos de partida debe ser adecuada para que de esta manera se aproveche y retenga estos dos elementos. Se ha determinado que los requerimientos de los microorganismos es: 30 partes de carbono por una de nitrógeno (30:1), por tanto el intervalo aceptable de C/N para el material inicial es de 25 a 35, mientras que para el compost maduro es próxima a 10 (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, pp. 5 - 6).

c) *Nutrientes:*

La composición del material de partida determina la disponibilidad de elementos nutritivos a lo largo del proceso de compostaje. Los elementos de mayor importancia presentes en los residuos son C, N y P, que son requeridos para el crecimiento de los microorganismos; adicionalmente para este fin son necesarios ciertos microelementos que intervienen en la síntesis enzimática y el transporte intra y extracelular (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 6).

d) *Materia Orgánica:*

La materia orgánica está vinculada con la calidad agronómica del compost. En el proceso, la materia orgánica decrece debido a la mineralización (pérdida de C en forma de anhídrido carbónico). La velocidad de degradación de la materia orgánica depende de sus características físicas y químicas, del metabolismo microbiano y las condiciones del proceso (humedad, pH, temperatura y aireación) (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 7).

e) *Conductividad eléctrica:*

La conductividad eléctrica está dada por la concentración de sales de los residuos de partida y la presencia de iones como el amonio y el nitrato formados en el transcurso del proceso. Este parámetro aumenta durante el compostaje a causa de la mineralización de la materia orgánica. Por otra parte, si la conductividad eléctrica desciende nos indica que hay lixiviación provocada por una excesiva humectación (Bueno, Díaz y Cabrera, 2013, p. 8).

1.5.4. Calidad del compost

El compost es “*un material sólido particulado, que ha sido higienizado y estabilizado por un proceso de tratamiento biológico*”(Ansorena, Batalla y Merino, 2014, p. 2). Desde el punto de vista agronómico, se puede aplicar el compost semi-maduro (fase de enfriamiento) o maduro, el primero posee una elevada actividad microbiológica y un mayor porcentaje de nutrientes que son asimilables por las plantas, no obstante al tener un pH relativamente inestable no es aconsejable utilizarlo como sustrato para la germinación (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 43).

La calidad del compost depende directamente del uso que se le va dar, y puede ser valorado en función de criterios agronómicos y legales, por ejemplo: de acuerdo a la normativa española, un compost tipo B contiene metales pesados, por tanto se restringe su uso en el campo agrícola, pero se autoriza su uso para el sellado de vertederos o la recuperación de suelos afectados por actividades mineras o industriales (Ansorena, Batalla y Merino, 2014, p. 4).

La calidad del compost se establece a partir de sus características organolépticas, físico-químicas y biológicas. La tabla presentada a continuación contiene las propiedades de un compost de índole comercial, cuyos valores son establecidos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Tabla 4-1: Propiedades generales del compost comercial (OPS)

PROPIEDADES	RANGO NORMAL
Contenido de humedad (%)	30 -50
Materia inerte (%)	30 – 70
Contenido orgánico (%)	10- 30
pH	6 -9
Tamaño máximo de partículas (mm)	2-10

Fuente: Altamirano y Cabrera (2006, p. 80).

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

Además, el contenido de macroelementos recomendable para que el compost sea usado como fertilizante es:

Tabla 5-1: Contenido de macroelementos en el compost (N, P, K)

NUTRIENTE	CANTIDAD EN COMPOST (%)
Nitrógeno	0,3 – 1,5/ (3 a 5 g por Kg de compost)
Fósforo	0,1 – 1/ (1 a 10 g por Kg de compost)
Potasio	0,3 -1/ (3 a 10 g por Kg de compost)

Fuente: Román, Martínez y Pantoja, (2013, p. 36).

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Conforme al tipo de datos, la presente investigación es cuantitativa. Se recopiló información de las variables vinculadas al proceso de compostaje como son la temperatura, conductividad, pH y materia orgánica. Adicionalmente se caracterizó el producto final o compost, obteniéndose de esta manera datos referentes al índice de germinación y la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, principales elementos requeridos para el desarrollo vegetativo.

2.2. Diseño del estudio

El diseño de la presente investigación es experimental, la variable que se modificó fue el material que aporta carbono a la pila de compostaje (tamo, restos de poda o ambos). Las variables de control fueron monitoreadas en las 3 pilas de compostaje, y el producto final de cada una de las pilas fue evaluado.

2.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis de este estudio corresponde a las 3 pilas de compostaje, así como al compost procedente de cada una de ellas.

2.4. Lugar de estudio

2.4.1. *Lugar de recolección de residuos sólidos*

El sitio de recolección de residuos sólidos correspondió a la “Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba”, que se encuentra localizada en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.



Figura 1-2: Mapa del lugar de recolección de los residuos sólidos
 Realizado por: Niquinga, K. 2021.

2.4.2. Lugar experimental

El lugar experimental fue el centro de acopio de residuos sólidos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), mismo que se sitúa en la zona noroeste de la institución educativa – diagonal al centro meteorológico.



Figura 2-2: Mapa del centro de acopio de residuos sólido de la ESPOCH
 Realizado por: Niquinga, K. 2021.

2.5. Parte experimental

2.5.1. Recolección de residuos sólidos

La recolección de residuos sólidos del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba se realizó en coordinación con el personal de limpieza. Una vez los residuos arribaban al centro de acopio, se procedió a su clasificación en: residuos vegetales plástico, cartón, vidrio y otros.

Para el proceso de compostaje se seleccionó únicamente los residuos orgánicos de procedencia vegetal, descartando de este grupo, los tallos de los racimos de plátano por su dificultad para triturarlos.

2.5.2. Construcción de las pilas

Los materiales de tipo orgánico empleados para la construcción de las pilas de compostaje fueron: residuos orgánicos procedentes del mercado mayorista, restos de poda (hojas y ramas) obtenidos en la ESPOCH y cascarilla de arroz, en mezcla con excretas de ratas, proveniente de la cama de los roedores del bioterio de la ESPOCH. Tanto los residuos de mercado como los restos de poda fueron triturados de modo que se obtuvieron trozos de 3 a 5 cm aproximadamente.

Previo al armado de las pilas se realizó una estimación de la relación C/N a través de la calculadora en línea desarrollada por la Universidad de Cornell (disponible en: <http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html>).

Tabla 1-2: Características de las pilas de compostaje

# PILA	MATERIAL	MASA (Kg)	ESTADO	RELACIÓN C/N
1	Residuos de mercado	1200	Sólido y triturado	31,69
	Tamo	200	Sólido	
2	Residuos de mercado	1000	Sólido y triturado	29,18
	Poda	500	Sólido y triturado	
3	Residuos de mercado	900	Sólido y triturado	32,87
	Tamo	600	Sólido	
	Poda	300	Sólido y triturado	

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

Una vez elegida el área destinada para la colocación de las pilas, se procedió al armado de las mismas, para ello se colocaron los residuos en capas sucesivas hasta que las pilas adquirieron una altura aproximada de 1,5 m.

2.5.3. Monitoreo del proceso de compostaje

El período de monitoreo correspondió a los 279 días que duró el proceso de compostaje y las mediciones de los parámetros de control del proceso se realizaron de la siguiente manera:

Tabla 2-2: Parámetros del proceso de compostaje

TIPO DE PARÁMETRO	PARÁMETRO	FRECUENCIA O DÍAS	EQUIPO	TIPO DE PRUEBA	TIPO DE MEDICIÓN
De seguimiento del proceso	Temperatura	Hasta los 54 días: 3 veces por semana	Termómetro digital	In situ	Lectura directa
	Humedad	Hasta los 97 días: 2 veces por semana Hasta los 279 días: 1 vez por semana	Higrómetro de jardín		Lectura directa
	Materia orgánica	Días: 0 (muestra)	Mufla	Laboratorio de	Ecuación:

De la naturaleza del sustrato		inicial), y con los volteos: 69,133, 175, 196 y 236.		Protección ambiental	$MO = \frac{P1 - P2}{P1 - P0} \times 100$ Donde: P0: Masa en g del crisol vacío. P1: Masa en g del crisol más la muestra seca. P2: Masa en g del crisol más la muestra calcinada
	Conductividad eléctrica (CE)		Medidor multiparámetro (pH y CE)	Laboratorio de Investigación	Lectura directa
	pH				

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

Transcurridas 24 horas del armado de las tres pilas de compostaje, se procedió a la medición de la temperatura y humedad y su respectivo registro en las hojas de control. Para las mediciones se seleccionaron 5 puntos aleatorios dentro de las pilas (3 superficiales y 2 a los laterales). Para la determinación de la conductividad eléctrica y el pH, la metodología aplicada se presenta en la siguiente figura:

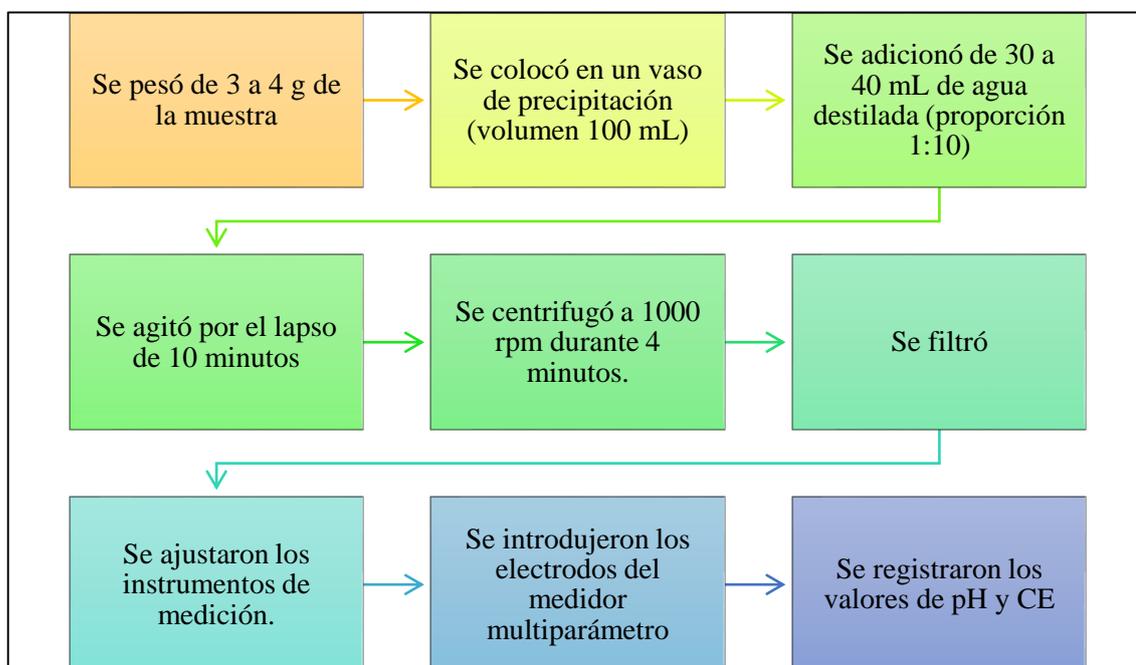


Figura 3-2: Procedimiento para la determinación del pH y CE

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

El procedimiento para determinar la cantidad de materia orgánica fue:

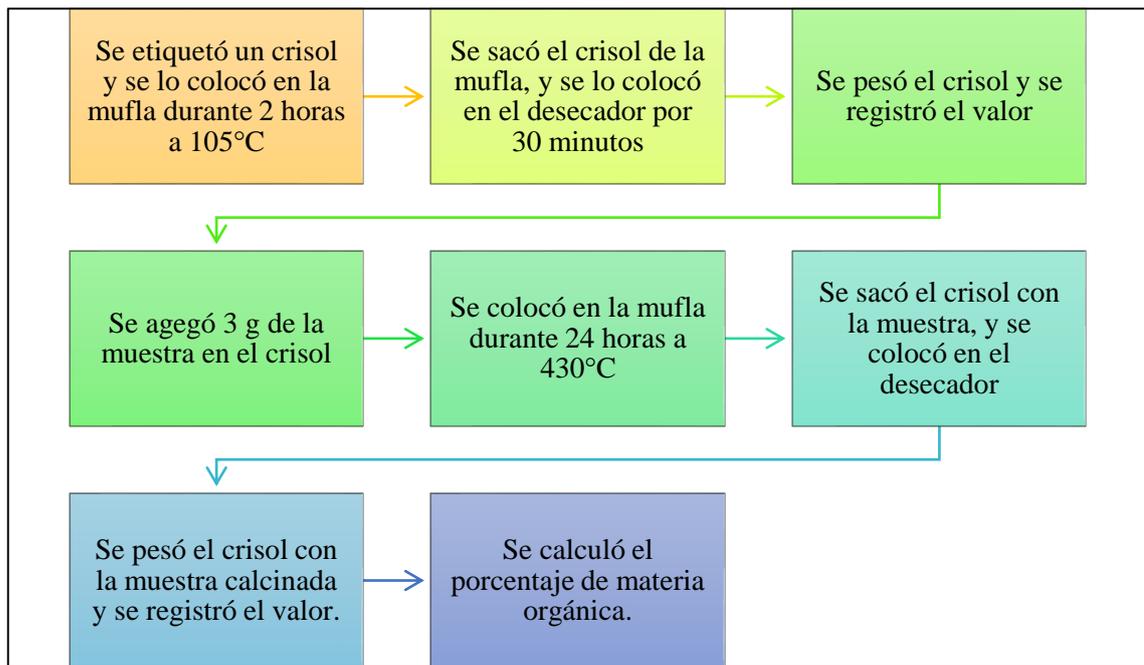


Figura 4-2: Procedimiento para la determinación de materia orgánica
 Realizado por: Niquinga, K. 2021.

En cuanto a la aireación, el volteo fue manual y se realizó cuando la temperatura de las pilas de compostaje fue inferior a 21°C. Se realizó un total de 5 volteos.

2.5.4. Refinado del compost

Concluido el proceso de compostaje, se eliminaron los elementos gruesos del compost maduro. Se utilizó una malla o tamiz, cuyos orificios de forma cuadrada tenía 0,5 cm de lado.

2.5.5. Toma de muestras

Para los análisis se recolectaron muestras de los materiales iniciales, así como de la pila (compost no maduro) y el producto final (compost maduro). Para la toma de muestras se aplicó el método del cuarteo, por tanto, se recolectaron 2 submuestras de los lados opuestos no eliminados, hasta obtener una muestra de 1 Kg para los análisis de laboratorio posteriores.

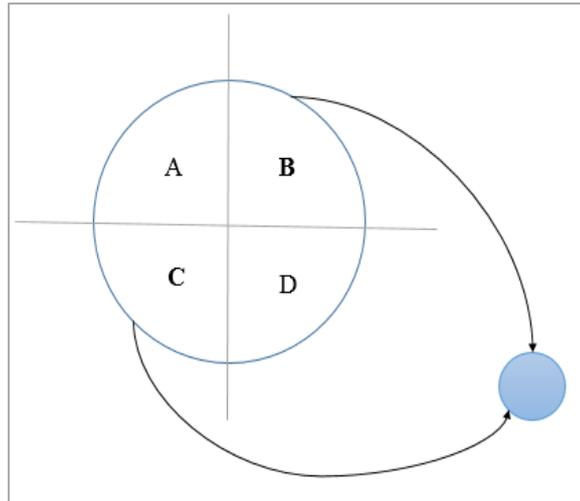


Figura 5-2: Método del cuarteo
Realizado por: Niquinga, K. 2021.

Para el transporte y almacenamiento de las muestras se utilizaron fundas plásticas con sello hermético (ziploc).

El tratamiento previo a los análisis fue el secado de las muestras a 105°C en una estufa, hasta que la masa permanezca constante. Por cada pila se tomaron 6 muestras, haciendo un total de 18 muestras a analizarse.

2.5.6. Determinación de la calidad del compost

Para determinar la calidad del compost, los parámetros analizados fueron:

Tabla 3-2: Parámetros para determinar la calidad del compost maduro

TIPO DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	DÍA DE TOMA DE LA MUESTRA	EQUIPO	LABORATORIO
Biológico	Índice de germinación (IG)	Día 0 y 236 (último volteo)	<ul style="list-style-type: none"> • Incubadora 	De biotecnología
Químico	Nitrógeno (N)		<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro • Cabina extractora de gases • pH metro 	De investigación
	Fósforo (P)			
	Potasio (K)			

Realizado por: Niquinga, K. 2021.

El procedimiento para la determinación del índice de germinación fue:

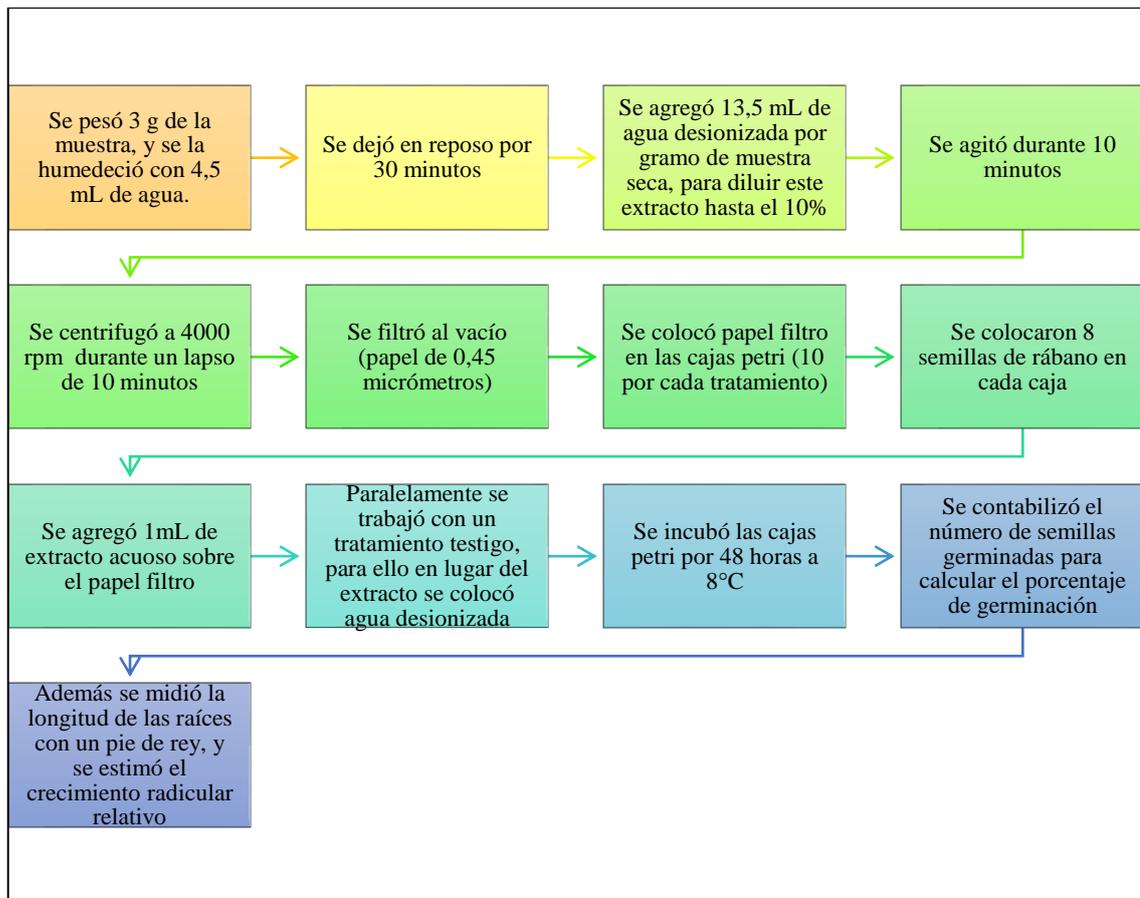


Figura 6-2: Procedimiento para la determinación del índice de germinación
 Realizado por: Niquinga, K. 2021.

Con base a los conteos realizados en las cajas Petri, se determinó el porcentaje de germinación relativo (PGR) y el crecimiento de la radícula relativo a través de las siguientes ecuaciones

$$PGR = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radícula en el extracto}}{\text{Elongación de radícula en el testigo}} \times 100$$

Finalmente, a partir de las variables antes calculadas (PGR y CRR) se estimó el IG:

$$IG = \frac{PGR - CRR}{100}$$

Para el análisis de N, P y K se adquirió un kit “La Motte”. Conforme a lo indicado por el fabricante del kit, los protocolos que se siguieron fueron:

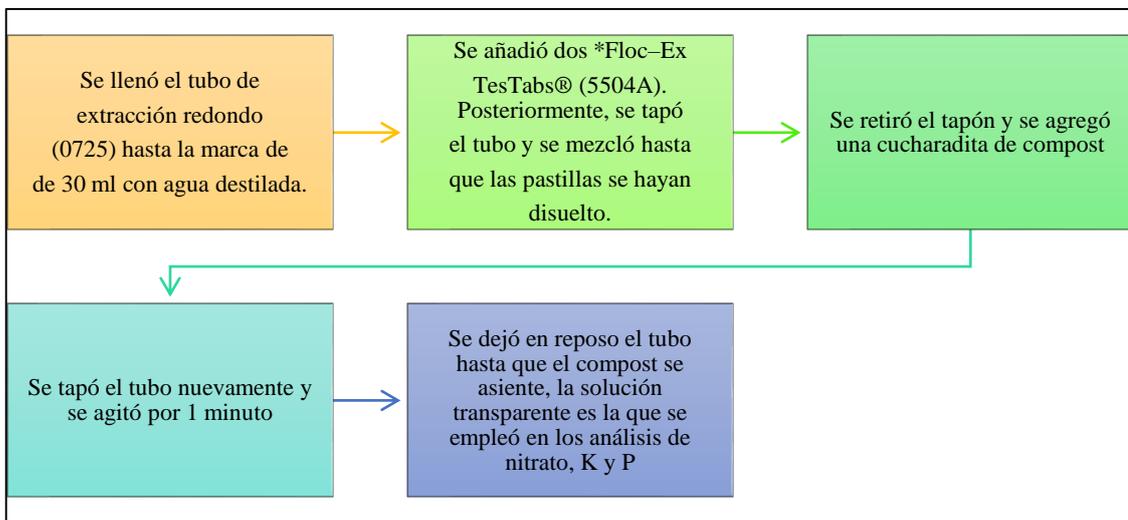


Figura 7-2: Procedimiento para la extracción
Realizado por: Niquinga, K. 2021.

Una vez extraída a solución para la determinación de nitratos, potasio y fósforo, se ejecutaron los siguientes procedimientos:

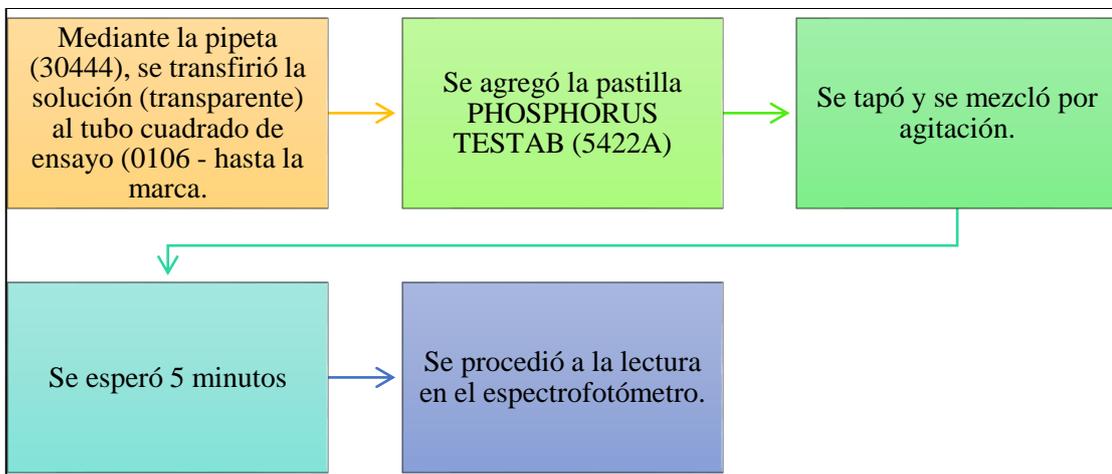


Figura 7-2: Procedimiento para la determinación de fósforo
Realizado por: Niquinga, K. 2021.

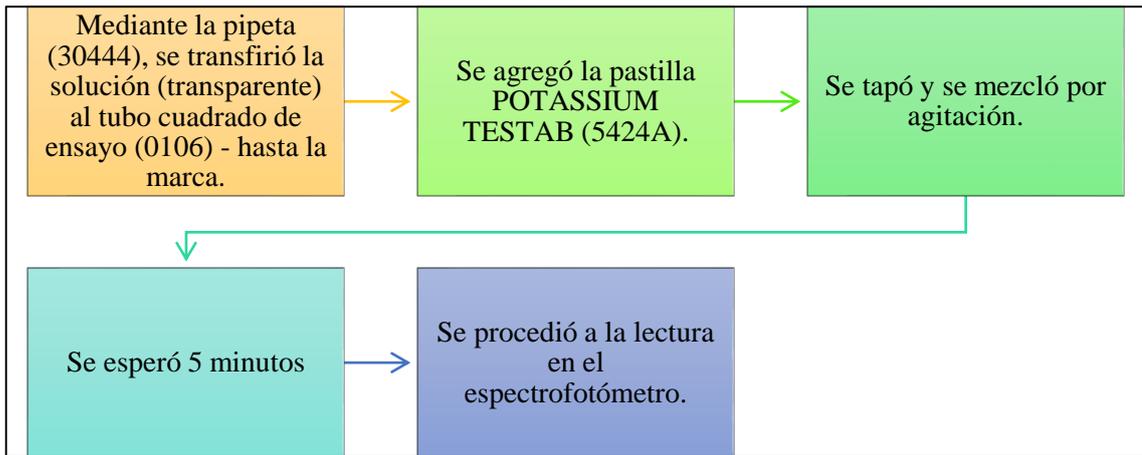


Figura 8-2: Procedimiento para la determinación de potasio
 Realizado por: Niquinga, K. 2021.

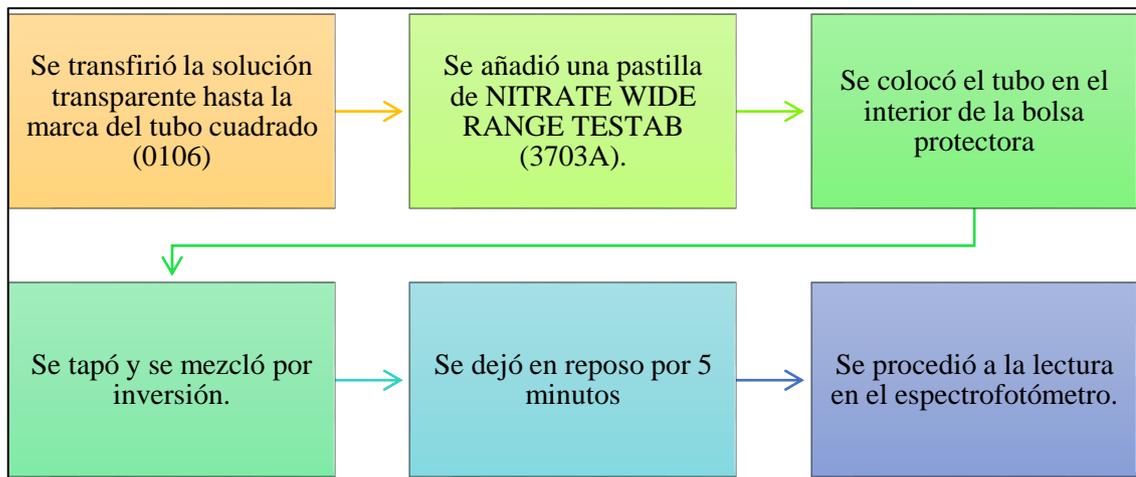


Figura 9-2: Procedimiento para la determinación de nitratos
 Realizado por: Niquinga, K. 2021.

CAPÍTULO IV

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización físico químicas de las muestras iniciales

Tabla 1-3: Caracterización físico-química de las muestras iniciales

PARÁMETROS	UNIDADES	PILA 1	PILA 2	PILA 3
Nitrógeno	%	0,12	0,17	0,13
Fósforo	%	0,69	0,66	0,72
Potasio	%	1,06	0,99	0,92
Materia Orgánica	%	63,90	49,60	56,60
pH	-	6,43	6,65	7,17
Conductividad eléctrica	dS/m	5,00	3,43	3,68
Índice de germinación	%	7,86	20,95	49,58

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

En la tabla 3-1 se observan los resultados obtenidos de los estudios realizados de las muestras recolectadas el día cero. Los resultados del pH sugieren que en las pilas 1 y 2, el material de partida es ligeramente ácido con un pH de 6,43 y 6,65 respectivamente; mientras que en la pila 3, el material de partida es ligeramente alcalino con un pH de 7,17. Además, la conductividad eléctrica en todos los tratamientos es baja, 5 dS/m; 3,43 dS/m; y 3,68 dS/m para las pilas 1,2 y 3 respectivamente.

El índice de germinación determinado en el momento inicial de proceso de compostaje es bajo, en ninguna de las pilas supera el 50% de crecimiento, es así que los valores registrados en las pilas 1, 2 y 3 fueron: 7.86%; 20.95%; 49.58% respectivamente.

El contenido de macro nutrientes es bajo, debido a que los componentes de partida de cada tratamiento se encuentran separados y aún no se metaboliza o se degradan. Además, el contenido de materia orgánica es alto con porcentajes de 63,9%; 49,60%; 56,60% en las pilas 1, 2 y 3 respectivamente. Este parámetro es muy importante pues servirá para la correcta actividad microbológica.

La diferencia en los contenidos de los componentes se debe a que las pilas fueron elaboradas con diferentes componentes: residuos de mercado y tamo (pila 1), residuos de mercado y poda (pila 2), residuos de mercado tamo y poda (pila 3) en diferentes proporciones.

3.2. Parámetros estudiados

3.2.1. Parámetros de seguimiento del proceso

3.2.1.1. Temperatura

Según Barrera (2006, pág. 21 -22), la temperatura es un indicador de la degradación, pues genera una reacción exotérmica a causa de las interacciones biológicas, la fase de las temperaturas altas indica la presencia de materia orgánica en la muestra, pues al transformarse en sustancias más sencillas libera energía.

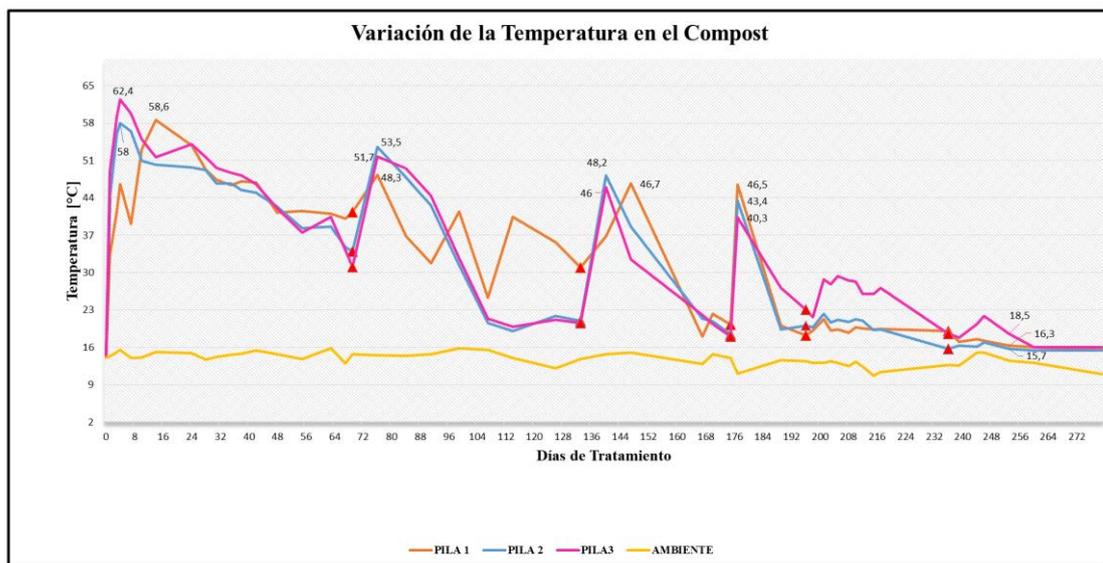


Gráfico 1-3: Variación de temperatura en el proceso de compostaje

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

En el gráfico 3-1 se observa que las 3 pilas alcanzaron temperaturas altas hasta el día 144, al ser un parámetro importante en el proceso, es indispensable controlarla. Temperaturas en el rango de 35°C a 40°C permiten que las bacterias se diversifiquen, mientras que en el rango de 44°C-55°C se facilita la degradación de sustratos, y la higienización del proceso se da a las temperaturas mayores a 55°C (Barrera,2006, p. 21-22).

En el grafico se aprecia que los picos más altos de temperatura son para la pila 1: 58,6°C, para la pila 2: 58°C y para la pila 3: 62,4°C, este aumento de temperatura se originó por el incremento de la actividad microbiana procedente de la degradación de los diferentes componentes con los cuales se armaron las pilas, además este aumento en la temperatura es fundamental pues elimina microorganismos patógenos presentes en las pilas.

La fase termofílica de las pilas duró los primeros 24 días, una vez identificada la tendencia a la baja de la temperatura se procedió al volteo para que la fase termofílica se mantenga durante un periodo más largo. Desde el día 144, como se aprecia en el gráfico 3-1, los tratamientos entran en la fase mesofílica II, que se caracteriza por el descenso en la actividad microbiana, en esta etapa tiene un papel importante la temperatura exterior pues los organismos se adaptaran a las condiciones que se presenten (EPAS, 2015, p. 8). Las subidas y bajadas de temperatura durante la etapa mesofílica se dan por la activación de microorganismos por la adición de agua en el momento de volteo de las pilas.

Una vez pasadas las etapas termofílica y mesofílica, las temperaturas de las pilas tienden a ser similares a las temperaturas ambientales, posterior a esto aparece la etapa de maduración que puede durar de 1 a 4 meses, pues en esta se degradan moléculas orgánicas complejas que no fueron metabolizadas en las primeras etapas, la descomposición de la materia orgánica se realiza gracias a bacterias mesófilas, la eficiencia y estabilidad se puede establecer con los datos de los cambios de temperatura (Docampo, 2013, pp. 63 -65).

El perfil térmico de las tres pilas sigue la misma tendencia, pudiendo distinguirse las fases del proceso de compostaje.

3.2.1.2. Potencial de Hidrógeno (pH)

Otro parámetro de importancia en el proceso de compostaje es el potencial hidrógeno pues valores menores a 3 y mayores a 11 provocaría que los microorganismos no se desarrollen normalmente y esto inhibiría la degradación de la materia orgánica (Villar, 2017, pp. 15 -16).

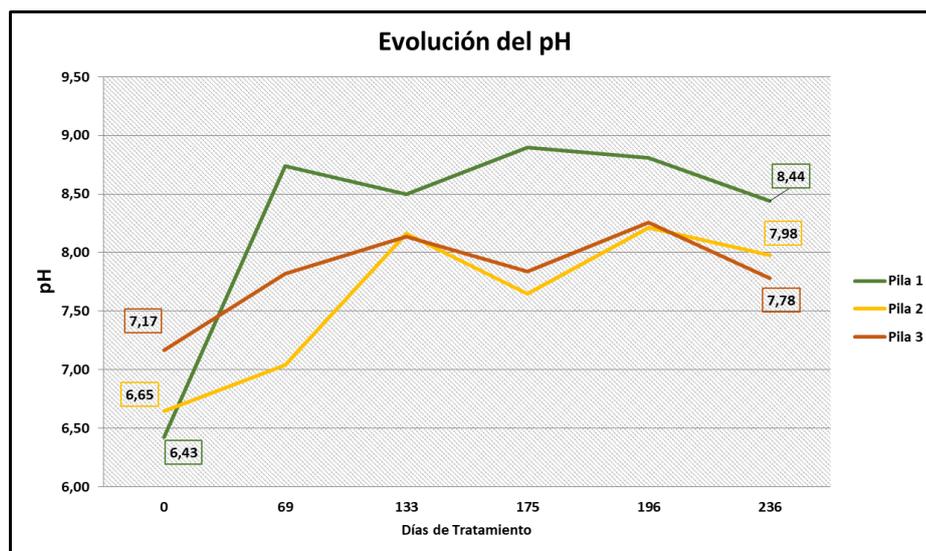


Gráfico 2-3: Variación de pH.

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

El pH de la pila 1 presentó una tendencia relativamente ácida (6,43) y en un período de 30 días logró tener valores cercanos a la neutralidad, sin embargo, al culminar el proceso, alcanzó un pH alcalino de 8,44. El pH inicial en la pila 2 fue de 6,65, logró alcanzar un pH cercano a neutro en el día 70 y al finalizar el tratamiento su pH fue alcalino con un valor de 7,98. La pila 3 tiene un pH inicial de 6,43 (ligeramente ácido) como en los tratamientos anteriores, al finalizar el tratamiento el valor que alcanzó fue de 8,44.

El pH se puede considerar como un indicador del proceso del compostaje (Villar, 2017, p. 15). Los pH ácidos al inicio de los tratamientos se generan por la degradación de polisacáridos, además por la síntesis de ácidos orgánicos, que conllevan a la liberación de iones hidroxilo. El proceso de compostaje genera compuestos húmicos que van a generar un efecto tampón, mismo que hace que el pH varíe. Todos los valores de pH en los compost, se encontraron dentro de los valores establecidos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

3.2.2. Parámetros de la naturaleza del material de partida

3.2.2.1. Conductividad eléctrica

Por lo general la conductividad eléctrica aumenta durante el proceso de compostaje (Gordillo y Chávez, 2018, p. 4).

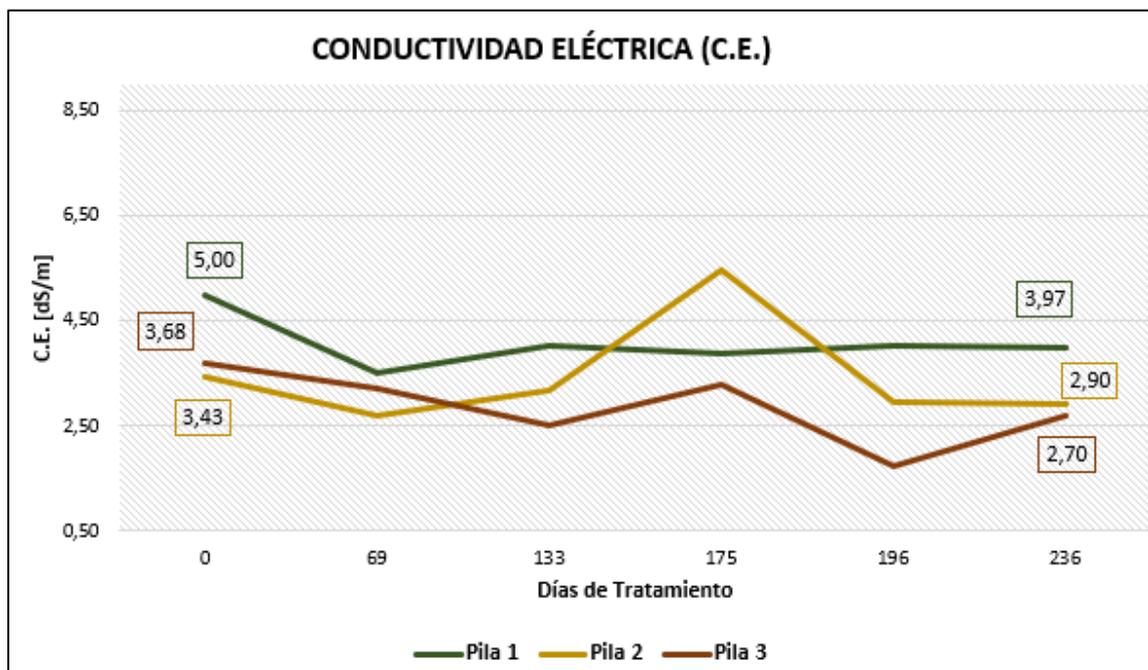


Gráfico 3-3: Conductividad eléctrica en el compostaje.

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

Sin embargo, en el gráfico 3-3, se pueden observar valores que contradicen lo dicho por Gordillo y Chávez (2018, p. 4), sin embargo esta tendencia sería generada por los riegos en el proceso de humectación de las pilas tal como indica López et al (2015, pp. 147 -149).

3.2.2.2. Materia orgánica

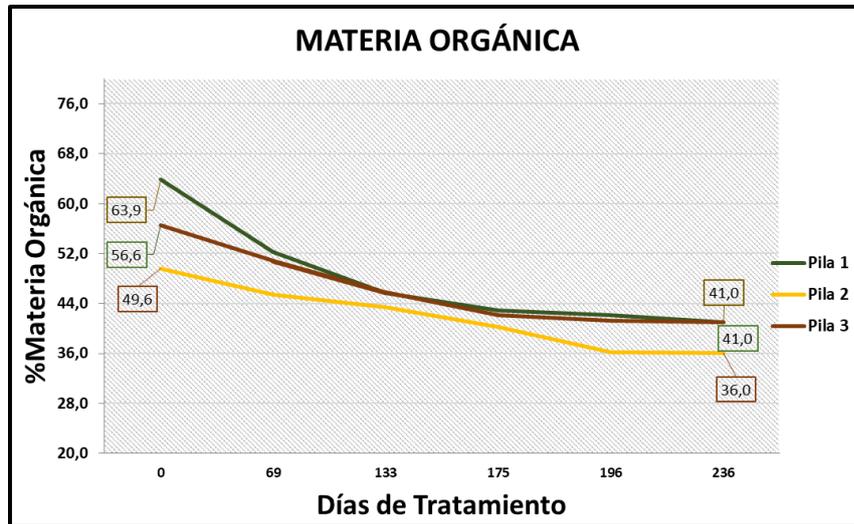


Gráfico 4-3: Materia orgánica en el tiempo de compostaje

Realizado por: Niquina, K, 2021.

Según Acosta et al. (2006, p. 222), en función de la pérdida de la materia orgánica se determina el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos para la descomposición de los residuos, por esta razón se hace necesario monitorear el comportamiento de este parámetro durante el proceso de compostaje.

El gráfico 3-4 muestra el porcentaje de materia orgánica. El valor más alto al inicio del proceso corresponde a la pila 1 con 63,9%, las pila 2 y 3 registran 49,6% y 56,6% respectivamente. Se identificó que la materia orgánica disminuye en todos los tratamientos, además desde el día 175, la velocidad con la que se reduce la materia orgánica disminuye por el agotamiento de fuentes de energía en el proceso.

Según el gráfico 3-4, en la pila 1 existió una mayor pérdida de materia orgánica, debido a la alta cantidad de residuos de mercado fácilmente degradables. Mientras que en la pila 3 hubo una pérdida menor, debido a la mayor cantidad de tamo y poda, materiales de más difícil biodegradación ya que requieren el desdoblamiento de celulosa, lignina y hemicelulosa presentes en este tipo de residuos.

3.2.2.3. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Para su metabolismo los microorganismos utilizan 30 partes de carbono por cada unidad de nitrógeno, elementos que van destinados a generar energía y en la síntesis de biomoléculas (Villar, 2017, p. 12).

Tabla 2-3: Relación C/N inicial en las pilas de compostaje

Pila	1	2	3
Relación C/N de los materiales iniciales	31.68	29.18	31.87

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

En la tabla 3-2 se observa la relación C/N de cada pila de compostaje, siendo el valor más alto el de la pila 3 con 32,87, seguido por 31,68 y 29,18 correspondientes a la pila 1 y 2 respectivamente. Conforme a Bueno, Díaz y Cabrera, (2013, pp. 5 - 6), los valores de la relación C/N de las pilas se encuentran dentro del límite aceptable (25 a 35:1).

Según Román, Martínez y Pantoja (2013, p. 29), la relación C/N se reduce durante el proceso de compostaje. Así, el compost de la pila 1 presentó el valor más alto (16,87) y el de la pila 2 el más bajo (12,73); mientras que el de la pila 3 un valor intermedio (13,59). Estos valores concuerdan con lo establecido en la mayoría de legislaciones que indican que la relación C/N final debe ser superior a 12.

3.3. Caracterización química de los tratamientos

3.3.1. Contenido de macronutrientes

Los macronutrientes se encuentran en el suelo dado que las plantas los necesitan para desarrollarse, una planta promedio requiere de una gran cantidad de macronutrientes, por tanto, cuando existen suelos pobres es necesario añadirlos. El déficit de nutrientes se genera por la continua producción de plantas a través del tiempo (FAO, 2015, p. 7).

Tabla 3-3: Contenido de macronutrientes en el material de inicio y compost.

TRATAMIENTO	PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADOS	
			Día 0	Día 236
PILA 1	N	%	1,09	1,32
	P ₂ O ₅	%	0,69	1,15
	K ₂ O	%	1,06	1,28
PILA 2	N	%	1,52	1,75
	P ₂ O ₅	%	0,66	0,97
	K ₂ O	%	0,99	1,24
PILA 3	N	%	1,16	1,4
	P ₂ O ₅	%	0,72	0,87
	K ₂ O	%	0,92	0,97

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

En la tabla 3-3 se observa el contenido de macronutrientes. Según la legislación española (BOE 2013, p. 51144), los compost deben presentar concentraciones de N, P, K superiores al 1%. Sólo el compost de la pila 1 presentó valores superiores a los indicados. Sin embargo, todos los compost presentaron valores altos de nitrógeno total. Esto es importante, pues, según Ramírez, Magnitskiy y Melgarejo (2018, p. 32), el nitrógeno ayuda en el proceso de la fotosíntesis, además de ser uno de los macronutrientes que ayudan en el crecimiento de la planta.

En el caso del fósforo, se aprecia que el mayor aumento de concentración se dio en la pila 1 que pasó de 0,69% a 1,15%, seguido por la pila 2 que pasó de 0,66% a 0,97%, mientras que la pila 3 muestra un cambio de 0,72% a 0,87%. El fósforo en la planta aporta con el 0,1% y 0,4% del peso vegetal y juega un papel trascendental en los procesos fisiológicos y químicos de las plantas (FAO, 2015, p. 8).

El potasio, es el macronutriente que más aumentó su concentración; el potasio ayuda en la estructura vegetal y a la adaptación de la planta a suelos con alto contenido de sal (FAO, 2015, p. 32).

3.4. Caracterización biológica de los tratamientos

3.4.1. Índice de germinación

Tabla 4-3: Índice de Germinación en el compost y el material inicial

COMPONENTE	PILA 1		PILA 2		PILA 3	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
IG: Índice de Germinación	7,86	83,52	20,95	73,72	49,58	81,75

Realizado por: Niquinga, K, 2021.

La tabla 3-4 muestra los porcentajes de índice de germinación (IG). Se puede apreciar que al inicio del proceso los IG fueron bajos, con excepción de la pila 3 que presenta un 49,58%. Esto, muy posiblemente se debe a la presencia de sustancias fitotóxicas que inhiben la germinación y el crecimiento de la radícula de las semillas (Lasaridi y Stentiford, 1998, p. 54 -55).

Al finalizar el proceso, las pilas 1 y 3 presentan valores superiores al 80% lo que indica un compost de calidad. Los valores entre 50 y 80% señala una leve toxicidad (Zucconi et al. 1981).

3.5. Caracterización organoléptica de los componentes

3.5.1. Color

Todos los compost mostraron un color marrón, esto se debe a que la materia orgánica se transformó en sustancias húmicas Meléndez y Soto (2003, pág 1) indicando que es un abono de buena calidad.

3.5.2. Olor

El olor del compost obtenido es característico a tierra húmeda; este olor se genera por la ausencia de ácidos orgánicos.

CONCLUSIONES

- En el mercado mayorista San Pedro de Riobamba diariamente se generan entre 8 y 12 toneladas de residuos, siendo los días viernes y sábados los de mayor generación debido a la intensa comercialización de vegetales de la sierra, costa y oriente. La cantidad de residuos orgánicos predomina con el 96%. Dentro del 4% restante se encuentran residuos de plástico (tarrinas, cucharas, bolsa y lonas), cartón y madera.
- Mediante procedimientos de laboratorio se establecieron los valores de pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, macro nutrientes e índice de germinación de los residuos orgánicos escogidos. Estos análisis permitieron establecer las mezclas apropiadas para armar las tres pilas, estableciendo una buena relación C/N y un balance de nutrientes.
- Durante el proceso de compostaje, se controlaron los principales parámetros. La temperatura más alta se registró en la pila 3 con 62,4 °C, pero todas las pilas alcanzaron valores superiores a 55°C asegurando la eliminación de patógenos y semillas de adventicias. El contenido de materia orgánica estuvo dentro de los parámetros establecidos, al igual que los contenidos de macronutriente. Los porcentajes de IG indicaron ausencia de fitotoxicidad en dos compost y baja fitotoxicidad en uno. Todas las pilas tomaron un color marrón y el olor característico a tierra humedecida. Todos los parámetros controlados aseguraron la obtención de compost con una calidad aceptable.

RECOMENDACIONES

- Implementar un programa de recolección de residuos sólidos destinados al compostaje en el Mercado mayorista de la ciudad de Riobamba.
- Para reducir el tiempo de compostaje es recomendable triturar los residuos a una medida de 1cm a 4 cm.
- Para obtener mejor degradación se debe controlar la humedad y la temperatura a lo largo de todo el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Y., CAYAMA, J., GÓMEZ, E., REYES, N., ROJAS, D. y GARCÍA, H., 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias*, vol. 6, no. 3, pp. 220–227.

ALCOLEA, M. y GONZÁLEZ, C., 2000. *Manual de compostaje doméstico*. Barcelona: s.n.

ALTAMIRANO, M. y CABRERA, C., 2006. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, vol. 9, no. 17.

ANGULO, J. y LIZONDE, P., 2020. *Revisión bibliográfica del uso de los microorganismos eficientes en la obtención de compost orgánico*. S.l.: s.n.

ANSORENA, J., BATALLA, E. y MERINO, D., 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. . S.l.:

BARRERA, R., 2006. *Compostaje de residuos sólidos orgánicos*. S.l.: Universidad Autónoma de Barcelona.

BOE, 2013. Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*. 164: 51119-51207. S.l.: s.n.,

BRAVO, A., 2007. Estudio de maquinaria - compost. . S.l.:

BUENO, P., DÍAZ, M. y CABRERA, F., 2013. *Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Sevilla (España): s.n.

BUSTOS, C., 2009. La problemática de los desechos sólidos. The solid waste problem. *Economía*, vol. 027, pp. 121-144. ISSN 1315-2467.

CELEC, 2015. Instructivo para la gestión de residuos sólidos. . S.l.:

CHÁVEZ PORRAS, Á. y RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A., 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad*, vol. 9, no. 2, pp. 90-107. DOI 10.18359/RAVI.2004.

CRUZ, E., 2019. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES ENFOCADO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL MERCADO MUNICIPAL BUENOS AIRES DEL CANTÓN MACHALA. . S.l.:

DOCAMPO, R., 2013. Compostaje y compost. *Revista INIA*, pp. 63–67.

EPAS, 2015. Tecnología de bajo costo para la Gestión de Residuos Urbanos. [en línea]. S.l.:

Disponible en:

http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/22790/mod_resource/content/0/COMPOSTAJE.pdf.

FAO, 2015. Los Fertilizantes y su uso. ,

GORDILLO, F. y CHÁVEZ, E., 2018. *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*. S.l.: Universidad Politécnica del Litoral.

GRIJALVA, N., 2013. Degradación de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas. *Enfoque UTE*, vol. 4, no. 1.

INEC, 2019. Gestión de Residuos Sólidos. . Quito:

JARAMILLO, G. y ZAPATA, L., 2008. *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. S.l.: Universidad de Antioquia.

JIMÉNEZ, S., 2015. *ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTÓN RIOBAMBA*". S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

LASARIDI, K.E. y STENTIFORD, E., 1998. A SIMPLE RESPIROMETRIC TECHNIQUE FOR ASSESSING COMPOST STABILITY. *Elsevier Science*, vol. 32, no. 12, pp. 3717-3723. DOI 10.1016/s0043-1354(98)00143-2.

LONGORIA, R., OLIVER, M., TORRES, J., GONZÁLEZ, J. y MÉNDEZ, G., 2014. Diseño, construcción y prueba de un prototipo automático para compostaje. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioqui*, vol. 70, pp. 185-196.

LÓPEZ, E., ANDRADE, A., HERRERA, M., GONZALEZ, O. y GARCÍA, A., 2017. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, vol. 44, no. 3.

LÓPEZ, X., ROBLES, C., VELASCO, V., RUÍZ, J., ENRÍQUEZ, J. y RODRÍGUEZ, G., 2015. Propiedades físicas , químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *Ergo Sum*, vol. 22, no. 2, pp. 145–152.

MELÉNDEZ, G. y SOTO, G., 2003. COMPOST: ABONO O ENMIENDA.? COMO MEDIR LA CALIDAD DE UN COMPOST? . S.l.:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y AGUA DE ECUADOR, 2020a. Ficha Informativa del Proyecto. . S.l.:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y AGUA DE ECUADOR, 2020b. *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*. S.l.: s.n.

PÉREZ, P., 2020. *POTENCIAL DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTÓN AMBATO*. S.l.: Escuela Politécnica Nacional.

PORRAS, Á. y RODRÍGUEZ, A., 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*, vol. 9, no. 2.

RAMÍREZ, C., MAGNITSKIY, S. y MELGAREJO, L., 2018. Efecto de dosis de nitrógeno , fósforo y potasio sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav .) en etapa vegetativa. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, vol. 12, no. 1, pp. 31–40.

RIVADENEIRA, J., 2018. *COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE LOS MERCADOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE MACAS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE TAKAKURA*. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M. y PANTOJA, A., 2013. *Manual del compostaje del agricultor*. S.l.: FAO. ISBN 978-92-5-307844-8.

SÁENZ, A., URDANETA, G. y JOHENI, A., 2014. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, vol. 20, no. 3, pp. 121-135.

SÁNCHEZ, A.M., VARGAS, T., MAYORGA, F. y FREIRE, C., 2020. Sector Agrícola en Ecuador. . S.l.:

SEGURA, Á., ROJAS, L. y PULIDO, Y., 2020. Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. *Espacios*, vol. 41, no. 17.

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE SERVICIOS PÚBLICOS, 2014. *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. Bogotá: s.n.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA, 2014. *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost*. S.l.: s.n.

VILLAR, I., 2017. *Estudio de la dinámica microbiana durante la fase de maduración del compostaje de residuos orgánicos*. S.l.: Universita de Vigo.

ZUCCONI, F., PERA, A., FORTE, M. y DE BERTOLDI, M., 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, vol. 22, pp. 54–57.

ANEXOS

ANEXO A: CÁLCULO DE LA RELACIÓN C/N DE LOS MATERIALES DE PARTIDA

Pila 1

Ingrediente	% H2O	Peso	% Carbono	% De nitrógeno	Relación C / N
Mercado	82.83	6	45.93	1.81	
Tamo	20	1	43.86	0.92	
Nada	0	0	0	0	
				Resultado:	31.68619605315

Pila 2

Ingrediente	% H2O	Peso	% Carbono	% De nitrógeno	Relación C / N
Mercado	82.83	2	45.93	1.81	
Poda	14	1	42.44	1.36	
Nada	0	0	0	0	
				Resultado:	29.18272912323

Pila 3

Ingrediente	% H2O	Peso	% Carbono	% De nitrógeno	Relación C / N
Mercado	82.83	3	45.93	1.81	
Poda	14	2	42.44	1.36	
Tamo	20	1	43.86	0.92	
				Resultado:	32.87394233506

ANEXO B: ARMADO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE



1. Recolección de los residuos



2. Clasificación de los residuos



3. Separación de racimos de plátano



4. Trozado de los residuos



5. Armado de las pilas



6. Pilas de compostaje

ANEXO C: CONTROL DEL PROCESO



Medición de temperatura y humedad



Irrigación de las pilas



Volteos manuales

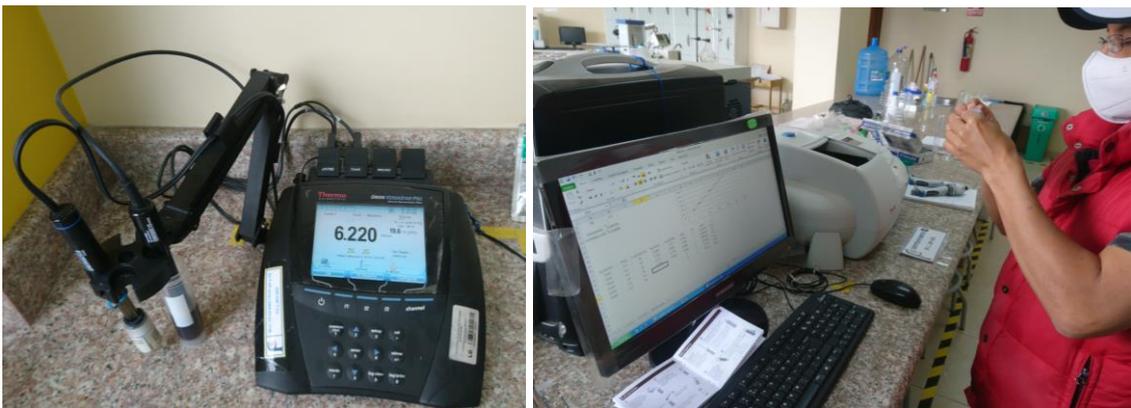
ANEXO D: ANÁLISIS DE LABORATORIO



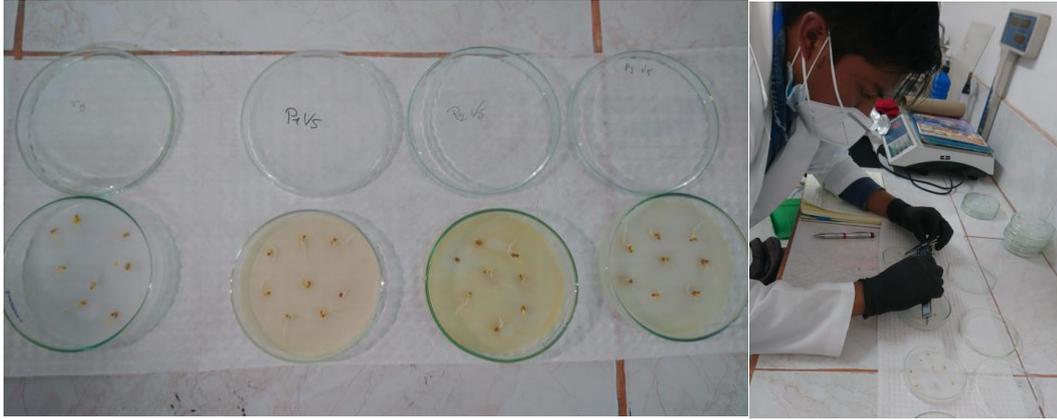
Toma de muestras



Muestras obtenidas



Análisis químicos



Análisis biológico (IG)

ANEXO E: Comprobante de realización de análisis de laboratorio dentro del Grupo de Investigación.



Of. No.09-GIADE-ESPOCH.2020
Riobamba a, 29 de enero de 2020

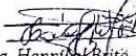
Doctor
Fausto Yaulema Ph.D.
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL
Presente. -

De mi consideración:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente me dirijo a usted para emitir el **AVAL** al trabajo de Integración Curricular "COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO MAYORISTA DE RIOBAMBA A ESCALA SEMI INDUSTRIAL", que se realizará dentro del proyecto "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE PRODUCCIÓN, TRANSFORMACIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y PROMOCIÓN DEL CONSUMO MDE LA QUINUA Y SUS DERIVADOS, DENTRO DE LA ACTIVIDAD VI: ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS", que cuenta con el auspicio de la Corporación Europea para el Fomento de la Agricultura (CEFA), el GADM de Riobamba y el Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GIADE), el cual es presentado por el Sr. Kleber Rolando Niquinga Guambo con CC: 1804114682, egresado de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental.

Particular que comunico para fines pertinentes.

Atentamente,
"Saber para Ser"


Ing. Hannibal Brito
COORDINADOR GIADE





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Kleber Rolando Niquinga Guambo</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO
CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=c000621485, cn=LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.17 09:56:12 -05'00'



0307-DBRA-UTP-2022