



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS FLORÍCOLAS DEL  
MERCADO DE FLORES DE LA CIUDAD DE AMBATO CON  
RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DEL MERCADO LA  
CONDAMINE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORAS:** CRISTINA ESTEFANY ASQUI AMAGUAYA

CINTHYA STEFANÍA SERRANO BELTRÁN

**DIRECTORA:** Dra. IRENE GAVILANES TERÁN, PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

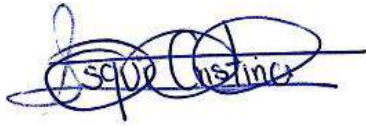
**© 2022, Cristina Estefany Asqui Amaguaya; & Cinthya Stefanía Serrano Beltrán**

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

Nosotras, CRISTINA ESTEFANY ASQUI AMAGUAYA y CINTHYA STEFANÍA SERRANO BELTRÁN, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de junio de 2022



---

**Cristina Estefany Asqui Amaguaya**

**C.I. 0604079483**






---

**Cinthya Stefanía Serrano Beltrán**

**C.I. 1804425195**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS FLORÍCOLAS DEL MERCADO DE FLORES DE LA CIUDAD DE AMBATO CON RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DEL MERCADO LA CONDAMINE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por las señoritas: **CRISTINA ESTEFANY ASQUI AMAGUAYA** y **CINTHYA STEFANÍA SERRANO BELTRÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal 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. Julio Cesar Idrovo Novillo, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-02
Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán, PhD. <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-06-02
Ing. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, MSt. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-02

## DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado principalmente a Dios, quién me guio durante mi carrera universitaria y me ayudó a no claudicar. A mis padres; Mirian y Bolívar quienes confiaron en mí desde el principio que con su apoyo, amor y esfuerzo he podido alcanzar mis objetivos, a mi hermano Daniel, quién ha sido mi cómplice y ejemplo para seguir. A mi tía Sarita y mi abuelita Inés quiénes me ayudaron en los momentos más difíciles y nunca me abandonaron. A mi amiga Cinthya a quien considero como una hermana y ha sido mi compañera de lucha, de noches de desvelo, alegrías y tristezas en este proceso, a Marcelo que con su apoyo y motivación me ha ayudado a seguir adelante y a todos mis amigos más cercanos que han sido un soporte fundamental en este camino.

*Cristina*

Este trabajo de titulación lo dedico en primer lugar a Dios por ser mi guía y fortaleza a lo largo de mi vida. A mis padres Ángel, Mercedes y a mi padre de corazón Raúl, por su apoyo incondicional, por su sacrificio y entrega para que me convierta en una mujer profesional e independiente, este triunfo es de ustedes. A mis hermanos Alex e Ismael que a pesar de sus ocupaciones siempre estuvieron pendientes de mí y de mis actividades académicas. A Cristina mi amiga incondicional y compañera de tesis, por haber logrado juntas el sueño de ser ingenieras. Se lo dedico al amor de mi vida Andrés, por confiar en mis fortalezas y ayudar a mejorar mis debilidades, gracias a su amor y confianza alcancé mi objetivo más anhelado. Finalmente, a toda mi familia y amigos que han sido parte de este largo camino al éxito.

*Cinthya*

## AGRADECIMIENTO

Ante todo agradecemos a Dios por su misericordia e infinito amor, el cual nunca nos abandonó en el proceso y nos permitió culminar este trabajo de la mejor manera. A nuestros padres que son nuestro ejemplo de lucha, constancia y perseverancia pues siempre nos apoyaron en los momentos difíciles, gracias por cada consejo y palabra de aliento que nos ayudó a conseguir el objetivo deseado.

De igual forma, agradecemos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por acogernos en sus aulas y formarnos como profesionales de excelencia.

Finalmente, un sincero agradecimiento al Grupo Asociado de Investigación en Biotecnología, Ambiente y Química (GAIBAQ), por la apertura a nuestro tema de investigación, especialmente a la Dra. Irene Gavilanes y al Dr. Julio Idrovo tutores de nuestro trabajo por confiar en nosotras y apoyarnos en la dirección y la realización de la tesis, al ingeniero Víctor Hugo Valverde por brindarnos sus conocimientos y herramientas necesarias para realizar con éxito este trabajo. Un agradecimiento sincero y fraterno al ingeniero Cristian Andrés Chuquín por brindarnos su apoyo, confianza y amistad, motivándonos cada día a alcanzar los objetivos planteados en este proceso.

*Cristina & Cinthya*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Concepto de residuo.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Tipos de residuos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1. Residuos agrícolas.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2. Residuos ganaderos.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3. Residuos agroindustriales.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3.1. Residuos florícolas.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3.2. Impactos ambientales de la industria florícola.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.4. Residuos urbanos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.1. Residuos de mercado.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.2. Residuos domésticos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.3. Residuos comerciales.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.4.4. Impactos ambientales de los residuos urbanos.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Tecnologías para el aprovechamiento de los residuos.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3.1. Incineración.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3.2. Tratamiento mecánico biológico (TMB).....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.3. Tratamiento mediante digestión anaerobia.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.4. Aprovechamiento energético de biogás.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.5. Vermicompostaje.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.6. Compostaje.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4. Proceso de compostaje.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.1. Planta de compostaje.....</b>	<b>12</b>

<b>1.4.2.</b>	<b><i>Fases del proceso de compostaje</i></b> .....	13
1.4.2.1.	<i>Etapa de latencia</i> .....	13
1.4.2.2.	<i>Etapa mesófila</i> .....	13
1.4.2.3.	<i>Etapa termófila</i> .....	13
1.4.2.4.	<i>Etapa de enfriamiento</i> .....	14
1.4.2.5.	<i>Etapa de maduración</i> .....	14
<b>1.4.3.</b>	<b><i>Factores que intervienen en el proceso del compostaje</i></b> .....	14
1.4.3.1.	<i>Concentración de Oxígeno</i> .....	15
1.4.3.2.	<i>Contenido de nutrientes</i> .....	15
1.4.3.3.	<i>Materiales</i> .....	15
1.4.3.4.	<i>Volumen</i> .....	15
1.4.3.5.	<i>Superficie</i> .....	16
<b>1.4.4.</b>	<b><i>Parámetros de control del proceso de compostaje</i></b> .....	16
1.4.4.1.	<i>Relación C/N</i> .....	16
1.4.4.2.	<i>Granulometría</i> .....	16
1.4.4.3.	<i>Contenido de materia orgánica</i> .....	17
1.4.4.4.	<i>Metales pesados</i> .....	17
1.4.4.5.	<i>Temperatura</i> .....	17
1.4.4.6.	<i>pH</i> .....	18
1.4.4.7.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	18
1.4.4.8.	<i>Humedad</i> .....	18
<b>1.4.5.</b>	<b><i>Parámetros para evaluar la calidad del compost</i></b> .....	19
1.4.5.1.	<i>Macronutrientes y micronutrientes</i> .....	19
1.4.5.2.	<i>Metales pesados</i> .....	19
1.4.5.3.	<i>Índice de germinación</i> .....	19
<b>1.4.6.</b>	<b><i>Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje</i></b> .....	19
1.4.6.1.	<i>Bacterias</i> .....	20
1.4.6.2.	<i>Hongos</i> .....	20
1.4.6.3.	<i>Actinomicetos</i> .....	20
1.4.6.4.	<i>Protozoos</i> .....	21
<b>1.4.7.</b>	<b><i>Tipos de Compost</i></b> .....	21
1.4.7.1.	<i>Compost clase A</i> .....	22
1.4.7.2.	<i>Compost clase B</i> .....	22
1.4.7.3.	<i>Compost fresco</i> .....	23
1.4.7.4.	<i>Compost maduro</i> .....	23
1.4.7.5.	<i>Compost curado</i> .....	23



1.4.8.	<i>Ventajas del uso del compost en el suelo</i> .....	23
1.4.8.1.	<i>Mejora las propiedades físicas del suelo</i> .....	24
1.4.8.2.	<i>Mejora las propiedades químicas del suelo</i> .....	24
1.4.8.3.	<i>Mejora la actividad biológica del suelo</i> .....	25
1.5.	<b>Base legal</b> .....	26
1.5.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i> .....	26
1.5.2.	<i>Reglamento al Código Orgánico De Ambiente</i> .....	26
1.5.3.	<i>Normativa Europea para el proceso de compostaje</i> .....	28
1.5.4.	<i>Normas y especificaciones técnicas mediante la Normativa Europea</i> .....	29

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	31
2.1.	<b>Zona de estudio</b> .....	31
2.2.	<b>Diseño experimental</b> .....	31
2.2.1.	<i>Tipo y diseño de investigación</i> .....	31
2.2.2.	<i>Unidad de análisis</i> .....	31
2.2.3.	<i>Población de estudio</i> .....	32
2.2.4.	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	32
2.2.5.	<i>Selección de la muestra</i> .....	32
2.2.6.	<i>Técnica de recolección de datos</i> .....	32
2.2.7.	<i>Diseño experimental</i> .....	32
2.2.7.1.	<i>Variable dependiente</i> .....	32
2.2.7.2.	<i>Variable independiente</i> .....	33
2.2.7.3.	<i>Hipótesis</i> .....	33
2.2.8.	<i>Materiales y equipos utilizados en la elaboración y monitoreo de las pilas</i> .....	33
2.2.8.1.	<i>Materia prima</i> .....	33
2.2.8.2.	<i>Equipos</i> .....	33
2.2.8.3.	<i>Materiales</i> .....	33
2.2.8.4.	<i>Sustancias</i> .....	34
2.3.	<b>Técnicas</b> .....	34
2.3.1.	<i>Toma de muestra para análisis inicial</i> .....	34
2.3.2.	<i>Elaboración de las pilas de co-compostaje</i> .....	35
2.3.2.1.	<i>Riego de la pila</i> .....	38
2.3.2.2.	<i>Control de temperatura y humedad de las pilas y humedad ambiental.</i> .....	38
2.3.2.3.	<i>Volteo de las pilas</i> .....	39

2.3.2.4.	<i>Inicio de etapa de maduración.....</i>	40
2.3.2.5.	<i>Compost maduro.....</i>	41
2.3.3.	<i>Análisis de las características físico-químicas, químicas, y biológicas.....</i>	41
2.3.3.1.	<i>Humedad.....</i>	41
2.3.3.2.	<i>Molienda de las muestras.....</i>	42
2.3.3.3.	<i>Preparación de la muestra para análisis.....</i>	43
2.3.3.4.	<i>pH.....</i>	44
2.3.3.5.	<i>Conductividad eléctrica.....</i>	45
2.3.3.6.	<i>Carbono y Nitrógeno.....</i>	47
2.3.3.7.	<i>Materia orgánica.....</i>	48
2.3.3.8.	<i>Índice de germinación.....</i>	49
2.3.3.9.	<i>Polifenoles.....</i>	53
2.3.3.10.	<i>Macronutrientes (Sodio - Potasio).....</i>	56
2.3.3.11.	<i>Metales pesados (Cadmio – Plomo – Arsénico – Selenio – Mercurio).....</i>	58
2.3.3.12.	<i>Preparación de curvas de calibración y acondicionamiento de muestras para lectura en el equipo de Absorción Atómica.....</i>	60
2.3.3.13.	<i>Sulfatos.....</i>	69
2.3.3.14.	<i>Fosfatos.....</i>	71
2.3.3.15.	<i>Nitratos.....</i>	73
2.3.3.16.	<i>Cloruros.....</i>	75

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	77
3.1.	<b>Análisis, interpretación y discusión de resultados.....</b>	77
3.1.1.	<i>Análisis químico de los residuos iniciales: (RF), (RM), (SERR).....</i>	77
3.1.2.	<i>Evolución de la temperatura en las pilas de compostaje.....</i>	79
3.1.3.	<i>Evolución de los principales parámetros dentro del proceso de compostaje.....</i>	80
3.1.4.	<i>Degradación de la materia orgánica.....</i>	85
3.1.5.	<i>Contenido de nutriente vegetales y metales pesados.....</i>	87

CONCLUSIONES.....	89
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	90
----------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Microorganismos que participan en las diferentes fases del compostaje. ....	21
<b>Tabla 2-1:</b>	Concentración máxima de metales pesados en compost. ....	22
<b>Tabla 3-1:</b>	Criterios de calidad del suelo .....	27
<b>Tabla 4-1:</b>	Límites para impurezas macroscópicas en compost maduro según la UE .....	29
<b>Tabla 5-1:</b>	Límites para metales pesados en compost maduro según la Norma Europea .....	30
<b>Tabla 6-1:</b>	Valores límites de calidad del producto según la Norma Europea.....	30
<b>Tabla 7-1:</b>	Límites para metales pesados en compost maduro.....	30
<b>Tabla 1-2:</b>	Relación C/N para la construcción de las pilas.....	35
<b>Tabla 2-2:</b>	Cantidad de residuos utilizados en cada pila de compostaje. ....	36
<b>Tabla 3-2:</b>	Tabla con el blanco para el cálculo de IG en la muestra MOFA-P1-10.....	52
<b>Tabla 4-2:</b>	Tabla con los datos de la muestra MOFA-P1-10 para el cálculo de IG .....	52
<b>Tabla 5-2:</b>	Concentraciones para la preparación de estándares para polifenoles .....	54
<b>Tabla 6-2:</b>	Concentraciones para el análisis de Cadmio .....	60
<b>Tabla 7-2:</b>	Concentraciones para el análisis de Plomo.....	62
<b>Tabla 8-2:</b>	Concentraciones para el análisis de Mercurio .....	64
<b>Tabla 9-2:</b>	Concentraciones para el análisis de Arsénico.....	66
<b>Tabla 10-2:</b>	Concentraciones para el análisis de Arsénico.....	68
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de los materiales iniciales .....	77
<b>Tabla 2-3:</b>	Caracterización físico química durante el proceso de compostaje.....	80
<b>Tabla 3-3:</b>	Caracterización química y biológica durante el proceso de compostaje.....	83
<b>Tabla 4-3:</b>	Parámetros para determinar la pérdida de materia orgánica .....	86
<b>Tabla 5-3:</b>	Concentración de aniones en compost iniciales y finales .....	86
<b>Tabla 6-3:</b>	Concentración de nutrientes y metales pesados en los compost maduros .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Recolección de residuos florícolas en Ambato .....	34
<b>Figura 2-2:</b>	Recolección de residuos orgánicos en Riobamba .....	35
<b>Figura 3-2:</b>	Uso del método de cuarteo para la obtención de muestras significativas .....	35
<b>Figura 4-2:</b>	Dimensiones de las pilas de compostaje .....	37
<b>Figura 5-2:</b>	Recolección y picado de residuos .....	37
<b>Figura 6-2:</b>	Construcción de las pilas de compostaje.....	37
<b>Figura 7-2:</b>	Pilas de compostaje día 1 .....	38
<b>Figura 8-2:</b>	Riego de las pilas .....	38
<b>Figura 9-2:</b>	Toma de datos de temperatura y humedad de las pilas de compostaje .....	39
<b>Figura 10-2:</b>	Volteo de las pilas de compostaje .....	40
<b>Figura 11-2:</b>	Etapas de maduración.....	41
<b>Figura 12-2:</b>	Análisis de humedad de los residuos .....	42
<b>Figura 13-2:</b>	Molienda de las muestras.....	43
<b>Figura 14-2:</b>	Muestras almacenadas en frascos estériles .....	44
<b>Figura 15-2:</b>	Determinación de pH.....	45
<b>Figura 16-2:</b>	Filtrado de muestras para el análisis de conductividad eléctrica .....	46
<b>Figura 17-2:</b>	Determinación de conductividad eléctrica .....	46
<b>Figura 18-2:</b>	Pesaje de muestras para la determinación de Carbono y Nitrógeno .....	47
<b>Figura 19-2:</b>	Análisis de materia orgánica.....	49
<b>Figura 20-2:</b>	Colocación del extracto en las cajas Petri. ....	51
<b>Figura 21-2:</b>	Ingreso de las cajas Petri a la estufa.....	51
<b>Figura 22-2:</b>	Estándares para calibrar el espectrofotómetro UV-VIS.....	55
<b>Figura 23-2:</b>	Tratamiento de las muestras para el análisis de polifenoles .....	55
<b>Figura 24-2:</b>	Digestión de muestras para análisis de metales pesados.....	59
<b>Figura 25-2:</b>	Filtrado de las muestras para el análisis de metales pesados .....	59
<b>Figura 26-2:</b>	Preparación de los estándares para el análisis de Cadmio .....	61
<b>Figura 27-2:</b>	Preparación de los estándares para el análisis de Plomo.....	63
<b>Figura 28-2:</b>	Preparación de los estándares y muestras para el análisis de Arsénico .....	66
<b>Figura 29-2:</b>	Análisis de Sulfatos en el espectrofotómetro de HACH.....	70
<b>Figura 30-2:</b>	Análisis de Fosfatos en el espectrofotómetro de HACH .....	72
<b>Figura 31-2:</b>	Análisis de Nitratos en el espectrofotómetro de HACH .....	74

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b>	Evolución de la temperatura en la pila .....	79
<b>Gráfico 3-3.</b>	Tendencia de Comportamiento NT vs Días durante el proceso .....	82
<b>Gráfico 4-3.</b>	Tendencia de Comportamiento C/N vs Días durante el proceso .....	82
<b>Gráfico 6-3.</b>	Degradación de la materia orgánica durante el proceso de compostaje .....	85

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE ENTREVISTAS
- ANEXO B:** LIMPIEZA DEL TERRENO Y CONSTRUCCIÓN DEL TECHADO
- ANEXO C:** RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE MERCADO Y RESIDUOS FLORÍCOLAS
- ANEXO D:** ACOPIO DE LOS RESIDUOS FLORÍCOLAS Y RESIDUOS DE MERCADO
- ANEXO E:** ELABORACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE
- ANEXO F:** ONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE
- ANEXO G:** VOLTEO DE LAS PILAS
- ANEXO H:** RECOLECCIÓN DE COMPOST FINAL

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>°C:</b>	Grados celsius	<b>MO:</b>	Materia orgánica
<b>A:</b>	Máxima degradación de materia orgánica	<b>mf:</b>	Masa final
<b>As:</b>	Arsénico	<b>mi:</b>	Masa inicial
<b>SERR:</b>	Aserrín	<b>mm:</b>	Milímetros
<b>C mg/kg</b>	Concentración en mg/kg	<b>MOFA-P1-01</b>	Muestra orgánica flores y aserrín- pila 1- muestra 1
<b>C Equipo</b>	Concentración del analito obtenido en el equipo	<b>MOFA-P1-05</b>	Muestra orgánica flores y aserrín- pila 1- muestra 5
<b>CCR:</b>	Porcentaje de germinación	<b>MOFA-P1-10</b>	Muestra orgánica flores y aserrín- pila 1- muestra 10
<b>C/N:</b>	Relación carbono-nitrógeno	<b>MADURO-P1</b>	Compost de la pila 1
<b>Corg:</b>	Carbono orgánico	<b>MADURO-P2</b>	Compost de la pila 2
<b>C:</b>	Carbono	<b>N:</b>	Nitrógeno
<b>Cd:</b>	Cadmio	<b>Na:</b>	Sodio
<b>CE:</b>	Conductividad eléctrica	<b>NaOH</b>	Hidróxido de sodio
<b>Cl:</b>	Cloruro	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitratos
<b>Corg:</b>	Carbono orgánico	<b>NaBH<sub>4</sub></b>	Borohidruro de sodio
<b>Cr:</b>	Cromo	<b>Ni:</b>	Níquel
<b>Cu:</b>	Cobre	<b>N<sub>t</sub></b>	Nitrógeno total
<b>d.m</b>	Decímetro	<b>P:</b>	Fósforo
<b>dSm<sup>-1</sup>:</b>	Decisiemens por metro	<b>Pb:</b>	Plomo
<b>FAO:</b>	Organización de las naciones Unidas para la alimentación y la agricultura	<b>P1:</b>	Pila 1
<b>Fe:</b>	Hierro	<b>P2:</b>	Pila 2
<b>FD:</b>	Factor de dilución	<b>ppm:</b>	Partes por millón
<b>GRS:</b>	Porcentaje de germinación	<b>Pm:</b>	Peso de muestras en gramos
<b>gr:</b>	Gramos	<b>pH:</b>	Potencial de hidrógeno
<b>Hg:</b>	Mercurio	<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	Fosfatos
<b>HCl:</b>	Ácido clorhídrico	<b>rpm:</b>	Revoluciones por minuto
<b>IG:</b>	Índice de germinación	<b>RF</b>	Residuos florícolas

<b>k:</b>	Constante de velocidad	<b>RM</b>	Residuos de mercado
<b>K:</b>	Potasio	<b>s:</b>	Segundo
<b>Kg:</b>	Kilogramos	<b>Se:</b>	Selenio
<b>KI:</b>	Yoduro de potasio	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Sulfatos
<b>L:</b>	Litro	<b>Tma:</b>	Temperatura media ambiental
<b>mg:</b>	Miligramos	<b>TULSMA:</b>	Texto unificado legislación secundaria, Medio Ambiente
<b>Mg:</b>	Magnesio	<b>µm:</b>	Micrómetro
<b>Mn:</b>	Manganeso	<b>Vm:</b>	Volumen de muestra



## RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo reutilizar los residuos florícolas provenientes del mercado de flores de la ciudad de Ambato y los residuos orgánicos del mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba a través de la elaboración de pilas de compostaje y la valoración de la calidad del compost final. Las unidades experimentales fueron construidas con las siguientes proporciones de residuos: Residuos de mercado (RM) (650kg) + Residuos Florícolas (RF) (250kg) + Aserrín (SERR) (100kg) para la pila 1 y RM (750kg) + RF (150kg) + SERR (100kg) para la pila 2. Se realizó un control diario de las pilas de compostaje, tomando en cuenta la temperatura y humedad de las pilas, además de la temperatura y humedad ambiental. Se llevó a cabo una evaluación inicial, durante y final del proceso de compostaje de: materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE), relación Carbono-Nitrógeno (C/N), polifenoles, metales pesados, aniones, macronutrientes y porcentaje de índice de germinación (%IG). La pila 1 tuvo una mayor degradación de MO que la pila 2, el pH subió en los primeros meses de compostaje y finalizó con valores óptimos comprendidos entre 6,5 y 8,5; la CE en la pila 1 descendió mientras que en la pila incrementó. La relación C/N fueron menores a veinte en las dos unidades experimentales, los polifenoles descendieron gradualmente, los macronutrientes en el compost final de pila 1 y pila 2 tiene concentraciones similares. Las concentraciones de metales pesados presentan concentraciones óptimas. Finalmente, el %IG llegó a ser mayor al 80% en los dos compost finales. Por lo anteriormente mencionado los dos compost son considerados de clase A de acuerdo con la Norma Europea, es decir, aptos para el uso en la agricultura. Se recomienda seguir con el estudio a fin de determinar otras variantes o mejor los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** <CO-COMPOSTAJE>, <RECICLAJE> <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <RESIDUOS FLORÍCOLAS>, <COMPOST MADURO>, <TEMPERATURA>, <SISTEMA DE VOLTEO>, <MICROORGANISMOS>.



1097-DBRA-UTP-2022

13-06-2022

## SUMMARY

The aim of this research was the reuse of floricultural waste from the flower market located in Ambato city and the organic waste from La Condamine market located in Riobamba through the elaboration of compost piles and the evaluation of the final compost quality. The experimental units were set with the following waste proportions: Market waste (RM) (650kg) + Floricultural waste (RF) (250kg) + Sawdust (SERR) (100kg) for pile 1 and RM (750kg) + RF (150kg) + SERR (100kg) for pile 2. The compost piles were monitored daily, taking into account their temperature and humidity, as well as the ambient temperature and humidity. An initial, during and final evaluation of organic matter (OM), pH, electrical conductivity (EC), carbon-nitrogen ratio (C/N), polyphenols, heavy metals, anions, macronutrients and germination index percentage (IG) was carried out during and after the composting process. Pile 1 presented a higher MO degradation related to pile 2, the pH reached high levels the first months of the composting process and ended with optimum values between 6.5 and 8.5; the EC in pile 1 decreased while there was an increase in pile 2. The C/N ratio was less than twenty in the two experimental units and polyphenols decreased gradually; on the other hand, macronutrients in the final compost for pile 1 and 2 presented similar concentrations while the heavy metals concentrations presented optimal values. Finally, the IG percentage reached more than 80% in the two final composts. For the reasons mentioned above, the two composts are considered “class A” according to the European Standard, it means they are suitable for agricultural use. It is recommended to continue with the study in order to determine different alternatives and improve the results obtained.

**Keywords:** <CO-COMPOSTAGE>, <RECYCLING> <ORGANIC WASTE>, <FLORICULTURE WASTE>, <MATURE COMPOST>, <TEMPERATURE>, <TURNING SYSTEM>, <MICROORGANISMS>.



---

Lcdo. Paul Rolando Armas Pesántes, Mg.  
C.I. 060328987-7

## **INTRODUCCIÓN**

### **Identificación del problema**

En la actualidad, según (Mora y Moreira, 2017, pp.85-87) el manejo de residuos orgánicos urbanísticos resulta ser un problema latente en la ciudadanía ecuatoriana, ya que, por falta de educación ambiental, residuos orgánicos son desechados a los botaderos de basura comunes, provocando de esta forma un amplio espectro problemático que cuenta con una solución económicamente viable y sustentable para la ciudadanía, como es; la realización de compostaje orgánico o a su vez usarlo para la vermicultura.

Uno de los residuos más representativos generados en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua son los desechos florícolas, estos pueden ser encontrados principalmente en el Mercado de Flores, el cual está ubicado en el centro de la ciudad. En este lugar la producción per cápita según (Ariel Manzano, 2016, p.106), de residuos florícolas según sus comerciantes es de aproximadamente de 40 a 50 kg/día en todo el mercado, estos datos varían en los días feriados como el 14 de febrero, día de la mujer, día de la madre, puesto que en estas ocasiones la demanda de flores crece y por lo tanto la producción per cápita asciende de 60 a 70 kg/día. Estos residuos florícolas durante muchos años y hasta la actualidad son depositados en el botadero a cielo abierto ubicado en la vía a Píllaro del cantón Ambato sin contar con un sistema de gestión previo para su manejo apropiado.

Por otro lado en el Mercado “La Condamine” de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo el problema es similar, según datos proporcionados por la dirección de servicios municipales del mercado “La Condamine”, en este lugar existen 36 puestos destinados a la venta de legumbres de los cuales 18 no están en funcionamiento, esto debido a la crisis sanitaria que existe en el país, según los comerciantes los desechos generados en este mercado son depositados en los eco tachos ubicados a los alrededores del lugar para su posterior disposición final en Porlón, la producción per cápita en el mercado “la Condamine” es de aproximadamente 100 a 150 kg/día y en días feriados esta producción aumenta llegando a valores de 200 a 300 kg/día.

Esta disposición final inadecuada tanto de los residuos florícolas como de los residuos orgánicos trae consigo problemas sociales y ambientales, que van en contra del medio ambiente y la salud de los ciudadanos, trayendo como consecuencia la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, la contaminación del aire, agua, suelo, gases de efecto invernadero y la generación de lixiviados.

Para solucionar este problema se ha planteado juntar estos dos tipos de residuos y elaborar abono orgánico mediante el proceso de co-compostaje, lo que permitirá un aprovechamiento y reutilización de los residuos orgánicos y florícolas de los cantones, así como una adecuada

disposición final, esta técnica biotecnológica podría ser la respuesta a inconvenientes ambientales como la contaminación de suelos, fuentes de agua y el aire.

### **Antecedentes de la investigación**

El Cantón Ambato es la capital de la Provincia de Tungurahua y tiene una altitud de 2600 metros sobre el nivel del mar, limitada entre las provincias de Cotopaxi por el norte; Chimborazo por el sur; los Cantones Píllaro y Pelileo por el este; y, la Provincia de Bolívar por el oeste. La ciudad de Ambato es conocida a nivel nacional como “Tierra de las Flores y Frutas”, “Jardín del Ecuador” y “Cuna de los tres Juanes” (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato, 2016, pp.15-17).

En el cantón Ambato se han desarrollado distintas actividades económicas entre ellas la transformación del cuero para la fabricación de calzado, productos elaborados como chompas, carteras, guantes y otros artículos con este material. En cuanto a la agricultura, se pueden encontrar cultivos de frutas, hortalizas, tubérculos y cereales los cuales son altamente comercializados en las plazas y mercados de la ciudad y transportados a las otras regiones del país. En la actividad turística Ambato es visitado por propios y extraños a sus jardines botánicos, parques de flores, iglesias emblemáticas, museos, centros comerciales y la ciudad en general. Finalmente, en la industria florícola en los últimos años, la floricultura ha representado un gran crecimiento económico para el Cantón Ambato y, por ende, para el país, ya que la producción de distintos tipos de flores usados para la exportación no tradicional ha garantizado un gran espacio en la economía de Ambato (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato, 2016, pp.12-13).

Los principales países de destino de exportación de flores ecuatorianas, entre ellas flores ambateñas son: Estados Unidos con el 41,8%, seguido de Rusia 18%, Países Bajos 8,1%, Italia 3,6%, Ucrania 3,2%, España 3,1%, Kazajistan 3%, y otros con el 19,3% (Banco Central del Ecuador, 2019, pp.1-4). Sin lugar a dudas, las diversas actividades productivas del cantón Ambato, han permitido que se convierta en un sector de desarrollo comercial de la zona central.

Para la compra y venta local de flores en la ciudad de Ambato existe el Mercado Las Flores, el cual se encuentra ubicado en la Av. 12 de noviembre frente al Mercado Central. Este lugar cuenta con 18 locales comerciales dividido en 6 módulos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato, 2016, pp.20-23). Los residuos florícolas utilizados para la elaboración de este proyecto investigativo sobre compostaje saldrán de este mercado.

Por otro lado, la ciudad de Riobamba también conocida como “La sultana de los Andes” es la capital de la Provincia de Chimborazo y se encuentra ubicada a 2754 metros sobre el nivel del mar. El cantón Riobamba está limitado al Norte por los cantones Guano y Penipe; al Sur por los cantones Colta y Guamote; al Este por el cantón Chambo y la provincia de Morona Santiago; y, al Oeste por las provincias de Bolívar y Guayas (Toapanta y Mayo, 2014, pp.7-9).

Con respecto a la actividad económica en este sector, Riobamba posee industrias tales como: cerámica, cementeras, lácteos, madereros, molineras, elaborados de construcción, piezas automotrices, entre otras actividades. Pero la que más sobresale es la producción agrícola y de ella se realizan grandes ferias casi todos los días en los mercados: La Merced, La Condamine, San Alfonso, Mayorista, Oriental, Santa Rosa, San Francisco, La Esperanza, Dávalos.

Los residuos orgánicos que serán utilizados para el proceso de compostaje conjuntamente con los residuos florícolas procederán del mercado La Condamine, este mercado se encuentra ubicado entre las calles Carabobo y Esmeraldas, cuenta con un total de 36 puestos ubicados en la sección de legumbres, de los cuales 18 puestos no están en funcionamiento debido a la crisis sanitaria existente en el país (Toapanta y Mayo, 2014, pp.16-23).

Existen investigaciones sobre el aprovechamiento de residuos orgánicos de mercado donde se comprobó la calidad del compost mediante análisis físicos-químicos, químicos y biológicos los mismos que están dentro de los rangos permisibles de un producto de calidad (Jiménez, 2015, p.89). Por otro lado los análisis realizados en compost maduro obtenido a base de residuos florícolas son aptos para el uso agrícola ya que este producto cumple con las condiciones propuestas por las normas nacionales e internacionales (Quilachamin, 2014, pp.31-35).

### **Justificación de la investigación**

Para el Ministerio del Ambiente ecuatoriano (MAE, 2018, pp.34-36) la falta de educación ambiental en la ciudadanía ecuatoriana ha provocado gran desinterés en cuanto a ambiente se refiere, si bien es cierto que en la actualidad hay mayor conocimiento en materia ambiental, aun se debe promover la cultura regenerativa y sustentable en algunas ciudades ecuatorianas.

Actualmente el Ecuador cuenta con programas de educación ambiental que se acogen a la constitución ecuatoriana creada en el año 2008, en la cual reconoce los derechos de la naturaleza al mismo nivel jerárquico que los derechos humanos y su objetivo es claro, aprovechar los recursos para restaurar la huella ecológica (Falconí y Hidalgo, 2019, pp.8-11).

A pesar que en el Ecuador la naturaleza tiene derechos, la falta de cultura en sus ciudadanos hace que no haya conciencia en el correcto manejo de los residuos sólidos llegando este problema a todos los mercados municipales del país (MAE, 2018, pp.52- 55).

Tanto en el mercado de Flores de la ciudad de Ambato como en el mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba la disposición final de los residuos sólidos generados en estos mercados es ineficiente ya que no se saca ningún provecho de estos, trayendo consigo problemas ambientales. Todos los desechos sólidos que se generan en estos mercados son transportados y depositados en los botaderos a cielo abierto de su respectiva ciudad sin ningún previo tratamiento generando grandes cantidades de lixiviados y gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>),

metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) que resultan peligrosos para la salud y el ambiente (Vicardi, 2015, pp.15-17 ).

El objetivo de este proyecto de investigación es proponer una opción para el tratamiento más adecuado de la gran cantidad de residuos sólidos generados en el mercado de Flores de Ambato y el mercado La Condamine en Riobamba y evitar su disposición final en un relleno sanitario sin tratamiento. Con la aplicación de la técnica de compostaje es posible obtener un fertilizante orgánico libre de patógenos, estable y con excelentes propiedades físicas, químicas y biológicas para ser utilizado como compost o mejorador de suelos para cultivos agrícolas. Además, esta investigación buscará solucionar los problemas asociados a las grandes cantidades de residuos en los mercados y concienciar sobre el reciclaje y el correcto uso de los residuos, también pretende investigar la calidad de compostaje que resulta de mezclar desechos florícolas y desechos orgánicos. El diseño involucra la elaboración de 2 pilas de compostaje a través del sistema windrow en diferentes proporciones de residuos de las 2 fuentes de investigación mencionadas. Se realizará la caracterización inicial de los residuos a través de las propiedades físico-químicas, químicas y biológicas, así como de las muestras obtenidas en el proceso de compostaje y compost final. Los análisis involucrarán la determinación de: pH, CE, % materia orgánica, relación C/N, aniones, polifenoles, macro y micro nutrientes, concentración de metales pesados e índice de germinación (con un total de 30 análisis por muestra). Todos los análisis se realizarán por triplicado.

En esta investigación los principales beneficiados serán en primer lugar los comerciantes tanto del mercado de Flores de la ciudad de Ambato como los del mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba, puesto que, ya no tendrán que lidiar con la excesiva producción de residuos, además de conservar los mercados más estéticos y libre de desechos. Por otro lado, al obtener un abono orgánico con excelentes propiedades, los agricultores pueden utilizarlo para obtener productos libres de químicos y de buena calidad, beneficiándose tanto el productor como el consumidor.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***General***

Elaborar compost a partir de la mezcla de residuos florícolas del mercado de flores de la ciudad de Ambato con residuos orgánicos del mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba y valorar la calidad del compost final.

### ***Específicos***

- Realizar la caracterización inicial tanto de los residuos florícolas, residuos de mercado y aserrín.
- Controlar el proceso de compostaje a través de la medición de parámetros físico-químicos, químicos y biológicos.
- Evaluar la calidad del compost maduro mediante el análisis de sus propiedades físico-químicas, químicas, y biológicas.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Concepto de residuo

Un residuo es el resultado de actividades industriales, domésticas, municipales y comerciales que pueden ser aprovechados como materia prima en otros procesos (Salgado, 2012, p.91-112). Es importante mencionar que este término en la actualidad ha empezado a sustituir el concepto de basura.

#### 1.2. Tipos de residuos

##### 1.2.1. *Residuos agrícolas*

Es la porción no incluida en la cosecha, es decir, la parte de la agricultura que no alcanza los límites de calidad exigidos ya sean tallos, raíces, hojas y frutos además de pajas de leguminosas y cereales, restos de poda, las mismas que pueden ser aprovechadas perfectamente tras ser sometidas a diversos tratamientos de valorización (RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE, 2017, p.24).

Los principales residuos agrícolas son:

- Derivados del proceso productivo, formado por restos vegetales principalmente.
- Productos químicos empleados durante el desarrollo del cultivo, fertilizantes, plaguicidas, etc.
- Residuos generados en procesos industriales de transformación de los cultivos.
- Plásticos usados (RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE, 2017, p.24).

##### 1.2.2. *Residuos ganaderos*

El estiércol de ganado se utiliza para la producción de biogás, el mismo que se utiliza para calefacción o para producción de electricidad. La utilización de biogás evita emisiones de metano a la atmosfera y el bio-lodo es un fertilizante de mayor calidad que el estiércol fresco ya que tiene más concentración de nutrientes y el riesgo de propagación de nutrientes es menor (Núñez, 2012, p.142).

Los residuos de la actividad ganadera tienen como finalidad ser convertidos en subproductos de utilidad que no representen problema ambiental, esto se logra con un correcto manejo de residuos



desde el momento en que se producen con tratamientos mecánicos y biológicos. Los subgrupos que se encuentra entre los residuos ganaderos son:

- Estiércoles y purines
- Residuos zoonos sanitarios
- Subproductos de origen animal no destinados a consumo humano (Agencia Extremeña de la Energía, 2017, pp.10-19).

### ***1.2.3. Residuos agroindustriales***

El sector agroindustrial se encarga del procesamiento de los recursos agrarios, pecuarios y forestales. En Ecuador la tasa anual de residuos agroindustriales generados es de 2200 millones de kilogramos, la mayoría de ellos están compuestos de almidón o recursos lignocelulosos, que, con transformaciones químicas, físicas o biotecnológicas, pueden emplearse como materia prima, material de relleno o precursor de los bioplásticos. Este tipo de residuos se los puede encontrar en estado gaseoso, gases con material particulado, estado líquido como aguas o lodos residuales, pero la mayoría es de naturaleza sólida orgánica con alto contenido de material lignoceluloso. Se estima que en el año 2016 las procesadoras que más residuos generaron fue la de maíz (55%) y de arroz (44%). Dentro de los residuos agroindustriales se encuentran los residuos florícolas (Riera et al., 2019, pp.227-246).

#### ***1.2.3.1. Residuos florícolas***

Ecuador es el tercer país exportador de flores más importante, logrando ser reconocido por varios países como Europa, Rusia, y Estados Unidos. En la actualidad el cantón Pedro Moncayo ha sido declarado como la “Capital Mundial de la Rosa”. Por ser Ecuador un país florícola reconocido, las empresas dedicadas a la industrialización de flores utilizan gran cantidad de productos agroquímicos para cumplir con los estándares requeridos por los compradores. Otro problema latente en la industria son los plásticos de invernadero, que luego de haber cumplido su vida útil son desechados sin previo tratamiento, los efluentes líquidos generados por las empresas florícolas son eliminados directamente en las alcantarillas, ríos o quebradas. Así también, los desechos orgánicos que no son considerados aptos para la venta son desechados en los botaderos de basura municipal (Changoluisa, 2016, p.24).

#### ***1.2.3.2. Impactos ambientales de la industria florícola***

Uno de los principales problemas es que no existen datos exactos ni actuales de los problemas y afecciones al medio ambiente que genera la industria florícola, pero se conoce con certeza que la

mayoría de sólidos peligrosos del proceso industrial, al no contar con centros de disposiciones finales de residuos van a parar a ríos y terrenos aledaños. Y entre los principales afectantes que desembocan en los ríos son los envases vacíos de agroquímicos, líquidos procedentes de la hidroponía, aguas negras y grises por cosecha y preparados para la fumigación, el impacto al suelo se da cuando existen derrames de productos y al momento de aplicar plaguicidas y fertilizantes en el cultivo, también una inadecuada disposición de desechos peligrosos y no peligrosos ocasionan erosión en el mismo (Changoluisa, 2016, p.24).

#### ***1.2.4. Residuos urbanos***

Se considera residuo urbano a residuos generados de actividades domésticas, comerciales, industriales, residuos de limpieza urbana. También aquellos de similar composición generados en comerciales, plazas, y algunos sectores industriales. Se debe conocer la composición, origen y trazas de generación de residuos para darle una gestión integral del residuo adecuada (Tello, 2018, p.103).

##### ***1.2.4.1. Residuos de mercado***

Los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados equivalen al 62% del total de residuos sólidos urbanos, los mismos que son confinados en el relleno sanitario de las ciudades sin ningún tipo de tratamiento previo, lo que ocasiona impactos ambientales negativos y molestias a la población por los olores emanados ya que los grandes volúmenes de residuos sólidos orgánicos emanan gases de putrefacción en gran cantidad a la atmosfera, además de gases nocivos como CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y subproductos que se desprenden sobre el ambiente, otro problema que influye negativamente son los botaderos ilegales que existen alrededor de los mercados por falta de ecotachos, dichos botaderos son fuente de proliferación de ratas, insectos, que se convierten en vectores de dispersión de enfermedades microbianas como la tifoidea, hepatitis, salmonelosis, desinteria entre otros (Alvaro y Olives, 2013, 1-5).

##### ***1.2.4.2. Residuos domésticos***

Son los residuos generados en los hogares servicios e industrias, se incluye en esta categoría a los residuos electrónicos, ropa, muebles, enseres, residuos y escombros procedentes de obras de construcción menores (Munizaga y Lobo, 2013, pp.9-17).

#### *1.2.4.3. Residuos comerciales*

Actividades propias del comercio al por mayor y menor de servicios de restauración, bares, mercados y plazas (Sáez y Urdaneta, 2014, pp.13-44). La principal problemática de los mercados ecuatorianos es la falta de contenedores específicos para cada residuo, desperdicios de comida, legumbres, hortalizas, frutas entre otros, que son eliminados conjuntamente con la basura no reciclable de mercados, ocasionando colapsos de eco-tachos, malos olores en la zona y malas costumbres en los moradores y su composición física mayoritariamente está conformada por 93% de material orgánico y 7% material inorgánico como fundas, vidrios, envolturas, y tierra (Francisco y Rodríguez, 2017, pp.133-142).

#### *1.2.4.4. Impactos ambientales de los residuos urbanos*

Los residuos urbanos presentan un inconveniente fitosanitario, por su elevado material orgánico se descomponen en poco tiempo, provocando malos olores, presencia de plagas, perturbación visual. Estos residuos urbanos se acomodan sin protección ni recubrimientos en botaderos de basura produciendo olores, gases y líquidos contaminantes (Ramos y Terry, 2017, pp.52-59). Además que son ambientes donde proliferan los patógenos que son tipos de organismos que causan padecimientos leves y graves a la salud, están incluidos virus, bacterias o quistes (Torres et al., 2016, pp.2-4). Para evitar estos contratiempos se realiza diversos tratamientos a los residuos, como el almacenamiento en vertederos, incineración, pirolisis, aprovechamiento para la producción de biogás o compost (Valverde, 2015, pp.20-28). Al aprovechamiento de residuos sólidos para obtener nueva materia prima que pueda ser incorporada al ciclo de producción o de consumo se lo conoce como reciclaje (Sanmartín, et al., 2017, 37-39).

### **1.3. Tecnologías para el aprovechamiento de los residuos**

#### *1.3.1. Incineración*

La incineración de residuos consiste en destruir la fracción orgánica de los residuos y por ende reducir el volumen, este proceso se realiza a través de un proceso de oxidación a temperaturas de 800 – 1100 °C. Este método para su correcto funcionamiento debe cumplir los siguientes criterios de funcionamiento y operación; una alta eficiencia de combustión, destrucción y remoción de gases tóxicos, un límite permisible en la emisión de partículas, una temperatura mínima específica, así como niveles aceptables de tiempo de residencia de los gases generados en el combustor (López et al., 2008, pp.88-100).

### ***1.3.2. Tratamiento mecánico biológico (TMB)***

Este método trata de separar residuos sólidos urbanos en una porción biodegradable y una porción de rechazo, por ende, este tratamiento es utilizado con frecuencia para hacer más eficientes los rellenos sanitarios. La porción biodegradable es sometida a descomposiciones aerobias o anaerobias antes de ser llevada al sitio de disposición final, mientras que la parte rechazada se compone de residuos reciclables y residuos no fermentables, posterior a eso es llevado a las plantas de reciclaje o incineración (Jimenez, 2015, pp.39-40).

Aunque es un tratamiento muy extendido por Europa y España, su principal problema es en la cantidad de rechazo generado por la heterogeneidad del material entrante en el proceso, ya que entra gran cantidad de material que no es recuperado y que termina siendo rechazo (Edo, 2019, pp.3-5).

### ***1.3.3. Tratamiento mediante digestión anaerobia***

La digestión anaerobia ocurre mediante fermentación microbiana en ausencia de oxígeno dando lugar así a la presencia de gases como el metano y dióxido de carbono y a lodo que contiene los microorganismos de la degradación de la materia orgánica, la materia prima que se usa para este proceso debe tener alto contenido de humedad, como restos de comida, restos de hoja y hierbas, residuos ganaderos, lodos de plantas depuradoras, etc. (Lorenzo y Obaya, 2015, pp.36-37).

La digestión anaerobia se produce en ambientes naturales como zonas pantanosas o en zonas anegadas para el cultivo de arroz, sedimentos de lagos, principalmente en zonas anóxicas del suelo. En vista que no hay oxidación en un tratamiento anaeróbico, una mínima parte de DQO es convertida en lodo (3 a 10%) por ende una pequeña parte de energía libre es liberada, mientras que la parte de energía que no se liberó permanece en el metano producido. La degradación anaeróbica de la materia orgánica requiere bacterias hidrolíticas, bacterias fermentativas, bacterias acetogénicas y bacterias metanogénicas (Rodríguez, 2015, pp.8-11).

### ***1.3.4. Aprovechamiento energético de biogás***

El biogás se obtiene a partir de biodigestores, y su principal materia prima es excretas de distintas especies de ganado, dicha materia prima es mezclada con agua generando así la metanogénesis. Su generación por medio de excretas proporciona energía a bajo costo, se utiliza para producción de calor y la generación de energía eléctrica. Este proceso tiene como beneficios la protección al ambiente, reduciendo de esta forma la huella de emisiones de gases de efecto invernadero. El principal biodigestor que se usa es los tipos laguna y el biogás producido en este biodigestor se usa para alimentar calderas y generar electricidad (Venegas et al., 2019, pp.173-175).

### ***1.3.5. Vermicompostaje***

Este tratamiento es considerado como un proceso eco-tecnológico de bajo costo ya que las lombrices y microorganismos son los encargados de la degradación y la estabilización de residuos orgánicos, por ende, se evidencia una reducción de volumen de residuos orgánicos tales como excretas de animales que generan problemas ambientales. El vermicompostaje convierte residuos orgánicos en productos de valor agregado que son usados para la restauración ecológica. En este bio-proceso tecnológico los microorganismos realizan la función de degradación bioquímica de materia orgánica, por otro lado, las lombrices son conductores del proceso mediante la fragmentación y el acondicionamiento del sustrato para la actividad microbiana (Villegas y Laines, 2017, pp.394-395).

### ***1.3.6. Compostaje***

Se le conoce como compostaje al proceso de descomposición biológica de sustratos orgánicos llevada a cabo por microorganismos en condiciones aerobias, el resultado de este proceso es un material estable, libre de patógenos que puede aplicarse en suelos, con las adiciones de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub>. El compostaje tiene dos etapas; descomposición y estabilización. En la etapa de descomposición trabajan principalmente microorganismos aerobios mesófilos transformando compuestos como azúcares, proteínas, almidón y aminoácidos a especies orgánicas e inorgánicas más sencillas, determinando el consumo de O<sub>2</sub>, la emisión de CO<sub>2</sub> y la producción de energía liberada en forma de calor. En la etapa de estabilización se descomponen moléculas más complejas, provocando que la temperatura disminuya y que el pH se vuelva ligeramente alcalino hasta el final del proceso, la población de microorganismos termófilos disminuye y predominan microorganismos mesófilos, mientras que los actinomicetos degradan el almidón, celulosa, hemicelulosa y ligninas (Oviedo et al., 2017, pp.32-33).

El compostaje es un proceso de bajo costo que cumple con varios beneficios en el ambiente ya que garantiza que la materia orgánica se integre en el ciclo de producción primaria, los suelos que son enriquecidos con este tipo de abono mejoran sus propiedades físico-químicas aumentando así la productividad de los cultivos (Vargas et al., 2019, pp.124-125).

## **1.4. Proceso de Compostaje**

El proceso de compostaje empieza con la utilización de desechos que es el material inservible que ha sido generado por la actividad humana, por ende, están destinados a ser rechazados, entre los desechos más comunes se encuentran plásticos, papel, textiles, madera, etc., no combustibles

como metal (Flores, 2015, pp.128-135) y biorresiduos que son el material procedente de jardines y parques, residuos alimentarios, y también a los residuos procedentes de plantas procesadoras de alimentos (Ramos y Terry, 2017, pp.20-28). El ciclo consiste en la descomposición y la estabilización de la materia orgánica, microorganismos mesófilos y termófilos participan en la transformación de compuestos como azúcares, proteínas, almidón, aminoácidos, celulosa hemicelulosa y lignina. El resultado final es la obtención de un producto estable, libre de patógenos y semillas (Abellan y Palacios, 2015, pp.18-19), muy similar a las sustancias húmicas del suelo, a este producto final se lo conoce como compost.

#### ***1.4.1. Planta de compostaje***

Una planta de compostaje es una instalación destinada al almacenamiento de residuos orgánicos que posteriormente serán utilizados en un tratamiento biológico. En una planta de compostaje es recomendable escoger el sistema más sencillo para disminuir costes de instalación, mantenimiento y facilitar el control de la misma (Gómez, 2006, pp.140-168). La materia orgánica que es la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo (Julca et al., 2016, pp.49-61), va colocada en pilas, que se las conoce como pilas de compostaje, estas son capas de materia orgánica que se van descomponiendo a lo largo del tiempo y se obtiene un producto final denominado compost. La descomposición de materia orgánica en una planta de compostaje es un proceso simple, versátil y de escasas complicaciones (Docampo, 2017, pp.63-67).

Dentro de las plantas de compostaje se produce abono orgánico que es el resultado de la descomposición aeróbica de materiales orgánicos por acción de microorganismos en un proceso controlado (Ramos y Terry, 2017, pp.50-57).

- **Digestión anaerobia**

Es la descomposición biológica sin la presencia de oxígeno y como resultado de este proceso se obtiene: biol y biogás; siendo el biogás como uno de los componentes más usados para la producción de energía (Basantes, 2018, p.12).

- **Digestión aerobia**

Es el proceso de estabilización y degradación de la materia orgánica en presencia de oxígeno con la ayuda de microorganismos (Salazar, 2017, pp.74-84). Existen 3 grupos bacterianos que intervienen en la digestión anaerobia: las bacterias metanogénicas o formadoras de metano, las bacterias acidogénicas o formadoras de ácido y las bacterias acetogénicas o formadoras de acetatos (Montaño et al., 2016, pp.17-19).

## ***1.4.2. Fases del proceso de compostaje***

### *1.4.2.1. Etapa de latencia*

Es la etapa que da inicio al proceso de compostaje y es considerada desde la construcción de la pila hasta constatar aumentos de temperatura en relación a la temperatura ambiental. Esta fase se puede observar siempre y cuando los residuos utilizados para el proceso de compostaje son recolectados recientemente, caso contrario si los materiales orgánicos han sido almacenados o el tiempo de acopio ha sido significativo no se podrá evidenciar dicha etapa. Los dos factores que definen la duración de esta fase son la carga de biomasa microbiana que poseen los residuos iniciales y la temperatura ambiente. Con pilas correctamente construidas y temperatura ambiente de 10 a 12°C, la etapa de latencia dura de entre 24 a 72 horas (Sztern y Pravia, 2012, pp.18-19).

### *1.4.2.2. Etapa mesófila*

En esta etapa la temperatura asciende hasta aproximadamente los 40 °C, esto se debe a la actividad microbiana ya que los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno como fuente de energía y generan calor (Román et al., 2015, p.23).

En este punto el pH cae desde valores básicos y neutros hasta valores ácidos o ligeramente ácidos que están entre 5,5 y 6, esta variación del pH es el resultado de la conversión de lípidos y carbohidratos en ácidos pirúvicos, como también las proteínas en aminoácidos, estas transformaciones provocan el crecimiento poblacional de hongos mesófilos con características más resistentes a alteraciones de humedad y pH (Jiménez, 2015, p.26).

### *1.4.2.3. Etapa termófila*

En esta fase las pilas de compostaje alcanzan temperaturas superiores a los 45°C, por esta razón los microorganismos que se desarrollaron en la fase mesófila son reemplazados por bacterias termófilas y otros microorganismos que crecen a temperaturas altas, encargándose de la degradación de fuentes de carbono más complejas como la celulosa y la lignina (Román et al., 2015, p.23). En la etapa termófila es recomendable que la temperatura no exceda los 70°C ya que a temperaturas superiores algunos microorganismos presentes mueren y el proceso no se completa correctamente.

Por otro lado, es importante que las pilas de compostaje alcancen altas temperaturas (por encima de los 55 °C) para que se pueda eliminar plagas, patógenos, raíces y esporas que posiblemente posean los residuos iniciales, teniendo como resultado un abono higienizado. Las altas

temperaturas son indicadores de que la presencia de oxígeno utilizado por las bacterias es el adecuado, caso contrario cuando la cantidad de oxígeno disminuye las poblaciones microbianas también, dando como consecuencia mal olor al proceso ya que el material inicial no se degradará completamente. Otro parámetro de control importante en la fase termófila es la humedad puesto que en esta etapa la alta actividad microbiana hace que se pierda gran cantidad de agua, esta pérdida de agua debe ser repuesta con riegos constantes durante el proceso de compostaje (Jiménez, 2015, p.26).

#### *1.4.2.4. Etapa de enfriamiento*

En esta etapa del proceso de compostaje la temperatura empieza a descender aproximadamente a los 40 – 45°C ya que las fuentes de carbono y nitrógeno escasean y por ende la actividad microbiana disminuye. Es importante mencionar que durante esta fase la degradación de polímeros y de celulosa continúa y además aparecen hongos que pueden ser observados a simple vista. El pH en esta fase se mantiene ligeramente alcalino puesto que algunos microorganismos mesófilos debido al descenso de la temperatura reinician su actividad. Es posible que esta fase sea confundida con la etapa de maduración ya que se demora varias semanas en completarse (Oviedo et al., 2017, p.95).

#### *1.4.2.5. Etapa de maduración*

La etapa de maduración es la última fase del proceso de compostaje donde dura aproximadamente dos meses y en la cual se desarrolla reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados con el fin de formar ácidos húmicos y fúlvicos. Además, en esta etapa se puede observar la presencia de macro invertebrados como insectos, anélidos, arácnidos, entre otros (Gordillo et al., 2011, pp.140-149).

### ***1.4.3. Factores que intervienen en el proceso del compostaje***

El control de factores como; oxígeno, contenido de nutrientes, materiales, volumen, superficie permiten el desarrollo del compostaje de forma adecuada, existen otros tipos de factores que son modificables como homogenización del material, tamaño de pila que también son importantes al momento de realizar el proceso.



#### *1.4.3.1. Concentración de Oxígeno*

El compostaje es un proceso aerobio, por lo que la aireación es importante para la respiración de los microorganismos, además que evita que el material se compacte. En el proceso de compostaje las necesidades de oxígeno varían según la etapa que este atravesando el material de compostaje la fase termófila es la etapa que mayor consumo de oxígeno representa (Román et al., 2015, pp.25-26). Al principio del proceso la concentración de oxígeno se encuentra entre los 15 y 20 %, conforme la actividad microbiana avanza el oxígeno que se encuentra en el compost decae mientras que el dióxido de carbono aumenta. Además, permite oxidar las moléculas orgánicas, los microorganismos aerobios pueden sobrevivir a una concentración de oxígeno de 5%, pero se recomienda mantener el compostaje al 10% (Fallas, 2016, pp.9-11).

#### *1.4.3.2. Contenido de nutrientes*

La cantidad de nutrientes presentes en el compostaje deben estar debidamente equilibrados ya que de esto depende el porcentaje de carbono y nitrógeno presente en el mismo, la relación entre C/N debe mantenerse entre 25:1 y 35: 1, la materia prima más eficiente a compostar son lodos, materia orgánica proveniente de mercados o del hogar, residuos de poda (Chimbo, 2018, pp.15-16).

El intercambio catiónico, pH, materia orgánica, macronutrientes como el potasio, calcio, magnesio y azufre, micronutrientes cómo el boro, hierro, manganeso, sodio y cloro son los encargados de la reserva de nutrientes en las plantas, mineralización y humificación. Cuando un suelo cuenta con las cantidades adecuadas de nutrientes, el suelo aumenta su capacidad de resistir cambios en su pH cuando se adicionan productos demasiado ácidos o alcalinos (Lopez, 2016, pp.39-40).

#### *1.4.3.3. Materiales*

Para que un material sea considerado como materia prima para iniciar el proceso de compostaje debe tener buenas características físicas y químicas, por lo general los materiales que se utilizan con frecuencia provienen de cosechas, residuos de lodos, y residuos de poda. El resultado final del compostaje siempre dependerá de las propiedades y estado en el que se encuentre la materia orgánica que participe en el proceso (Rojas y Zeledón, 2017, pp.1-5).

#### *1.4.3.4. Volumen*

Por la actividad microbiológica que sucede al inicio del proceso de compostaje la pila retiene calor, esto hace que la pila mantenga un estado de robustez, conforme avanza el proceso los

residuos pierden peso, este fenómeno ocurre debido al cambio de materia orgánica y a la pérdida de humedad, por ende, el volumen estará sujeto a la naturaleza de la materia prima que se utilice en el proceso y a la cantidad de volteos que se dé a la pila de compostaje (Rivas y Silva, 2019, pp.90-93).

#### *1.4.3.5. Superficie*

La materia prima que se use en el proceso de compostaje requiere ser triturada para que de esta forma sea más fácil la degradación por los microorganismos, acelerando o al menos no retardando el proceso de compostaje (Chimbo, 2018, pp.17-18).

### **1.4.4. Parámetros de control del proceso de compostaje**

#### *1.4.4.1. Relación C/N*

La materia prima que se usa en el compostaje está íntimamente ligada a las variaciones de C/N que en el proceso produzca, la relación existente de carbono y nitrógeno se obtiene al dividir el Carbono entre el nitrógeno total de los materiales a compostar (Román et al., 2015, pp.53-63).

Cuando el material a compostar tiene una relación de C/N entre 20 a 40, es apto para iniciar el proceso de compostaje. Si la relación es baja se producen pérdidas considerables de nitrógeno en forma de amoníaco, por el contrario, si la relación es demasiado alta el compostaje se limita por falta de nitrógeno generando insuficiente calor en la pila, se considera una relación de C/N entre 25-35 como adecuada (Valverde, 2015, pp.15-19).

#### *1.4.4.2. Granulometría*

Existe el compost grueso que resulta de un cribado grueso con malla que va desde los 12 a 25 mm, dando lugar a un compost con trazas leñosas de materia prima que no se han descompuesto en su totalidad. El compost fino es cribado con una malla igual a 10 – 12 mm, el producto es extremadamente fino. Para obtener este tipo de granulo en el compostaje se realiza un tipo de zarandeo al compost para de esta forma clasificarlo y usarlo en el propósito adecuado (Balvin, 2019, pp.67-68).

#### *1.4.4.3. Contenido de materia orgánica*

El carbono que existe en la materia orgánica compostada cambia a anhídrido carbónico, provocando una disminución del peso total de hasta el 20% en la masa compostada (Valverde, 2015, pp.20-23).

La materia orgánica se forma por la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos y su clasificación está asociada a compuestos húmicos y no húmicos. En los compuestos no húmicos existen composiciones químicas e incluso la estructura física la materia orgánica original, los organismos desintegran estas sustancias mientras que el resto son transformados en una mezcla compleja de sustancias coloidales y amorfas de colores cálidos (Ramos, 2019, pp.29-30).

#### *1.4.4.4. Metales pesados*

Por definición los metales pesados son elementos que no se desintegran pero su estado de oxidación si varía, mientras que en el compost los metales pesados delimitan la calidad del compostaje, la cantidad de metales pesados encontrados en la materia prima del compostaje está relacionada con la actividad industrial por esta razón la Unión Europea estandarizó límites permisibles para los metales pesados tales como arsénico proveniente de la industria, el cromo metálico, el cadmio que es el metal más contaminante, el cobre que originalmente proviene de los plaguicidas, el mercurio, el níquel, el plomo y el zinc (Zarate, 2019, pp.40-41).

- ***Durante el proceso***

#### *1.4.4.5. Temperatura*

La temperatura es un parámetro importante para el compostaje ya que dependiendo de su variación se conocerá la fase en la que se encuentra, el proceso de compostaje inicia a temperatura ambiente aproximadamente de 10 a 12°C en su fase de latencia, ascendiendo hasta los 65 °C en su fase termófila, mientras que en la fase de enfriamiento la temperatura desciende hasta los 40 °C, finalmente esta disminuye nuevamente a temperatura ambiente en la fase de maduración. Es de gran importancia observar el comportamiento de la temperatura, ya que si ésta decae rápido la velocidad de descomposición disminuirá (Román et al., 2015, pp.25-30).

El balance que existe entre el proceso aerobio y la pérdida de calor da como resultado la temperatura, y cada bacteria involucrada en el proceso tiene su temperatura óptima para poder funcionar, para los organismos mesófilos la temperatura adecuada es de 15 y 40 °C y para los organismos termófilos la temperatura adecuada oscila entre los 40 y 70 °C (Zarate, 2019, pp.35-36).

#### *1.4.4.6. pH*

El pH es un factor que condiciona el crecimiento de microorganismos, un pH extremo no es problema para el proceso, pero influye mucho en la cinética, dificultando el tipo de reacciones y la velocidad, el pH también es un indicador del proceso ya que al principio disminuye debido a la formación de ácidos libres para posteriormente ir en ascenso gracias al amonio que se desprende por la desintegración de proteínas (Gómez, 2006, pp.27-28).

Un pH ideal es el que oscila entre los 5,8 a 7,2 pero la funcionabilidad de los microorganismos sucede en un pH de 6,0 a 7,5, los valores verdaderos en los que se encuentra el pH de la pila varían entre 4.5 a 8.5 dependiendo de la fase en la que este, cuando se forman los ácidos orgánicos en la primera fase, ocurre la acidificación de pH, la alcalinidad del pH se encuentra en la fase termófila, con esto concluye el proceso cuando los valores se acercan al pH neutro (Román et al., 2015, pp.25-30).

#### *1.4.4.7. Conductividad eléctrica*

La conductividad eléctrica es la capacidad del sustrato para permitir el paso de la corriente eléctrica y tiende a aumentar cuando la concentración de nutrientes aumenta, la conductividad eléctrica está determinada por su concentración de sales y se mide por lo general en ds/m, a su vez, sus valores vienen determinados por la temperatura, los valores que generalmente se usan es a 25 °C (Valverde, 2015, pp.25-31).

#### *1.4.4.8. Humedad*

Es un parámetro clave para el control y monitoreo del compostaje ya que los microorganismos usan el agua como transporte de nutrientes y elementos energéticos que son receptados por la membrana celular, el porcentaje óptimo de humedad se encuentra entre los 55%, pero el mismo puede variar dependiendo de la granulometría y el estado físico. Si existe una humedad debajo del 45% la actividad microbiana disminuye, provocando un estancamiento de todas las fases de degradación, por otro lado, si la humedad excede el 60% obstruirá la oxidación del material (Román et al., 2015, pp.27-28).

La humedad ideal se encuentra entre el 40 y 60 % y depende del balance de agua contenida en el material a compostar originalmente, de su producción resultante de la actividad biológica y de las pérdidas causadas por la evaporación (Valverde, 2015, pp.35-37).

#### ***1.4.5. Parámetros para evaluar la calidad del compost***

##### *1.4.5.1. Macronutrientes y micronutrientes*

Los macronutrientes ayudan a mejorar la calidad del suelo, por consiguiente, se ven involucrados en la fotosíntesis, estructura y crecimiento de la planta, además de ayudar a absorber nutrientes secundarios, los más relevantes son nitrógeno, fósforo y potasio (Vásquez, 2017, pp.10-11).

Por otro lado, tenemos los micronutrientes, los más relevantes para la planta es el Fe, Mn, Cu, Na y Si, que se encuentran en cantidades altas en suelos tropicales húmedos y en menor proporción en las demás zonas (Damiani, 2016, pp.1-2).

##### *1.4.5.2. Metales pesados*

Los metales pesados tienen distintas formas en las que se encuentra en el suelo de manera natural o como material geológico inalterado, por sus características químicas son considerados como dañinos si se encuentran en grandes cantidades, sin embargo, casi siempre suelen estar presentes en cantidades menores el Cd, Co, Cr, Cu, Pb y Zn. Los metales pesados tienen la capacidad acumulativa y suelen permanecer en el suelo durante mucho tiempo (Venegas, 2015, pp.3-4).

##### *1.4.5.3. Índice de germinación*

Los niveles de germinación que se da en el análisis respectivo señala el grado de madurez de residuos orgánicos que se encuentren en el compost, el índice de germinación deberá tener valores iguales o superiores al 80% para ser considerados buenos, por otro lado, si el índice de germinación es menor al 50% es considerado como compostaje aun no desarrollado y por ende sugiere que aun continua en la fase de estabilización (Chávez, 2015, pp.68-69).

#### ***1.4.6. Microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje***

Durante el proceso de compostaje existe una gran variedad de microorganismos que permiten la descomposición de los residuos, a lo largo que avanza el tiempo estos microorganismos son reemplazados con otros los cuales quedan hasta el final del proceso siendo benéficos y brindado al compost maduro las propiedades de eficiencia y calidad para que sean aptos para la aplicación en el suelo.

#### 1.4.6.1. Bacterias

Las bacterias son los organismos más numerosos que se encuentran en el proceso de compostaje con un aproximado del 80 a 90% del cien número de microorganismos dispuestos allí. En la primera etapa de la descomposición las bacterias mesófilas aeróbicas se reproducen a una velocidad muy grande lo que provoca un aumento de la temperatura en el proceso, posteriormente a medida que avanza el proceso, las temperaturas aumentan lo cual hace que el ambiente no se apto para estas bacterias y disminuyen su número. Estas vuelven a abundar en la etapa de enfriamiento gracias a la disminución de la temperatura. Las bacterias mesófilas consumen los hidratos de carbono y las proteínas que están más fácilmente disponibles. Las bacterias termófilas descomponen inicialmente las proteínas y los hidratos de carbono no celulósicos. También son susceptibles de consumo las hemicelulasas y los lípidos, pero no acceden a la celulosa y a la lignina (Tituaña, 2009, pp.23-24).

#### 1.4.6.2. Hongos

La presencia de hongos en el proceso de compostaje es menor al de las bacterias, pero su masa es mayor. Estos microorganismos son los responsables de degradar polímeros vegetales complejos, pobres en nitrógeno, muy secos o ácidos, alistándolos para que posteriormente sean descompuestos fácilmente por las bacterias, esto permite que el proceso no falle ya que los polímeros son los compuestos más difíciles de eliminar en los tratamientos de residuos. La mayoría de los hongos se ubican en las capas externas de la pila cuando las temperaturas son muy altas (Tierra, 2010, pp.16-18).

Los hongos hacen posible que todos los residuos orgánicos sean transformados en nutrientes y a su vez puedan ser aprovechados por las plantas, la transformación de materia orgánica en humus se logra a través de reacciones saprófitas (Jiménez, 2015, p.31).

#### 1.4.6.3. Actinomicetos

La contribución de los actinomicetos a la obtención de compost es notable, ya que tiene una gran capacidad enzimática para hidrolizar sustancias orgánicas complejas como la celulosa, la lignina y la pectina. Algunas de las especies que participan en este proceso son tolerantes a las temperaturas que alcanza el proceso de compostaje. Por este motivo, las especies *Streptomyces albogriseolus* y *S. thermovulgaris* son los actinomicetos termófilos más frecuentemente encontrados en las compostas (Camacho et al., 2014, pp.291-300).

Los Actinomicetos son organismos que se parecen mucho a los hongos en comparación a la formación de sus colonias, pero son más cercanos con las bacterias, estos microorganismos son los encargados de proporcionar el olor particular a tierra mojada que tiene el compost maduro después de haber terminado el proceso de compostaje. (Jiménez, 2015, p.31).

#### 1.4.6.4. Protozoos

Los protozoos se alimentan de bacterias y restos orgánicos liberando sustancias nutritivas que ayudan con el desarrollo de otros organismos como hongos y plantas. Los protozoos se desplazan en el suelo gracias a films de agua. Debido a la necesidad de agua, se encuentran en la zona de la rizósfera (Mac-Donnell, 2018, pp.18-20).

Los protozoos empiezan su trabajo en el compost cuando las temperaturas bajan a los 50°C, por lo que un compost inmaduro no tendrá cantidades importantes de protozoos. Se necesitan por lo menos 3 días de extracción para una reproducción de protozoos suficiente en el té de compost. De lo contrario, su número depende de la cantidad presente en el compost original. Si el número de protozoos aumenta demasiado, pueden desaparecer bacterias importantes como *Azotobacter*, fijadora de nitrógeno atmosférico. Los protozoos contienen menos N en sus células que las 16 bacterias de que se alimentan por lo tanto el exceso de nitrógeno se elimina como amonio que es aprovechado por las plantas, otras bacterias y microorganismos (Mac-Donnell, 2018, pp.18-20).

**Tabla 1-1:** Microorganismos que participan en las diferentes fases del compostaje.

ETAPAS DEL COMPOSTAJE					
MICROORGANISMOS		Mesófila 20°C-40°C	Termófila 40°C-70°C	Enfriamiento 70°C-20°C	Nº de especies
Bacterias	Mesófilos	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>11</sup>	6
	Termófilos	10 <sup>4</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup>	1
Actinomicetos	Termófilos	10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	14
Hongos	Mesófilos	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	18
	Termófilos	10 <sup>3</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	16

Fuente: Laich, 2011, pp.174-183.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

#### 1.4.7. Tipos de Compost

De acuerdo con el nivel de calidad el compost se puede clasificar en:

#### 1.4.7.1. Compost clase A

Este compost es un producto de alta calidad que cumple con los parámetros establecidos en la Norma para compost de clase A. por lo anteriormente mencionado este abono no tiene restricciones de uso puesto que ha pasado por un proceso de humificación por tal motivo puede ser colocado en las macetas directamente sin haber sido mezclado con otros productos. La relación carbono/nitrógeno de esta enmienda debe ser menor o igual a 25, mientras que la conductividad eléctrica debe ser menor a tres decisiemens por metro (3dS/m) (Chimbo, 2018, pp.25-26 ).

**Tabla 2-1:** Concentración máxima de metales pesados en compost.

<b>Metal pesado</b>	<b>Concentración máxima en mg/Kg de compost (base seca)</b>
Arsénico (As)	15
Cadmio (Cd)	2
Cobre (Cu)	100
Cromo (Cr)	120
Mercurio (Hg)	1
Níquel (Ni)	20
Plomo (Pb)	100
Zinc (Zn)	200

Fuente: (Chimbo, 2018, pp.25-26).

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

#### 1.4.7.2. Compost clase B

La calidad de este producto es intermedia y como consecuencia a esto tiene ciertas restricciones de uso ya que para ser aplicado en macetas necesita mezclarse con otros elementos. Para cumplir con los parámetros establecidos por la Norma para compost de clase B, la conductividad eléctrica debe ser menor a ocho decisiemens por metro (8dS/m) y la relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 30 (Chimbo, 2018, p.26).

De acuerdo a la etapa del proceso de compostaje el compost se clasifica en:



#### *1.4.7.3. Compost fresco*

El compost fresco es el material de inicio que, si bien han pasado por la etapa termofílica del proceso de compostaje en la que se elimina un gran número de patógenos presentes en los residuos, este material aún se encuentra en proceso de degradación aunque la intensidad es menor que en la etapa de inicio, por lo tanto este producto aún no es estable y no se recomienda colocar directamente sobre las raíces de los sembradíos ya que con estas características estos materiales suele provocar varias reacciones opuestas (Jiménez, 2015, p.48).

Generalmente, en la mayoría de los casos el compost fresco genera problemas debido a que es un producto inestable, pero en algunas situaciones puede ser beneficioso para algunos tipos de suelo ya que les puede brindar estabilidad. Para utilizar esta enmienda es recomendable preparar los terrenos de sembradíos y posteriormente colocar el producto a una profundidad que vaya de entre 5 a 10 cm con respecto al suelo ya que esto impedirá problemas en las cosechas. (Jiménez, 2015, p.48).

#### *1.4.7.4. Compost maduro*

El compost maduro es el producto que se consigue después de que cualquier residuo de origen orgánico ha sido completamente descompuesto y pasa por todas las fases del proceso de compostaje y este material tiene varias propiedades beneficiosas para los cultivos, ya que los valores de sus parámetros están en línea con los lineamientos para clasificar como compost maduro, sin embargo, es recomendable no aplicarlo directamente sobre las raíces de las plantas pues es posible que haya consecuencias negativas al realizar esta acción (Jiménez, 2015, p.48).

#### *1.4.7.5. Compost curado*

El compost curado es utilizado como fertilizante orgánico para cultivos, y aunque se aplica directamente a las raíces de los cultivos este abono no posee riesgo alguno, pues toda la materia orgánica inicial ha sido completamente mineralizada, por ende, es una enmienda que ha logrado su estabilidad (Jiménez, 2015, p.48).

#### ***1.4.8. Ventajas del uso del compost en el suelo***

En la actualidad el compost es reconocido como uno de los abonos orgánicos más estudiados y practicados a nivel mundial. Se ha hecho variedad de estudios donde se ha comprobado que esta enmienda orgánica mejora algunas características del suelo como:

- La fertilidad
- La capacidad de almacenamiento de agua
- La mineralización del nitrógeno, el fósforo y potasio
- Mantiene valores de pH óptimos para la agricultura
- Evita cambios extremos en la temperatura
- Fomenta la actividad microbiana y
- Controla la erosión.

Los beneficios mencionados anteriormente pueden ser observados en suelos agrícolas, suelos de zonas áridas y semiáridas, que como se sabe son suelos que carecen de fertilidad, materia orgánica, nutrimentos, capacidad de retención de agua y pH alto (Lopez, 2016, pp.36-37).

Por otro lado, desde el punto de vista económico el compost es accesible al bolsillo de cualquier persona sobre todo para agricultores, ya que el costo a granel (sin envase ni etiqueta) de composta es por lo general 10% menos que la adquisición de fertilizantes químicos. Es importante mencionar que en Ecuador el uso del compost como producto rehabilitador del suelo tiene gran potencial e interés en la agricultura de todas las regiones del país, pues esta materia orgánica en el suelo en las proporciones ideales es determinante para asegurar la fertilidad y evitar la desertización. Entre las ventajas del uso de compostas se encuentran:

#### *1.4.8.1. Mejora las propiedades físicas del suelo*

La materia orgánica mejora la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, por otro lado, la materia orgánica aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, contribuyendo a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo a través de la formación de agregados. Otras mejoras en el suelo son:

- La configuración de los suelos es mejorada gracias a que proporcionan soltura a suelos duros y densos y proporciona sujeción a los suelos flojos y areniscos
- La porosidad es superior, permite mejor aireación y fluidez del agua.
- El desgaste desciende de factores ambientales.
- Los espacios para retener el agua aumentan.
- Proporciona un tono oscuro a negro que favorece el almacenamiento de energía calorífica

#### *1.4.8.2. Mejora las propiedades químicas del suelo*

La materia orgánica, según (Lopez, 2016, pp.35-36) proporciona macronutrientes y micronutrientes al suelo mejorando la capacidad de intercambio de cationes (CIC). El CIC consiste en captar los nutrientes catiónicos del suelo, facilitando su disposición a las plantas, y por ende se evita la

lixiviación. Al mismo tiempo, los compuestos húmicos forman complejos y quelatos estables, lo que hace que aumente la posibilidad de ser consumidos por las plantas. Otras mejoras son:

- Ayuda al suelo con la captación de fósforo, nitrógeno, potasio, hierro, azufre, calcio, magnesio entre otros minerales.
- La fertilidad aumenta en el suelo por medio de la adición de nitrógeno.
- La capacidad tampón que posee el compost le proporciona al suelo gran estabilidad de reacción.
- Los residuos de fertilizantes son inactivados gracias a la capacidad de absorción.
- Evita la proliferación de bacterias y hongos que perjudican a los sembradíos.

#### *1.4.8.3. Mejora la actividad biológica del suelo*

Según (Lopez, 2016, pp.36-37) los microorganismos presentes en el suelo utilizan la materia orgánica como fuente de energía y nutrición. La mineralización en el suelo se lleva a cabo gracias a que estos microorganismos viven a expensas del humus. Un suelo es considerado fértil cuando su actividad microbiana es activa. Lo ya mencionado se da debido al proceso de compostaje, proceso por el cual se obtiene compost, este es un producto que posee un gran contenido de materias orgánicas y nutrientes y es aprovechado como enmienda orgánica o sustrato. Otras mejoras son: Incrementa la acción de los microorganismos ya que el compost es una fuente de energía, esta enmienda orgánica contribuye con las condiciones adecuadas que un suelo debe poseer como oxigenación, pH, temperatura, permeabilidad y esto a su vez facilitan la mineralización de la fracción orgánica, nitrificación, amonificación y fijación de nitrógeno (Lopez, 2016, pp.36-37).

El compostaje reduce la proporción de C/N a niveles tolerables, ya que si el compost es aplicado al suelo, este tenga resultados favorables, el calor que genera el compostaje evita el crecimiento de las semillas que pueden estar presentes en el material de inicio. La depuración de microorganismos dañinos en el proceso permite el uso de los fertilizantes orgánicos sin consecuencias negativas en las plantaciones, reduciendo así la contaminación y los malos olores (Lopez, 2016, pp.37-38).

Otro de los beneficios del compost es que puede ser aplicado a cualquier tipo de suelo destinado a la actividad agrícola, pues proporciona los nutrimentos y propiedades físico-químicas que en algún punto fueron alteradas por los sembradíos de la agricultura. Las ventajas del uso de compost se han estudiado sobre todo en hortalizas, como tomate, brécol y chile. Los resultados de estos estudios demostraron un aumento en el rendimiento y calidad de los productos cosechados, una mayor disponibilidad de nutrimentos como nitrógeno, fósforo y potasio y una mejora general en las características físicas del suelo (Lopez, 2016, p.38).

## **1.5. Base legal**

### ***1.5.1. Constitución de la República del Ecuador***

**Art.14, Art. 66.-** La Constitución reconocen el derecho a vivir en un ambiente equilibrado, dónde, el objetivo colateral es la prevención del ambiente, conservación de ecosistemas, biodiversidad, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008, pp.14-32).

**Art. 264.-** El Estado garantiza la prestación de servicios públicos como agua potable, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008, pp.130-131).

### ***1.5.2. Reglamento al Código Orgánico De Ambiente***

**Art. 565.-** Los gobiernos municipales y metropolitanos están en la obligación de contar con un Plan de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios, el mismo que es sometido a regulación y control para posterior aprobación por la entidad pertinente (Autoridad Nacional del Ambiente) (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.117).

**Art. 577.-** Gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos. Desde un punto de vista técnico, ambiental y socioeconómico el manejo de residuos sólidos no peligrosos engloba medidas de planificación, monitoreo y evaluación, para de esta forma obtener mejores resultados en la evaluación para el manejo de residuos sólidos no peligrosos (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.120).

**Art.583.-** Los gobiernos autónomos descentralizados son los encargados de gestionar la producción de residuos sólidos y residuos sólidos no peligrosos además de minimizar su producción al máximo. Cabe mencionar que las autoridades correspondientes tales como La Autoridad Nacional del Ambiente, los gobiernos autónomos descentralizados y otras instituciones crearán mecanismos legales, administrativos, técnicos, económicos y de planificación que tengan como objetivo minimizar la generación de residuos sólidos y no peligrosos (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.122).

**Art. 586.-** Fases de gestión integral, las mismas que son actividades técnicas de gestión integral que consta de:

- a) Separación en la fuente;
- b) Almacenamiento temporal;
- c) Barrido y limpieza;
- d) Recolección;

- e) Transporte;
- f) Acopio y/o transferencia;
- g) Aprovechamiento;
- h) Tratamiento; y,
- i) Disposición final.

Las autoridades competentes prohíben la disposición final de residuos no peligrosos sin antes una autorización administrativa legal, asimismo, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas prohíbe la disposición fina en áreas naturales, predios de aguas marinas o naturales, playas, vías públicas, exteriores, patios, terrenos, lotes, arroyos (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019, p.123).

*TULSMA LIBRO VI, ANEXO 2: Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados*

Establece objetivos y parámetros de calidad ambiental del suelo, límites permisibles de contaminantes en función del uso del suelo bajo el amparo de la ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

**Tabla 3-1:** Criterios de calidad del suelo

Parámetro	Unidad	Valor límite
Parámetros Generales		
Conductividad	uS/cm	200
Parámetros Inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Bario	mg/kg	200
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Mercurio	mg/kg	0.1
Niquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Zinc	mg/kg	60
Parámetros Orgánicos		
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

**Fuente:** (Libro VI Anexo 2, 2015, pp.34-35).

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

*ACUERDO NO. 061. Reforma del LIBRO VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria: SECCIÓN I. gestión integral de residuos y/o desechos sólidos no peligrosos.*

#### **PARÁGRAFO VI DEL APROVECHAMIENTO**

**Art. 73.-** Del aprovechamiento. - tiene como propósito recuperar y aprovechar residuos recuperados de forma productiva y económica mediante el reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con fines de generación de energía (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.20-22).

- a) Los residuos sólidos no peligrosos deberán ser monitoreados mediante un acta de entrega por parte de los gestores ambientales autorizados por la Autoridad Ambiental competente (ACUERDO NO. 061,2015, pp.20-22).
- b) Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con programas de recuperación de residuos reciclables, y promover su reúso (ACUERDO NO. 061,2015, pp.20-22).
- c) La recuperación y aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos deberá efectuarse según lo establecido en la normativa ambiental vigente (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.20-22).

#### **PARÁGRAFO VII DEL TRATAMIENTO**

**Art. 74** Del tratamiento. - El tratamiento que se le dé a los residuos sólidos no peligrosos incrementa las posibilidades de reutilización o minimiza el impacto ambiental previo a la disposición final. El tratamiento de residuos o desechos sólidos no peligrosos puede ser térmicos (para recuperación de energía) o biológicos (usado para el compostaje) (ACUERDO NO. 061, 2015, pp.22-23).

##### **1.5.3. Normativa Europea para el proceso de compostaje**

Los residuos orgánicos deben cumplir una serie de parámetros para ser aptos en su uso, estos parámetros están estipulados por la norma europea EN 13432 sobre compostabilidad industrial. Pero, además, los usos del compuesto están regulados por el Real Decreto 999/2017 (NORMATIVA EUROPEA, 2019, pp.59-60).

El compostaje también debe cumplir normas sanitarias, las mismas que son reguladas por la UE no. 1774/2002 y 208/2006 establecen los estándares sanitarios para prevenir la propagación de patógenos durante el proceso de compostaje. Para hacer esto, debe tener en cuenta los siguientes problemas:

- Se debe evitar la recontaminación del compost, almacenado el producto siguiendo los métodos adecuados que regulen la temperatura, tiempo y parámetros de acuerdo a la norma (NORMATIVA EUROPEA, 2019, p.59).
- Los materiales y equipos que se utilicen para el compost, tales como contenedores y vehículos deben limpiarse en un área destinada para este fin la cual debe estar diseñada para evitar el riesgo de contaminación de los productos procesados (NORMATIVA EUROPEA, 2019, p.59).
- La inspección debe ser periódica de máquinas y ambiente, y deben ser tratados con los equipos de limpieza necesarios. La inspección y la limpieza de las áreas que se realice debe ser documentada (NORMATIVA EUROPEA, 2019, p.50).

- Las medidas preventivas contra roedores, pájaros, insectos y otros parásitos deben adoptarse sistemáticamente, por esta razón el plan de control es indispensable y debe estar documentado. el análisis de control de patógenos debe ser realizado en un laboratorio acreditado (NORMATIVA EUROPEA, 2019, p.60).
- El equipo y las instalaciones deben estar registrados de forma ordenada y de fácil entendimiento y debe constar con datos tales como fecha, temperatura y frecuencia y se debe dejar a la autoridad competente para su verificación (NORMATIVA EUROPEA, 2019, p.61).

#### ***1.5.4. Normas y especificaciones técnicas mediante la Normativa Europea***

Los estándares según la normativa europea se han definido mediante clasificaciones del compost referente al material de entrada que lo denominan “tipos de compost” mientras que la calidad del producto se denomina “clase de compost” (Sanveyn y Peter, 2014, pp.24-28).

Según el tipo de compost, al compost realizado a partir de residuos vegetales, frutales y de jardín se lo conoce como compost VFG, mientras que al compost hecho a partir de residuos de cocina y jardín se lo conoce como compost de biorresiduos, el compost biomix está elaborado por residuos biológicos, residuos verdes y lodos depurados, el compost de corteza esta producido a partir de corteza y normalmente no se mezcla con otros residuos orgánicos, al compost producido a partir de lodos de depuradora municipal deshidratados se lo conoce como compost de lodos de depuradora, el compost producido a partir de residuos sólidos urbanos mixtos se lo conoce como compost de residuos mixtos (Sanveyn y Peter, 2014, pp.42-47).

La clase de compost que se obtiene a partir del tipo de compost está clasificada como: Clase de heavy metal y clases de impurezas. También está clasificado mediante su uso en función de parámetros de calidad definidos, es así como se obtiene la clasificación en compost para la agricultura orgánica, compost para alimentos, compost de sustrato para medios de cultivo, compost de mantillo que es un compost de partícula gruesa, composta madura y compost fresco (Sanveyn y Peter, 2014, pp.43-47).

Los límites generalmente se establecen a nivel nacional y difieren de un país a otro. En algunos países, se han establecido límites para varias clases diferentes de compost

**Tabla 4-1:** Límites para impurezas macroscópicas en compost maduro según la UE

<b>Parámetros</b>	<b>Valor límite permisible (% d.m m/m)</b>
Vidrio, metales, plástico	>0.5

**Fuente:** (Sanveyn, H. & Eder, P., 2014)

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

**Tabla 5-1:** Límites para metales pesados en compost maduro según la Norma Europea

	<b>Cd</b> mg/kg d.m	<b>Cu</b> mg/kg d.m	<b>Hg</b> mg/kg d.m	<b>Ni</b> mg/kg d.m	<b>Pb</b> mg/kg d.m	<b>Zn</b> mg/kg d.m	<b>As</b> mg/kg d.m
<i>Compost</i>							
<b>Clase A</b>	0.7	70	0.4	25	45	200	-
<b>Clase B</b>	2	300	1.5	90	150	500	-
<b>Clase C</b>	3	400	2.5	100	200	1000	-

Fuente: (Sanveyn, H. & Eder, P., 2014, pp.225-226).

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

**Tabla 6-1:** Valores límites de calidad del producto según la Norma Europea

<b>Contenido mínimo de materia orgánica</b>	El contenido mínimo de materia orgánica del producto final, después de la fase de compostaje y antes de cualquier mezcla con otros materiales, será del 20% (Sanveyn, H. & Eder, P., 2014, p.245).
<b>Ausencia de organismo indicador de patógenos</b>	Sin salmonela sp. en muestra de 50 g (Sanveyn, H. & Eder, P., 2014, p.245).
<b>Limitación de impurezas macroscópicas</b>	Las impurezas totales (materia no biodegradable) > 2 mm serán < 0,5 % (materia seca) (Sanveyn, H. & Eder, P., 2014, p.245).

Fuente: (Sanveyn, H. & Eder, P., 2014, p.245).

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

**Tabla 7-1:** Límites para metales pesados en compost maduro

<b>Parámetros</b>	<b>Valor (mg/Kg)</b>
Cr	100
Cd	1.5
Pb	120
Ni	50
Se	-
Hg	1
As	-

Fuente: (Gavilanes, T., et al., 2016, pp.132-133).

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Zona de estudio

El presente trabajo investigativo se realizó en:

- Centro de acopio de residuos sólidos de la ESPOCH
- Laboratorios de Impactos y Protección Ambiental, Productos Naturales, Investigación, Calidad del agua e Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

#### 2.2. Diseño experimental

##### 2.2.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño experimental que se utilizó en este trabajo investigativo fue un diseño completamente al azar que se resuelve con ANOVA de 1 factor. Por lo que el tipo de esta investigación es experimental, dado que su objetivo principal es determinar la calidad del compost maduro por medio de la determinación de diferentes técnicas de análisis de naturaleza experimental y de la proporción de residuos utilizados.

Se construyó 2 pilas de compostaje con dimensiones de tres metros de base por 1,5 metros de altura y 2 metros de ancho utilizando el método de pilas por volteo. Considerando 2 tipos de tratamiento de residuos a compostar: residuos florícolas con residuos de mercado en 2 diferentes proporciones garantizando una adecuada relación C/N entre 25-35. Se controló constantemente la temperatura, el porcentaje de humedad, y el porcentaje de aireación del sistema durante los procesos biológicos. Al finalizar el proceso de compostaje se valoró la calidad del abono obtenido en base a sus características físico-químicas, químicas, biológicas y microbiológicas, con el fin de evaluar su potencial uso como enmiendas de suelo.

##### 2.2.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la investigación corresponde a la fracción representativa de los residuos florícolas procedentes del mercado de flores de la ciudad de Ambato y de los residuos orgánicos provenientes del mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba, puesto que la investigación tiene como fin tratar este tipo de residuos mediante la elaboración de co-compostaje y por ende solucionar los problemas ecológicos que causa la mala gestión de residuos.

### **2.2.3. Población de estudio**

Residuos orgánicos del mercado La Condamine de Riobamba y residuos florícolas del mercado de Flores de Ambato, los cuales fueron utilizados para un proceso de compostaje.

### **2.2.4. Tamaño de la muestra**

No se calcula el tamaño de la muestra, ya que se trabajó con todas las muestras obtenidas durante el desarrollo del experimento, considerando un total de 10 muestras por unidad experimental, con un total de 20 muestras durante el compostaje. Todas las muestras serán tomadas por triplicado para el respectivo análisis de laboratorio.

### **2.2.5. Selección de la muestra**

El método utilizado para la recolección de las muestras fue el método del cuarteo tomando 7 sub-muestras de diferentes partes de las unidades experimentales, para al final tomar una sola muestra representativa de aproximadamente 500g para su respectivo análisis en el laboratorio.

### **2.2.6. Técnica de recolección de datos**

Para la recolección de datos en la investigación se realizó lo siguiente:

- Caracterización inicial de los residuos florícolas y de los residuos orgánicos.
- Toma diaria de temperatura y humedad de las pilas y de la temperatura y humedad ambiental in situ.
- Caracterización de las muestras tomadas en cada volteo.
- Caracterización del compost maduro obtenido al final del proceso de compostaje.
- Registro y tabulación de los resultados.
- Análisis estadísticos resueltos con ANOVA de 1 factor.

### **2.2.7. Diseño experimental**

#### **2.2.7.1. Variable dependiente**

- Calidad del compost en función del porcentaje de mezcla de residuos orgánicos con residuos florícolas compostados

#### *2.2.7.2. Variable independiente*

- Propiedades físico-químicas: pH, conductividad eléctrica, humedad y materia orgánica.
- Propiedades químicas: relación C/N, macronutrientes, micronutrientes, polifenoles, metales pesados, aniones y capacidad de intercambio catiónico.
- Propiedades biológicas: índice de germinación.

#### *2.2.7.3. Hipótesis*

La calidad del compost resultante del proceso de compostaje de residuos orgánicos con residuos florícolas depende de la cantidad de mezcla de cada residuo.

### **2.2.8. *Materiales y equipos utilizados en la elaboración y monitoreo de las pilas***

#### *2.2.8.1. Materia prima*

- Residuos florícolas del mercado de flores de la ciudad de Ambato
- Residuos orgánicos del mercado La Condamine de la ciudad de Riobamba
- Aserrín (utilizado como material estructural)

#### *2.2.8.2. Equipos*

- Termómetro (toma de temperatura de las pilas)
- Higrómetro (toma de humedad de las pilas)
- Termohigrómetro (toma de temperatura y humedad ambiental in situ)
- Balanza

#### *2.2.8.3. Materiales*

- Rastrillo
- Palas
- Azadón
- Machete
- Escoba
- Plástico de invernadero
- Lonas

- Flexómetro
- Malla
- Manguera
- Pingos

#### 2.2.8.4. *Sustancias*

- Agua

### 2.3. Técnicas

#### 2.3.1. *Toma de muestra para análisis inicial*

Una vez recolectados los residuos florícolas y orgánicos de los mercados de Ambato y Riobamba respectivamente se utilizó el método de cuarteo para obtener una muestra significativa de 500g para la caracterización inicial en el laboratorio.



**Figura 1-2:** Recolección de residuos florícolas en Ambato

**Fuente:** Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021



**Figura 2-2:** Recolección de residuos orgánicos en Riobamba

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.



**Figura 3-2:** Uso del método de cuarteo para la obtención de muestras significativas

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### 2.3.2. *Elaboración de las pilas de co-compostaje*

Realizados los análisis de materia orgánica, carbono orgánico total, nitrógeno total, humedad, pH y conductividad eléctrica de los residuos a compostar se procedió a la construcción de las pilas de compostaje teniendo en cuenta una adecuada relación C/N (entre 25 a 30); colocando en la primera pila 75% de residuos orgánicos, 15% de residuos florícolas y 10% de aserrín, mientras que en la segunda pila 65% de residuos orgánicos, 25% de residuos florícolas y 10% de aserrín

**Tabla 1-2.** Relación C/N para la construcción de las pilas

Tipo de Residuo	%	Peso fresco (kg)	% humedad	Peso seco (kg)	% C	% N	
<b>PILA 1</b>							
RO	0,65	650	0,87	84,50	0,41	0,021	<b>C/N</b>

RF	0,25	250	0,82	45,00	0,45	0,032	
SERR	0,10	100	0,15	85,00	0,41	0,001	
<b>Total</b>		1000		214,50	0,42	0,015	<b>27,07</b>
<b>PILA 2</b>							
RO	0,75	750	0,87	97,50	0,41	0,021	<b>C/N</b>
RF	0,15	150	0,82	27,00	0,45	0,032	
SERR	0,10	100	0,15	85,00	0,41	0,001	
<b>Total</b>		1000		209,50	0,42	0,014	<b>28,87</b>

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2021.

Realizado por: Asqui Cristina; Serrano Cinthya. 2021

**Tabla 2-2:** Cantidad de residuos utilizados en cada pila de compostaje.

SISTEMA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Windrow	MOFA-P1	Residuos orgánicos (650kg) + residuos florícolas (250kg) + aserrín (100kg)
	MOFA-P2	Residuos orgánicos (750kg) + residuos florícolas (150kg) + aserrín (100kg)

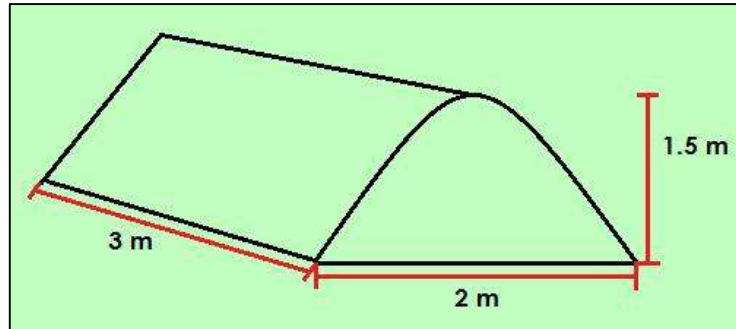
Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

## Materiales

Los materiales utilizados para la construcción de las pilas de compostaje fueron los siguientes:

- Palas
- Machetes
- Azadón
- Rastrillo
- Flexómetro
- Botas de caucho
- Guantes
- Fundas Ziploc
- Manguera
  
- **Procedimiento**

Tomando en cuenta los tres tipos de residuos a usar, las pilas de compostaje tendrán dimensiones de 3 metros de base por 1,5 metros de altura y 2 metros de ancho.



**Figura 4-2:** Dimensiones de las pilas de compostaje

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

Tanto los residuos orgánicos como los residuos florícolas se picaron con un machete hasta obtener un tamaño de partícula aproximadamente de 5cm de diámetro.



**Figura 5-2:** Recolección y picado de residuos

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

Para iniciar con la construcción de las pilas es importante colocar un plástico en el terreno para evitar el contacto del suelo con los materiales a compostar. Posteriormente se colocó los residuos por capas y se homogenizó (orgánico + flores + aserrín), se repite el proceso hasta completar con los 1000kg que deben cumplir las dos pilas.



**Figura 6-2:** Construcción de las pilas de compostaje

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.



**Figura 7-2:** Pilas de compostaje día 1

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### *2.3.2.1. Riego de la pila*

Para que el proceso de compostaje se desarrolle con normalidad es necesario mantener una humedad de 50 a 60%.

#### **Materiales**

- Manguera
- Recipientes para agua

#### **Procedimiento**

El primer riego que se realizó es en el día 1 de la construcción de las pilas. Los días siguientes se controló la humedad con un termohigrómetro y si la humedad descendía se regaba las pilas de manera homogénea garantizando que al agua llegue a todos los cuadrantes de la pila.



**Figura 8-2:** Riego de las pilas

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### *2.3.2.2. Control de temperatura y humedad de las pilas; temperatura y humedad ambiental*

Para el control diario de la fase biooxidativa en las pilas de compostaje se tomó datos diarios de la temperatura y humedad de las pilas; temperatura y humedad ambiental in situ.



## Materiales

- Para la medición de la temperatura de las pilas se usó un termómetro en forma de “T” con la punta de 30 cm de largo aproximadamente.
- Para la medición de la humedad en las pilas se utilizó un higrómetro, el cual contiene una zona roja (10-30%), verde (40-70%) y azul (80-100%) que muestra el porcentaje de humedad, siendo la zona verde apta para los procesos de compostaje.
- Para la toma de datos de temperatura y humedad ambiental se empleó un termohigrómetro.

## Procedimiento

Se introdujo el termómetro y el higrómetro en 5 puntos diferentes de las dos pilas de compostaje para obtener los datos de temperatura y humedad respectivamente, por otro lado, se colocó el termohigrómetro en la zona de trabajo para que reporte la humedad y temperatura ambiental, posteriormente todos estos datos se subió a una matriz de Excel para seguir los cambios que sufre el proceso de compostaje.



**Figura 9-2:** Toma de datos de temperatura y humedad de las pilas de compostaje

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

### 2.3.2.3. Volteo de las pilas

El volteo de las pilas de compostaje dependió de las temperaturas diarias reportadas, ya que si las pilas se encontraban en temperaturas menores a 40°C se procedía con el volteo de las mismas, garantizando una buena homogeneización, por lo general este proceso se realizó cada 3 semanas, pero todo dependió del descenso de la temperatura, además en cada volteo se tomó una muestra de aproximadamente 2kg para su posterior análisis.

## **Materiales**

- Pala
- Azadón
- Rastrillo
- Botas de caucho
- Guantes
- Fundas ziploc

## **Procedimiento**

Con la ayuda de la pala, el azadón y el rastrillo se debe volteó las pilas, teniendo en cuenta que el material que se encontraba en la parte interna de las pilas debía airearse y homogenizarse ya que de esta forma se garantizó que el proceso continúe. Por otro lado, si se observaba que la humedad estaba baja era necesario regarla.



**Figura 10-2:** Volteo de las pilas de compostaje

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

### *2.3.2.4. Inicio de etapa de maduración*

Una vez que finalizó la etapa Biooxidativa que fue aproximadamente a los 5 meses de haber iniciado el proceso de compostaje, se procedió a realizar un último volteo y se colocó las pilas en forma rectangular con una altura de 50cm de alto, en esta fase se continuó reportando datos de humedad, manteniéndolos en porcentajes de 40 a 60% por un periodo de dos meses.



**Figura 11-2:** Etapa de maduración

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

#### *2.3.2.5. Compost maduro*

Al cabo de dos meses de la etapa de maduración se tomó una muestra significativa de compost final o maduro. Estas muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Facultad para valorizar la calidad del abono obtenido en base a sus características físico-químicas, químicas y biológicas con el fin de evaluar su potencial uso como abono orgánico para la agricultura.

#### *2.3.3. Análisis de las características físico-químicas, químicas, y biológicas del proceso de compostaje*

##### *2.3.3.1. Humedad*

#### **Materiales**

- Estufa
- Bandejas de aluminio
- Balanza analítica
- Guantes

#### **Procedimiento**

- En bandejas de aluminio que fueron debidamente etiquetadas se colocó los 2kg de las muestras recolectadas.
- Se colocó las bandejas en la estufa a una temperatura de 75°C.
- Después de 24 horas se pesó las bandejas hasta obtener un peso constante.



**Figura 12-2:** Análisis de humedad de los residuos

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$\%H = \frac{mi - mf}{mi} \times 100$$

#### Donde:

$\%H$  = Porcentaje de humedad

$mi$  = Masa inicial

$mf$  = Masa final

Tratamiento: MOFA-P1-01

$mi = 2kg$

$mf = 0,71kg$

$$\%H = \frac{2kg - 0,71 kg}{2kg} \times 100$$

$$\%H = 64,7$$

#### 2.3.3.2. Molienda de las muestras

Para los análisis de las muestras fue necesario que el material sea de partícula fina para obtener resultados correctos, por lo cual se recomienda triturar todas las muestras.

#### Materiales

- Molino manual o eléctrico
- Fundas ziploc
- Rotulador

## Procedimiento

- Se retiró las muestras de la estufa después de las 24 horas transcurridas.
- Se revisó que todo el material orgánico este correctamente seco para proceder con la molienda.
- Se molió pequeñas muestras en el molino para evitar que se trabara en el proceso de trituración.
- Se almacenó el material triturado en fundas ziploc correctamente etiquetadas.
- Se eliminó el exceso de aire y se cerró herméticamente, posteriormente se almacenó hasta iniciar con los análisis respectivos.



**Figura 13-2:** Molienda de las muestras

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

### 2.3.3.3. Preparación de la muestra para análisis

#### Materiales

- Estufa
- Desecador
- Vasos de precipitación
- Frascos plásticos estériles
- Rotulador
- Guantes
- Mascarilla

#### Procedimiento

- Se colocó las muestras molidas en vasos de precipitación previamente etiquetados.

- Se secó en la estufa a 105°C por 24 horas, luego de esto se pasaron al desecador por 30 minutos hasta que alcancen la temperatura ambiente.
- Cuando las muestras alcanzaron la temperatura ambiente se colocó en vasos de plástico estériles etiquetados previamente.
- Se almacenó las muestras hasta empezar con los análisis correspondientes.



**Figura 14-2:** Muestras almacenadas en frascos estériles

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

#### 2.3.3.4. pH

##### **Materiales**

- Tubos para centrifuga de 50 ml
- Vasos de precipitación
- Vidrio reloj
- Cucharilla

##### **Equipos**

- Balanza analítica
- Agitador mecánico
- Multiparámetro
- Centrifuga
- Estufa

##### **Reactivos**

- Agua destilada

## Procedimiento

- Se pesó 4 gramos de muestra y se adicionó 40 ml de agua destilada en un tubo para centrifuga de 50 ml.
- Se agitó mecánicamente durante 2 horas y se dejó sedimentar.
- Se midió el pH directamente en el líquido sobrenadante.
- Se anotó los valores obtenidos.



**Figura 15-2:** Determinación de pH

Fuente: Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021

### 2.3.3.5. Conductividad eléctrica

## Materiales

- Tubos para centrifuga de 50 ml
- Vasos de precipitación
- Vidrio reloj
- Cucharilla

## Equipos

- Balanza analítica
- Agitador mecánico
- Multiparámetro
- Centrifuga
- Estufa



## Reactivos

- Agua destilada

## Procedimiento

- Se pesó 4 gramos de muestra y se adicionó 40 ml de agua destilada en tubo para centrífuga de 50 ml.
- Se agitó en el agitador mecánico durante 2 horas, posterior a eso, se centrifugó por 4 minutos a 1000 rpm.
- Se filtró las muestras con papel filtro.
- Finalmente se midió la conductividad eléctrica.
- Se anotó los resultados obtenidos.



**Figura 16-2:** Filtrado de muestras para el análisis de conductividad eléctrica

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.



**Figura 17-2:** Determinación de conductividad eléctrica

Fuente: Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021



### 2.3.3.6. Carbono y Nitrógeno

#### **Materiales**

- Mascarilla
- Guantes
- Espátula
- Vidrios reloj
- Tamiz

#### **Equipos**

- Analizador ELEMENTAL de C y N.

#### **Procedimiento**

- Se molió y tamizó previamente las muestras.
- Se pesó entre 0.5 a 1 mg de muestra en cápsulas de estaño.
- Se colocó cuidadosamente en el equipo de acuerdo a la numeración correspondiente a cada muestra.
- Se introdujo en el equipo lector de Carbono y Nitrógeno.
- Se calibró (curva de calibración con STD) el equipo previo a la lectura de las muestras.
- El equipo dio directamente los porcentajes de Carbono y Nitrógeno.



**Figura 18-2:** Pesaje de muestras para la determinación de Carbono y Nitrógeno

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### 2.3.3.7. *Materia orgánica*

#### **Materiales**

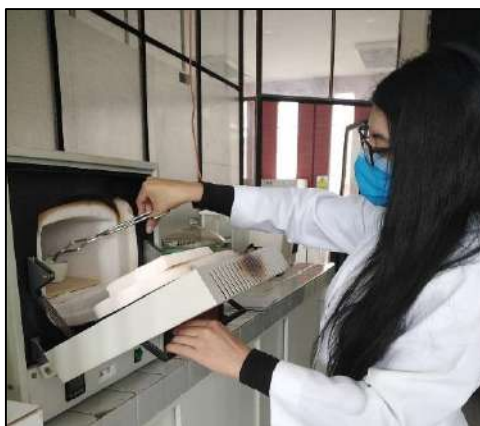
- Mascarilla
- Guantes
- Espátula
- Crisoles
- Pinza para crisoles
- Lápiz

#### **Equipos**

- Mufla
- Balanza analítica
- Desecador

#### **Procedimiento**

- Se taró el crisol a 105°C durante 2 horas con el fin de eliminar toda la humedad.
- Posteriormente se colocó los crisoles en el desecador por 30 minutos hasta que alcancen la temperatura ambiente.
- Se etiquetó los crisoles para evitar confusiones al momento del pesaje de las muestras.
- Se pesó el crisol vacío en la balanza analítica y se anotó el valor.
- Se añadió 3 gramos de muestra al crisol pesado.
- Se colocó los crisoles en la mufla a 430 °C por 24 horas.
- Pasado el tiempo se trasladó el crisol al desecador durante 30 minutos.
- Finalmente se pesó la muestra calcinada.
- Se anotó los valores obtenidos.



**Figura 19-2:** Análisis de materia orgánica

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculo

$$\%MO = \frac{[(\text{peso crisol vacío} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol con muestra calcinada})]}{[(\text{peso crisol vacío} + \text{muestra seca}) - (\text{peso crisol vacío})]} * 100$$

### Donde:

$$\%MO = \text{Porcentaje de materia orgánica}$$

**Tratamiento:** MOFA-P1-05

$$\%MO = \frac{[(33,9368 + 3,0027) - (34,3547)]}{[(33,9368 + 3,0027) - (33,9368)]} * 100$$

$$\%MO = 86,0825$$

### 2.3.3.8. Índice de germinación

#### Materiales

- Espátula
- Cajas Petri
- Pinzas
- Guantes
- Rotulador
- Papel filtro
- Embudo buchner
- Recipientes estériles de 50 ml
- Tubos para centrifuga de 50 ml
- Pipeta automática de 1 ml
- Papel filtro de 0,45 micras

## **Equipo**

- Balanza analítica
- Estufa
- Pie de rey o papel milimetrado

## **Reactivos**

- Agua destilada
- Semillas de berro
- Etanol

## **Procedimiento**

- Se preparó una dilución de muestra en proporción 1:15 (3 gr de muestra: 45 ml de agua destilada).
- Se humedeció los 3 gramos de muestra con 3 ml de agua destilada, se dejó reposar y se procedió a agregar el agua destilada restante.
- Se agitó las muestras en el agitador mecánico durante 2 horas, posterior a eso se centrifugó a 4000 rpm durante 10 minutos.
- Se filtró la solución al vacío con papel filtro millipore de 0,45 um colocados en embudos buchner para esterilizar el extracto.
- Se preparó las cajas Petri; se cubrió la superficie con papel filtro y se colocó 8 semillas de berro, se añadió 2 ml de extracto acuoso.
- Se preparó el blanco.
- Se incubó las cajas Petri a 27.5 °C distribuyendo las cajas Petri en la estufa durante 48 horas envueltas en papel aluminio.
- Se retiró las cajas Petri de la estufa y se procedió a su conteo, a las cajas Petri que no se contabilizaron se añadió etanol y agua 1:1 para detener el crecimiento y seguir el conteo al día siguiente.



**Figura 20-2:** Colocación del extracto en las cajas Petri.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.



**Figura 191-2:** Ingreso de las cajas Petri a la estufa

Fuente: Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021

### Cálculos

$$GRS(\%) = \frac{\text{número de semillas germinadas con el extracto de las muestras}}{\text{número de semillas germinadas con agua destilada}} * 100$$

$$CCR(\%) = \frac{\text{longitud de las raíces promedio con el extracto de las muestras}}{\text{longitud promedio de las raíces con el agua destilada}} * 100$$

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

### Donde:

**GRS**(%) = Porcentaje de germinación

**CCR**(%) = Porcentaje de crecimiento

**IG**(%) = Porcentaje de índice de germinación

**Tratamiento:** MOFA-P1-10

**Tabla 3-2:** Tabla con el blanco para el cálculo de IG en la muestra MOFA-P1-10

INDICE DE GERMINACION		n° de REPLICAS										
Muestra		Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)
BLANCO	Placas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	10	25	30	23	16	27	31	27	41	25	28	
		24	26	24	18	25	33	34	27	18	22	
		17	27	21	30	16	37	20	21	10	23	
		19	27	27	36	35	14	35	28	23	30	
		16	28	24	22	35	21	35	22	22	25	
		24	32	26	31	31	21	22	12	27	21	
		16	17	25	35	28	12	34	37	19	18	
16	16	18	27	23	20	21	26	29	24			
		19,6	25,4	23,5	26,9	27,5	23,6	28,5	26,7	21,6	23,9	24,7
	n° de semillas germinadas	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

**Tabla 4-2:** Tabla con los datos de la muestra MOFA-P1-10 para el cálculo de IG

INDICE DE GERMINACION		n° de REPLICAS										
Muestra		Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)	Distancia raices (mm)
MOFA-P1-10	Placas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	10	13	28	18	12	24	21	22	16	22	13	
		14	25	18	19	17	23	21	15	18	15	
		23	24	22	25	16	26	19	17	14	14	
		18	20	17	20	25	18	17	23	23	15	
		21	18	17	12	14	30	15	17	12	23	
		24	19	18	22	13	22	17	17	15	22	
		13	18	22	12	15	19	27	25	13	15	
0	15	12	17	23	23	23	28	13	15			
		15,8	20,9	18	17,45	18,4	22,8	20,1	19,8	16,3	16,5	18,6
	n° de semillas germinadas	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,9

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

**Por lo tanto:**

$$GRS(\%) = \frac{7,9}{8} * 100 = 98,75$$

$$CCR(\%) = \frac{18,6}{24,7} * 100 = 75,30$$

$$IG(\%) = \frac{98,75 * 75,30}{100}$$

$$IG(\%) \text{ de MOFA - P1 - 10} = 74,35\%$$

### 2.3.3.9. Polifenoles

#### **Materiales**

- Pipeta automática
- Gradilla
- Balón de aforo 50 ml
- Tubos para centrífuga de 50 ml
- Viales de 10 ml
- Rotulador
- Malla de fibra sintética
- Kitasato

#### **Equipos**

- Balanza analítica
- Centrifuga
- Agitador mecánico
- Espectrofotómetro

#### **Reactivos**

- Ácido Gálico
- Reactivo Folin-Ciocalteu de fenoles
- Carbonato sódico 20%

- Agua destilada

### Procedimiento

- Se pesó 2 g de muestra en un tubo para centrífuga de 50 ml y se le añadió 40 mL de agua destilada (1:20) y se agitó por 2 horas en el agitador mecánico. Posteriormente se centrifugó a 3000 rpm 5 minutos.
- Se filtró en un equipo de filtración al vacío con la ayuda de un kitasato para evitar que el extracto posea sólidos en suspensión.
- Para la preparación de los estándares: Se pesó 1 g de ácido gálico y se llevó a 1000 ml con agua destilada en un balón de aforo. Esta disolución contiene 1000 ppm de ácido gálico. A partir de la solución de patrón, con la ayuda del siguiente cuadro se preparó los siguientes estándares para calibrar el espectrofotómetro UV-VIS.

**Tabla 5-2:** Concentraciones para la preparación de estándares para polifenoles

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	
STOCK	1000	0.5	5	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I) Nota II: el mismo tratamiento que se le da a las muestras se le debe dar a los Stds
1	5	2	0.2	50	
2	5	4	0.4	50	
3	5	8	0.8	50	
4	5	10	01	50	
5	5	15	1.5	50	

**Fuente:** Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.

- Antes de aforar cada estándar se adicionó 2,5 ml de reactivo Folin-Ciocalteu. Se agitó para homogeneizar y después de 3 minutos, se añadió 5 ml de solución acuosa de carbonato sódico al 20 % y finalmente se agitó para eliminar las burbujas generadas.
- Tratamiento de muestras, de acuerdo a las características de la muestra, se tomó 0,25 mL del extracto de la muestra y antes de aforar la alícuota del extracto, se adicionó 2,5 ml de reactivo Folin-Ciocalteu, se agitó para homogeneizar y después de 3 minutos, se añadió 5 ml de una solución acuosa de carbonato sódico al 20 %, se agitó para eliminar las burbujas generadas y finalmente se llevó a un volumen conocido de 50 mL usando un balón aforado.
- Luego de adicionar los reactivos para que se dé la reacción se observó un cambio de coloración de amarillo a azul verdoso y finalmente a azul, para que se diera la reacción completa y poder realizar la medición se tuvo que esperar 1 hora.



- Posterior a este tiempo de espera las reacciones presentaron un precipitado que tornó la solución blanquesina o lechosa por lo que se centrifugó por 5 minutos las muestras.
- En el espectrofotómetro se escogió una longitud de onda de 725 nm,
- Se midió la absorbancia de los patrones y se hace la curva. El  $r^2$  debe ser 0,999...
- Se midió la absorbancia de las muestras en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 725 nm.



**Figura 22-2:** Estándares para calibrar el espectrofotómetro UV-VIS

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.



**Figura 23-2:** Tratamiento de las muestras para el análisis de polifenoles

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

**Donde:**

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$FD$  = Factor de Dilución

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

**Tratamiento:** MADURO-P1

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(0,235 * 200) * 40 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0003 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} = 939,86 \frac{mg}{kg}$$

### 2.3.3.10. Macronutrientes (Sodio - Potasio)

#### **Materiales**

- Probeta de 50 o 100 ml para dosificar el volumen necesario
- Embudos de vidrio
- Balones aforados de varios volúmenes
- Papel filtro Whatman grado 41
- Filtro de Membrana de 47 mm y 0.45 µm de porosidad
- Tubos para centrifuga de 50 ml

#### **Equipos**

- Agitador
- Centrifuga
- Equipo de Filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato)

#### **Reactivos**

- Acetato de Amonio (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) 1M

#### **Preparación de los reactivos**

- Para la preparación de Acetato de Amonio (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) 1M, se tomó 77.08g de (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) se disolvió en un volumen adecuado de agua y posteriormente se completó un litro con agua ultrapura en un balón aforado.

#### **Procedimiento**

- Se pesó 2 gramos de la muestra homogénea, seca y tamizada.
- Se colocó la muestra en un tubo para centrifuga de 50 ml para la extracción.

- Se adicionó a la muestra 50 ml de Acetato de Amonio 1M y se agitó por 20 minutos.
- Una vez terminada la agitación se centrifugó y posteriormente se filtró la muestra, evitando que el filtrado presente sólidos suspendidos.
- El extracto obtenido fue analizado por Absorción Atómica

### Cálculos de Sodio y Potasio

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$FD$  = Factor de Dilución

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

Tratamiento: MADURO-P2

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Sodio}) = \frac{(0,7719 * 100) * 50 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0008 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Sodio}) = 1928,98 \frac{mg}{kg}$$

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Potasio}) = \frac{(1,8002 * 500) * 50 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0008 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Potasio}) = 22493,50 \frac{mg}{kg}$$

### 2.3.3.11. Metales pesados (Cadmio – Plomo – Arsénico – Selenio – Mercurio)

#### **Digestión de muestras para análisis de metales pesados**

##### **Materiales**

- Erlenmeyer de 250 ml
- Vidrio Reloj (lisos y rugosos)
- Pipetas Automáticas de Volumen Variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con Propipeta (pera de succión)
- Embudos de vidrio
- Balones aforados de diferentes volúmenes los necesarios para la preparación de reactivos y estándares.
- Papel filtro Whatman grado 41
- Filtro de Membrana de 47 mm y 0.45  $\mu\text{m}$  de porosidad

##### **Equipos**

- Reverberos
- Cabina de extracción
- Equipo de Filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato)

##### **Reactivos**

- Ácido Nítrico  $\text{HNO}_3$  1:1
- Ácido Nítrico  $\text{HNO}_3$  Concentrado
- Ácido Clorhídrico  $\text{HCl}$  Concentrado
- Peróxido de Hidrógeno 30%

##### **Procedimiento**

- Se pesó 2 gramos de las muestras previamente homogéneas, secas y tamizadas.
- Se colocó las muestras en los Erlenmeyers de digestión.
- Se agregó 10 ml de  $\text{HNO}_3$  1:1, se mezcló y se cubrió con un vidrio reloj.
- Se calentó la muestra a  $95^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  y se mantuvo en reflujo durante 10 a 15 minutos sin hervir.

- Se dejó que la muestra se enfríe y se refrescó la muestra, agregando 5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado, se colocó la tapa (vidrio reloj) y se mantuvo en reflujo durante 30 minutos.
- Se evaporó la solución sin hervir hasta aproximadamente 5 ml.
- Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se agregó 2 ml de agua y 3 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%.
- Se cubrió el Erlenmeyer con un vidrio reloj y se colocó el vaso cubierto a la fuente de calor, para empezar la reacción con el peróxido.
- Se continuó agregando  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% en alícuotas de 1 ml, se calentó hasta que la efervescencia sea mínima.
- Se siguió calentando la solución durante dos horas, hasta que la digestión ácido-peróxido se haya reducido a aproximadamente 5 ml.
- Se mantuvo una capa de solución en el fondo del recipiente en todo momento.
- Se agregó 10 ml de  $\text{HCl}$  concentrado, se colocó el vidrio reloj y se mantuvo en reflujo a  $95^\circ\text{C}$  durante 15 minutos.
- Finalmente se filtró la solución por gravedad utilizando embudos de vidrio y papel filtro Whatman grado 41.
- Se procuró que todo el contenido sólido y líquido que se sometió a digestión fueran filtrados, el recipiente donde se realizó la digestión quedó limpio en la medida de lo posible.
- Se colocó el filtrado en un balón aforado y se llevó a un volumen de 100 ml.



**Figura 24-2:** Digestión de muestras para análisis de metales pesados

**Fuente:** Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021



**Figura 25-2:** Filtrado de las muestras para el análisis de metales pesados

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2021.

### 2.3.3.12. Preparación de curvas de calibración y acondicionamiento de muestras para lectura en el equipo de Absorción Atómica

Una vez concluida la digestión de las muestras, se acondicionó las muestras y esto dependió de que analito se quería analizar, para que la lectura y calibración se desarrollen sin problemas.

#### **Cadmio**

#### **Materiales**

- Pipetas Automáticas de Volumen Variable con sus respectivas puntas
- Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con pera de succión
- Balones aforados

#### **Equipos**

- Cabina de extracción

#### **Reactivos**

- Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>)
- Estándar de Cadmio

#### **Procedimiento**

- Se preparó estándares para calibrar el equipo de absorción atómica con la ayuda de la siguiente tabla.
- Se preparó una solución de HNO<sub>3</sub> al 1%, el volumen necesario para aforar los estándares.

**Tabla 6-2:** Concentraciones para el análisis de Cadmio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	
STOC K	1000	0.2	2	100	Aforar cada STD con Agua Acidulada al 1% de HNO <sub>3</sub> Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	2	0.5	0.02	50	
2	2	1	0.04	50	
3	2	1.5	0.06	50	

4	2	2.5	0.1	50
5	2	5	0.2	50

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.



Figura 26-2: Preparación de los estándares para el análisis de Cadmio

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo}) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

Tratamiento: ASERRIN

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Cadmio}) = \frac{(0,0008) * 100 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0007 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Cadmio}) = 0,040 \frac{mg}{kg}$$

## Plomo

### Materiales

- Pipetas Automáticas de Volumen Variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con Propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

### Equipos

- Cabina de extracción

### Reactivos

- Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>)
- Estándar de Plomo

### Procedimiento

- Se preparó estándares para calibrar el equipo de absorción atómica con la ayuda de la siguiente tabla.
- Se preparó una solución de HNO<sub>3</sub> al 1%, el volumen necesario para aforar los estándares.

**Tabla 7-2:** Concentraciones para el análisis de Plomo

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observaciones
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	
STOCK	1000	3	30	100	Aforar cada STD con Agua Acidulada al 1% de HNO <sub>3</sub> Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	30	0.5	0.3	50	
2	30	1	0.6	50	
3	30	1.5	0.9	50	
4	30	2.5	1.5	50	
5	30	5	3	50	

**Fuente:** Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.





**Figura 27-2:** Preparación de los estándares para el análisis de Plomo

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo}) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

Tratamiento: ASERRIN

$$C \frac{mg}{kg} (Plomo) = \frac{(0,0409) * 100 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0007 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} (Plomo) = 2,04 \frac{mg}{kg}$$

### Mercurio

### Materiales

- Pipetas Automáticas de Volumen Variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con Propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

## Equipos

- Cabina de extracción

## Reactivos

- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>)
- Estándar de Mercurio

## Procedimiento

- Se preparó estándares para calibrar el equipo de absorción atómica con la ayuda de la siguiente tabla.

**Tabla 8-2:** Concentraciones para el análisis de Mercurio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación	
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Concentración Obtenida en (ppb o µg/l)	Aforar cada STD con Agua Acidulada al 1% de HCl Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
STOCK	1000	0.1	1	100		
1	1	0.25	0.005	50	5	
2	1	0.5	0.01	50	10	
3	1	1	0.02	50	20	
4	1	1.5	0.03	50	30	
5	1	2	0.04	50	40	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

## Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo}) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

**Tratamiento:** ASERRIN

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Mercurio}) = \frac{(0,001681) * 100 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0007 * \frac{1kg}{1000g}}$$
$$C \frac{mg}{kg} (\text{Mercurio}) = 0,084 \frac{mg}{kg}$$

**Arsénico**

**Materiales**

- Pipetas Automáticas de Volumen Variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con Propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

**Equipos**

- Cabina de extracción

**Reactivos**

- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>)
- Estándar de Arsénico
- Agua acidulada 10% de HCl

**Procedimiento**

- Antes de realizar la determinación de la concentración de Arsénico se preparó la Solución Reductora la cual está compuesta por los siguientes reactivos.

Solución al 10% de Yoduro de Potasio (KI) m/v + Solución al 10% de Ácido Ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) m/v

- Se tomó un volumen de 16 ml de muestra a las cuales:

- Se adicionó 2 ml de la solución Reductora en cada muestra
- Se adicionó 2 ml de Ácido Clorhídrico concentrado en cada muestra
- Para la lectura en el Equipo de Absorción Atómica se preparó las siguientes soluciones para la generación de Hidruros.

Solución al 0.5% de Hidróxido de Sodio (NaOH) + Solución al 0.6% Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>).

**Tabla 9-2:** Concentraciones para el análisis de Arsénico

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación	
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Concentración Obtenida en (ppb o µg/l)	
STOCK	1000	0.1	1	100		Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	1	0.25	0.005	50	5	Nota II: El mismo
2	1	0.5	0.01	50	10	tratamiento que
3	1	1	0.02	50	20	se le da a las
4	1	2	0.04	50	40	muestras se les
5	1	2.5	0.05	50	50	debe dar a los
						STD.

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

- Se dejó en reposo durante 2 horas para que se dé la reacción de reducción y se leyó inmediatamente.



**Figura 28-2:** Preparación de los estándares y muestras para el análisis de Arsénico

Fuente: Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo}) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

**Donde:**

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$Vm$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$Pm$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

**Tratamiento:** ASERRIN

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Arsénico}) = \frac{(0,00222) * 100 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0007 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Arsénico}) = 0,11 \frac{mg}{kg}$$

**Selenio**

**Materiales**

- Pipetas Automáticas de Volumen Variable y/o con sus respectivas puntas
- Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con Propipeta (pera de succión)
- Balones aforados

**Equipos**

- Cabina de extracción

**Reactivos**

- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>)
- Estándar de Arsénico

## Procedimiento

- Antes de realizar la determinación de la concentración de Selenio se preparó la Solución Reductora.
- Se tomó un volumen de 5 ml de muestra a las cuales:
- Se adicionó 5 ml de Ácido Clorhídrico concentrado en cada muestra.
- Se calentó a baño maría a 90 ° C por 40 minutos.
- Para la lectura en el Equipo de Absorción Atómica se preparó las siguientes soluciones para la generación de Hidruros.

Solución al 0.5% de Hidróxido de Sodio (NaOH) + Solución al 0.6% Borohidruro de Sodio (NaBH<sub>4</sub>).

**Tabla 10-2:** Concentraciones para el análisis de Arsénico.

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación	
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Concentración Obtenida en (ppb o µg/l)	
STOCK	1000	0.1	1	100		
1	1	0.5	0.01	50	10	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I) Nota II: el mismo tratamiento que se le da a las muestras se le debe dar a los Stds
2	1	1	0.02	50	20	
3	1	1.5	0.03	50	30	
4	1	2	0.04	50	40	
5	1	2.5	0.05	50	50	

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

## Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$$C \frac{mg}{kg} = \text{Concentración a obtener del Analito en mg/kg}$$

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$FD$  = Factor de Dilución

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

**Tratamiento:** ASERRIN

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Selenio}) = \frac{(0,02109 * 2) * 100 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0007 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} (\text{Selenio}) = 2,11 \frac{mg}{kg}$$

### 2.3.3.13. Sulfatos

#### **Materiales**

- Balanza analítica
- Vaso de precipitación
- Espátula
- Rotulador
- Pipeta volumétrica
- Balón de aforo 100 ml
- Probetas
- Pipetas
- Pera de succión
- Piseta

#### **Equipos**

- Espectrofotómetro de HACH

#### **Reactivos**

- SulfaVer 4 marca HACH/2106769

#### **Procedimiento**

- Se preparó extractos de las muestras sólidas en proporción 1:20 en tubos para centrífuga.
- Se agitó en el agitador mecánico durante 2 horas.
- Se retiró del agitador y se centrifugó por 4 minutos a 1000 rpm.
- Se filtró las muestras con ayuda de equipo de filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato).

- De este extracto filtrado se tomó 10 ml con una pipeta volumétrica y se llevó a un volumen conocido de 50 ml en un balón aforado.
- Se tomó 10 ml de esta solución y se colocó en un vial.
- Este vial se lee en el espectrofotómetro sin el sobre de SulfaVer 4 marca HACH/2106769 para que el equipo lo tome como blanco.
- Posteriormente, al mismo vial se le agregó el sobre de SulfaVer 4 marca HACH/2106769.
- Se agitó por 1 minuto, se introdujo el vial en el equipo y se dejó en reposo por 5 minutos.
- Una vez pasado el tiempo se introdujo en el equipo y se leyó la concentración de sulfatos.



**Figura 29-2:** Análisis de Sulfatos en el espectrofotómetro de HACH

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$FD$  = Factor de Dilución

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

**Tratamiento:** FLORES

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(8 * 5) * 40 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0010 * \frac{1kg}{1000g}}$$



$$C \frac{mg}{kg} = 799,60 \frac{mg}{kg}$$

#### 2.3.3.14. Fosfatos

##### **Materiales**

- Balanza analítica
- Vaso de precipitación
- Espátula
- Rotulador
- Pipeta volumétrica
- Balón de aforo 100 ml
- Probetas
- Pipetas
- Pera de succión
- Piseta

##### **Equipos**

- Espectrofotómetro de HACH

##### **Reactivos**

- PhosVer 3 marca HACH/2106069

##### **Procedimiento**

- Se preparó extractos de las muestras sólidas en proporción 1:20 en tubos para centrífuga de 50 ml.
- Se agitó en el agitador mecánico durante 2 horas.
- Se retiró del agitador y se centrifugó por 4 minutos a 1000 rpm.
- Se filtró las muestras con ayuda de equipo de filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato).
- De este extracto filtrado se tomó 0,5ml con una pipeta volumétrica y se llevó a un volumen conocido de 100ml en un balón aforado.

- Se tomó 10 ml de esta solución y se colocó en un vial.
- Este vial se lee en el espectrofotómetro sin el sobre PhosVer 3 marca HACH/2106069 para que el equipo lo tome como blanco.
- Posteriormente, al mismo vial se le agregó el sobre PhosVer 3 marca HACH/2106069
- Se agitó por 2 minutos, se introdujo el vial en el equipo y se dejó en reposo por 10 minutos.
- Una vez pasado el tiempo se introdujo en el equipo y se leyó la concentración de fosfatos.



**Figura 30-2:** Análisis de Fosfatos en el espectrofotómetro de HACH

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$FD$  = Factor de Dilución

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

Tratamiento: FLORES

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(16,51 * 200) * 40 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0043 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} = 65898,32 \frac{mg}{kg}$$

### 2.3.3.15. Nitratos

#### **Materiales**

- Vasos de precipitación
- Espátula
- Rotulador
- Pipetas volumétricas
- Balones de aforo 100 ml
- Probetas
- Pipetas
- Pera de succión
- Piseta

#### **Equipos**

- Espectrofotómetro de HACH

#### **Reactivos**

- Nitriver 5 marca HACH/2106169

#### **Procedimiento**

- Se preparó extractos de las muestras sólidas en proporción 1:20 en tubos para centrífuga de 50 ml.
- Se agitó en el agitador mecánico durante 2 horas.
- Se retiró del agitador y se centrifugó por 4 minutos a 1000 rpm.
- Se filtró las muestras con ayuda de equipo de filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato).
- De este extracto filtrado se tomó 10 ml con una pipeta volumétrica y se llevó a un volumen conocido de 50 ml en un balón aforado.
- Se tomó 10 ml de esta solución y se colocó en un vial.
- Este vial se lee en el espectrofotómetro sin el sobre de Nitriver 5 marca HACH/2106169 para que el equipo lo tome como blanco.

- Posteriormente, al vial se le agregó el sobre de Nitriver 5 marca HACH/2106169.
- Se agitó por 1 minutos, se introdujo el vial en el equipo y se dejó en reposo por 5 minutos.
- Una vez pasado el tiempo se introdujo en el equipo y se leyó la concentración de nitratos.



**Figura 31-2:** Análisis de Nitratos en el espectrofotómetro de HACH

Fuente: Asqui Cristina, Serrano Cinthya. 2021

### Cálculos

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(C_{Equipo} * FD) * (V_m * \frac{1l}{1000ml})}{P_m * \frac{1kg}{1000g}}$$

Donde:

$C \frac{mg}{kg}$  = Concentración a obtener del Analito en mg/kg

$C_{Equipo}$  = Concentración del Analito obtenido en el Equipo en mg/l

$FD$  = Factor de Dilución

$V_m$  = Volumen de la Muestra en mililitros,

$P_m$  = Peso de la Muestra en gramos (g),

Tratamiento: FLORES

$$C \frac{mg}{kg} = \frac{(4 * 5) * 40 * (\frac{1l}{1000ml})}{2,0010 * \frac{1kg}{1000g}}$$

$$C \frac{mg}{kg} = 399,8 \frac{mg}{kg}$$

### 2.3.3.16. Cloruros

#### **Materiales**

- Vasos de precipitación
- Espátula
- Guantes
- Rotulador
- Pipetas volumétricas
- Balones de aforación de 100 ml
- Probetas
- Pipetas
- Pera de succión
- Piseta

#### **Equipos**

- Balanza analítica

#### **Reactivos**

- Dicromato de Potasio
- Nitrato de Plata

#### **Procedimiento**

- Se preparó extractos de las muestras sólidas en proporción 1:20 en tubos para centrífuga.
- Se agitó en el agitador mecánico durante 2 horas.
- Se retiró del agitador y se centrifugó por 4 minutos a 1000 rpm.
- Se filtró con ayuda de equipo de filtración (Bomba de vacío, embudo Buchner, Kitasato).
- Con ayuda de una micropipeta se tomó 1 ml de este extracto y se aforó a 100 ml.
- Se tomó 25 ml de la nueva solución en un matraz Erlenmeyer.
- Se añadió 6 gotas de indicador Cromato de potasio al 5% ( $K_2CrO_4$  5%).
- Se tituló con la solución de Nitrato de plata ( $AgNO_3$  0.01 N) hasta la formación de un color ladrillo.
- Se midió el volumen de  $AgNO_3$  (ml) consumido.



**Figura 32-2:** Análisis de Cloruros por titulación

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2021.

### Cálculos

$$Cl^{-} \frac{mg}{L} = \frac{(-B) * N * 35.45}{ml \text{ muestra}} * 1000$$

**Donde:**

*A = ml valoración para la muestra*

*B = ml valoración para el blanco*

*N = normalidad de AgNO<sub>3</sub>*

**Tratamiento:** FLORES

$$Cl^{-} \frac{mg}{L} = \frac{(2,3 - 1,5) * 0,01N * 35.45}{1 \text{ ml}} * 1000$$

$$Cl^{-} \frac{mg}{L} = 283,6$$

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Para establecer un orden lógico en el análisis e interpretación de resultados, se presenta el siguiente esquema:

##### 3.1.1. Análisis químico de los residuos iniciales: (RF), (RM), (SERR)

**Tabla 1-3.** Análisis de los materiales iniciales: residuos de flores, residuos de mercado, serrín

	RF	RM	SERR
MO (%)	87,61	83,14	97,73
pH	5,71	5,51	4,83
CE (dSm-1)	12,00	4,10	0,28
Corg (%)	38,7	41,24	51,49
Nt (%)	3,22	2,1	0,119
Corg/Nt	12,02	19,64	432,69
Polifenoles (mg/Kg)	2,67	3,32	0,74
P (g Kg <sup>-1</sup> )	21,52	25,40	1,025
Na (g Kg <sup>-1</sup> )	0,35	0,87	0,11
K(g Kg <sup>-1</sup> )	25,87	27,97	25,59
Cl <sup>-</sup> (mg kg)	266,5	1276,2	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg kg)	849,58	2447,80	3848,27
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg)	374,82	414,63	914,59
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg kg)	65998,11	77916,40	3144,74
As (mg kg)	0,091	0,28	0,11
Se (mg kg)	0,47	0,35	2,15
Cd(mg kg)	0	0	0,070
Hg(mg kg)	0,082	0,087	0,084
Pb (mg kg)	0	1,12	2,017
IG (%)	0	0	24,11

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

La Tabla 1-3 describe la caracterización inicial de los residuos que fueron utilizados para la elaboración de las dos pilas de compostaje, siendo la materia orgánica, la humedad, el Carbono orgánico y nitrógeno los parámetros que se tomaron en cuenta para calcular las proporciones de cada pila. Según (Valverde, 2015, pp.15-19) para que el inicio del proceso de compostaje sea adecuado debe tener una correcta relación C/N, teóricamente dicha relación varía entre 25-35 puesto que los microorganismos utilizan por cada unidad de Nitrógeno 30 partes de Carbono.

En la Tabla 1-3 se observa que los valores de la relación C/N para los residuos orgánicos y florícolas son semejantes; 19.64 y 12.02 respectivamente, mientras que la relación C/N para el aserrín varía considerablemente siendo el valor de este 432.69, esto según (Jara et al., 2020, pp.206-207) se debe al porcentaje de Carbono orgánico y Nitrógeno total de cada residuo. Resultados similares se obtuvieron en (Castán et al., 2015, pp.55-65 citado en Muñoz, 2015. p.77).

En los residuos florícolas (RF) la concentración de los macronutrientes descendió en el siguiente orden:  $K > P > Nt > Na$ , para los residuos de mercado fue  $K > P > Nt > Na$  y finalmente para el aserrín el descenso de los macronutrientes fue  $K > P > Nt > Na$  (Ver Tabla 17-3). Como se puede evidenciar en los tres residuos el macronutriente con mayor concentración es el Potasio, resultados similares han sido reportados por otros investigadores (Gavilanes, 2015, pp.51).

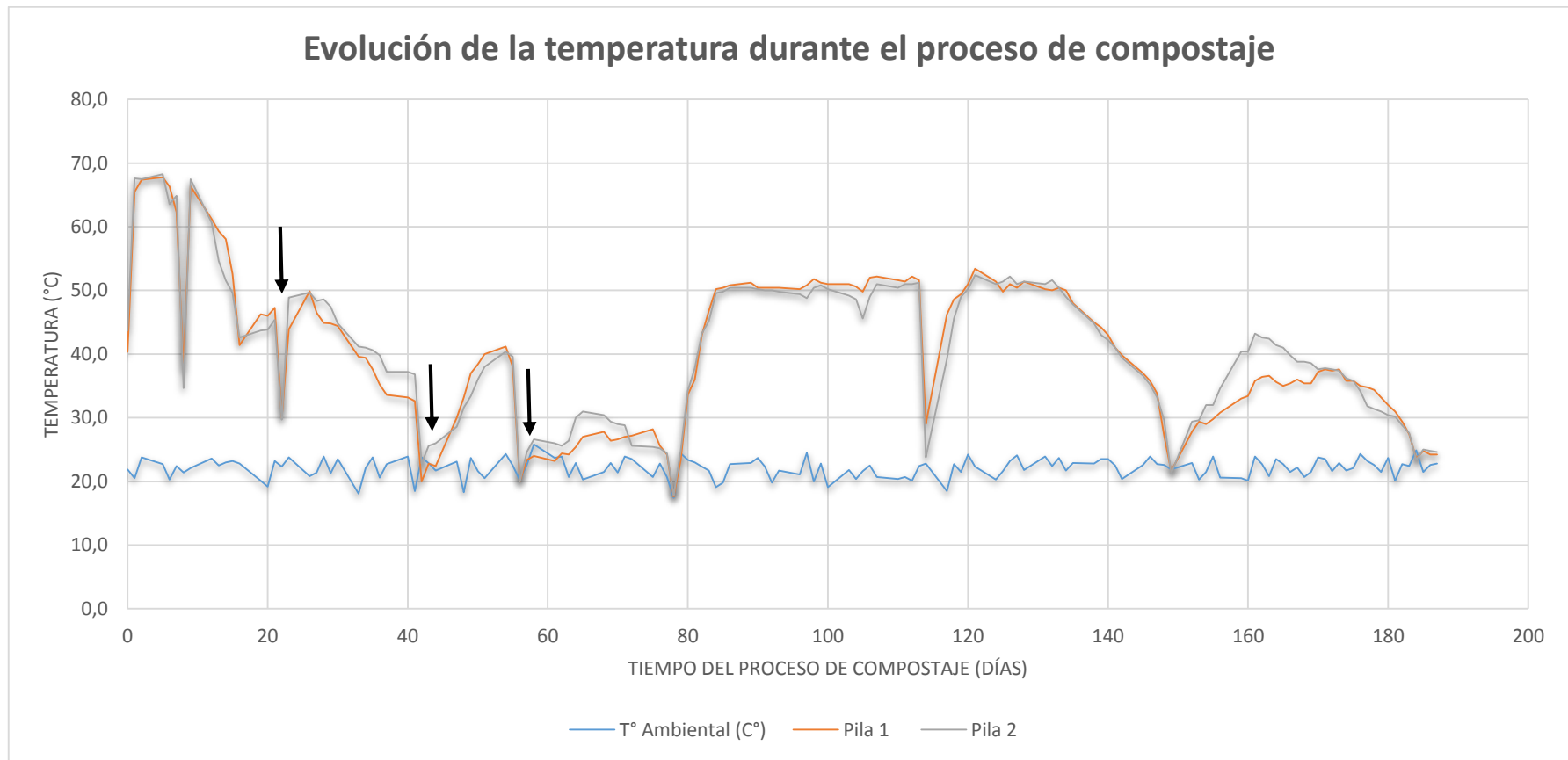
En referencia a los aniones solubles, la determinación de fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ) tanto en los residuos florícolas, de mercado y aserrín es elevada, mientras que, la concentración de cloruros ( $Cl^-$ ) en los residuos orgánicos es superior a los residuos florícolas y este a su vez a los residuos de aserrín (Ver Tabla 1-3).

Con respecto a la concentración de metales pesados, en los residuos florícolas se determinaron concentraciones por sobre el límite de detección de la técnica analítica utilizada en As, Se y Hg, los residuos de mercado presentaron concentraciones en As, Se, Hg y Pb. Por último, el aserrín presentó concentraciones en los 5 elementos que se consideró en esta investigación (Ver Tabla 1-3). Resultados semejantes fueron encontrados por (Munive et al., 2020, p.179).

Finalmente en la determinación del porcentaje del índice de germinación (%IG) el único residuo inicial que presentó crecimiento con un porcentaje de 24.11 fue en las muestras de aserrín, mientras que en las muestras de flores y residuos de mercado no se obtuvo valor alguno (Ver Tabla 1-3).



### 3.1.2. Evolución de la temperatura en las pilas de compostaje



**Gráfico 1-3.** Evolución de la temperatura en la pila 1 RM (650kg) + RF (250kg) + SERR (100kg) y pila 2 RM (750kg) + RF (150kg) + SERR (100kg)

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

En el Gráfico 1-3 se observa el comportamiento de la temperatura en las dos pilas de compostaje vs el tiempo transcurrido durante el proceso, siendo evidente el aumento progresivo de la temperatura debido a la actividad de los microorganismos, con valores superiores a los 40°C evidenciando así la etapa termófila durante 138 días. Esta variación de temperatura fue corroborada por otros autores en la producción de compostaje (Basantes, 2018, p.91; Chimbo, 2018, p.71).

La pila 1 y pila 2 tuvieron similar comportamiento, llegando a su pico más alto de temperatura de 68°C, esto se debe a que se utilizaron los mismos residuos iniciales para la elaboración de las dos pilas de compostaje. Las altas temperaturas en el proceso garantizan la eliminación de plagas, agentes patógenos, raíces y esporas que posiblemente posean los materiales iniciales, teniendo como resultado un abono higienizado. Resultados parecidos fueron registrados por (Chimbo, 2018, pp.49-51).

El descenso de la temperatura en las pilas de compostaje es un indicador de que se debe realizar un volteo (Oviedo et al., 2016, pp.93-95). En esta investigación los días de volteo en las dos pilas fueron: 22, 42, 78, 114, 149. Este proceso de volteo permite la homogenización de los residuos y la oxigenación de las pilas, por lo tanto la temperatura asciende permitiendo que el proceso se desarrolle con normalidad. Similares resultados fueron obtenidos por (Gavilanes et al., 2017, pp.70-73). En el día 138 del proceso se presencia el descenso gradual de la temperatura tanto en la pila 1 como en la pila 2 llegando a la fase mesófila II, al observar que las temperaturas no tenían un aumento significativo se realizó el último volteo en el día 149, finalizando la fase biooxidativa y dando paso a la fase de maduración la cual duró 60 días (Ver Gráfico 1-3).

### 3.1.3. Evolución de los principales parámetros dentro del proceso de compostaje

**Tabla 2-3.** Caracterización fisicoquímica durante el proceso de compostaje

Compostaje (días)	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)	C <sub>org</sub> /N <sub>T</sub>	N <sub>T</sub> (g Kg <sup>-1</sup> )
<b>Pila 1: 65% RM + 25% RF + 10% SERR</b>					
0	6,54	4,20	90,83	38,71	1,11
42	8,75	3,62	86,72	29,07	1,34
78	9,60	3,66	79,08	21,50	1,39
149	8,69	2,94	77,21	18,59	1,51
184	8,44	2,97	75,44	13,66	2,01
254	8,24	3,65	72,89	12,34	2,20
<b>DMS</b>	<b>0,23</b>	<b>0,51</b>	<b>1,18</b>	<b>1,01</b>	<b>0,03</b>
<b>Pila 2: 75% RM + 15% RF + 10%SERR</b>					
0	6,72	3,71	83,53	33,98	1,32

42	9,58	3,15	82,21	22,06	1,43
78	8,99	3,51	76,46	18,05	1,47
149	8,83	2,52	73,87	14,95	1,51
184	8,51	3,45	72,69	13,33	1,58
254	8,37	3,94	69,66	11,76	1,74
<b>DMS</b>	<b>0,26</b>	<b>0,21</b>	<b>1,75</b>	<b>1,72</b>	<b>1,60</b>

**Fuente:** Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.

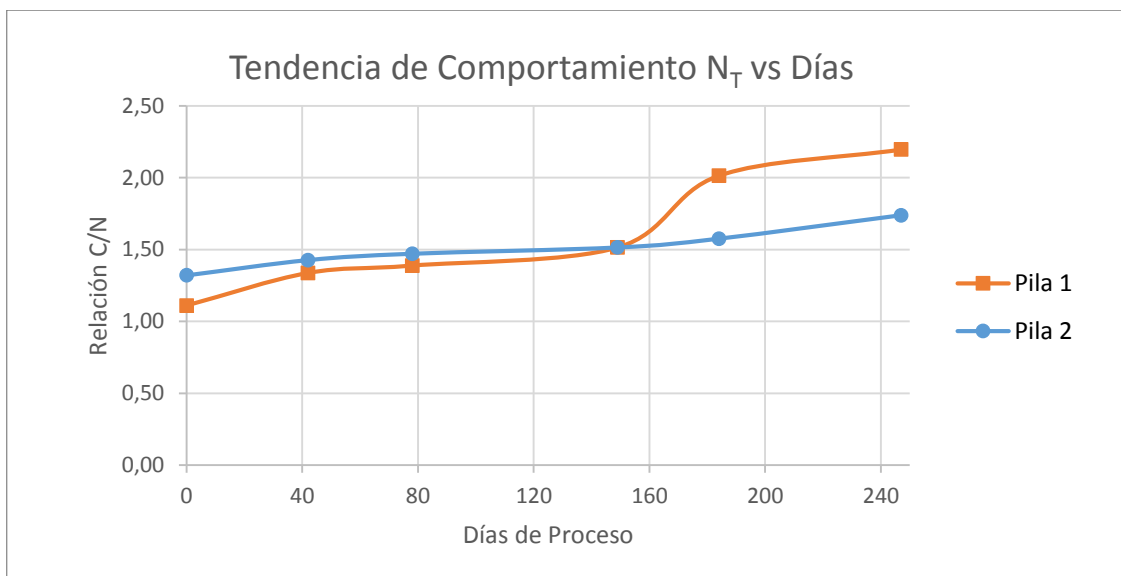
En la Tabla 2-3 se registran las concentraciones de los parámetros físico-químicos en los compost maduros obtenidos en las dos pilas.

Los valores de pH al inicio del proceso tanto en la pila 1 como en la pila 2 son similares, con datos cercanos a un pH neutro, debido a que en cada pila existe mayor cantidad de residuos de mercado. El ascenso de pH en las dos pilas incrementó de 6.54; 6.52 a 8.24; 8.37 respectivamente (Ver Tabla 2-3) cumpliendo con el límite máximo permisible (4.5 a 8.5) según lo menciona el consejo estadounidense de compostaje (2001), similares resultados fueron encontrados por (Idrovo et al., 2018, p.389).

La conductividad eléctrica (CE) indica el grado de salinidad que posee un compost maduro, esta aumenta con la degradación de materia orgánica y a su vez, disminuye con el descenso de la concentración de nutrientes, como ocurrió en esta investigación donde los valores de CE en la pila 1 disminuyeron, de 4.20 a 3.65, mientras que en la pila 2 los valores aumentaron sin mayor diferencia, de 3.71 a 3.94 (Ver Tabla 2-3). Resultados similares fueron expuestos por (Torres et al., 2016, pp.137-138).

En las dos pilas de compostaje el descenso de MO fue relevante, fue de 90.83, 83.53 hasta 72.89, 69.66 respectivamente, esta reducción de MO se presentó en la etapa biooxidativa pues en esta fase las pilas de compostaje alcanzaron altas temperaturas lo que favorece la mineralización de la materia. Por otro lado, en la fase de maduración presentó una pérdida mínima de MO, demostrando la estabilidad del proceso. Resultados similares fueron expuestos por (Delgado et al, 2018., pp.12-15. )

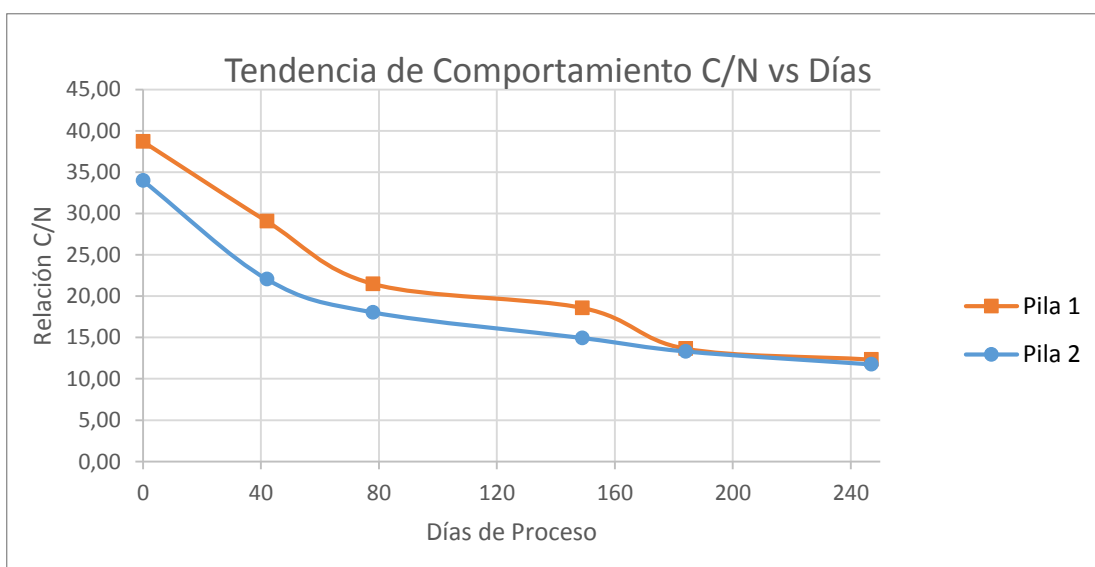
El contenido de  $N_T$  aumentó a medida que el proceso de compostaje avanzó puesto que en la fase biooxidativa existe pérdida de masa seca, evaporación de agua y  $CO_2$  (Basantes, 2018, p.114). En el presente trabajo investigativo el contenido de  $N_T$  aumentó en las dos pilas acorde a lo que se mencionó anteriormente, sin presentar una alta variación desde, 1.11, 1.32 a 2.20, 1.74, respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos por (Muñoz et al, 2015, p.78; Yañez et al., 2017, p.732 ).



**Gráfico 2-3.** Tendencia de Comportamiento NT vs Días durante el proceso de compostaje

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

En la Tabla 2-3 se observa la relación Corg/NT la cual denota el grado de madurez de un compost final, en forma general se puede mencionar que un compost final es estable cuando la relación  $C/N < 20$  (Román et al., 2015, p.54). En este trabajo investigativo el parámetro Corg/NT decreció progresivamente en las dos pilas de compostaje desde 38.71, 33.98 a 12.34, 11.76 respectivamente (Ver Gráfico 3-3), lo que señala la estabilidad y la madurez del compost. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores (Bravo et al., 2017, p.52; Jara et al., 2020, pp.112-113).



**Gráfico 3-3.** Tendencia de Comportamiento C/N vs Días durante el proceso de compostaje

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

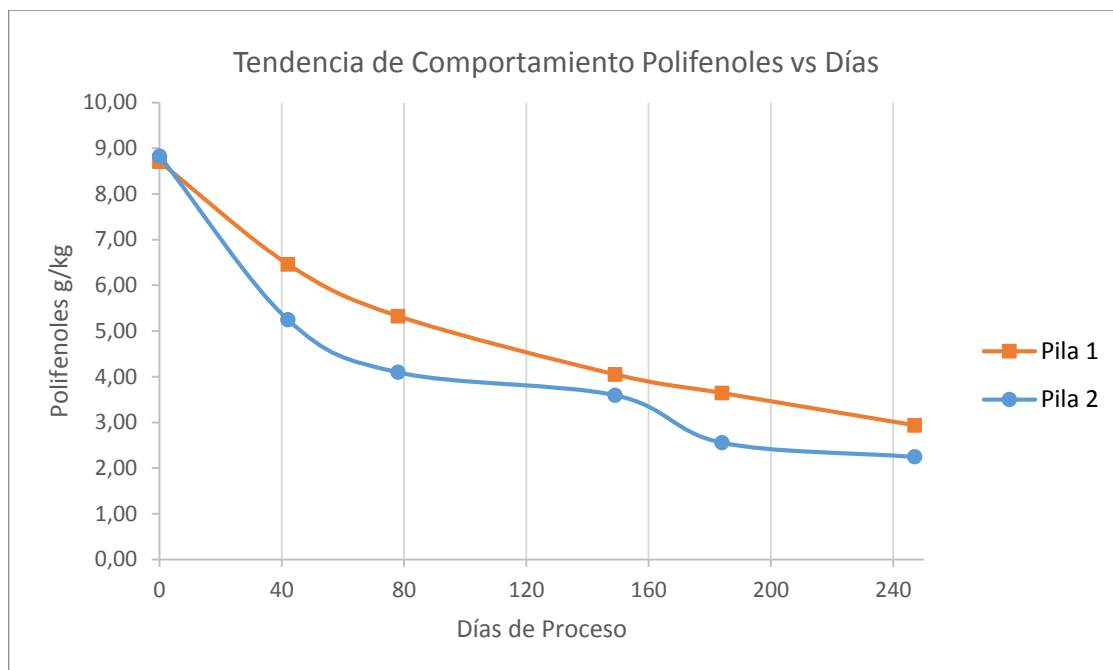
**Tabla 3-3.** Caracterización química y biológica durante el proceso de compostaje

Compostaje (días)	Polifenoles (mg Kg <sup>-1</sup> )	IG (%)
<b>Pila 1: 65% RM + 25% RF + 10% SERR</b>		
0	8,71	12,45
42	6,46	27,50
78	5,33	49,72
149	4,05	67,04
184	3,64	75,10
254	2,94	84,98
DMS	5,69	13,42
<b>P2: 75% RM + 15% RF + 10%SERR</b>		
0	8,83	11,10
42	5,25	24,12
78	4,10	44,57
149	3,60	61,12
184	2,56	73,07
254	2,25	80,99
DMS	<b>5,70</b>	<b>8,64</b>

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

La concentración de polifenoles solubles disminuyó paulatinamente a medida que avanzó el proceso de compostaje tanto en la pila 1 como en la pila 2 desde 8.71, 8.53 a 2.94, 2.25 respectivamente (Ver Tabla 3-3) (Ver Gráfico 4-3) , esto a causa de la oxidación de fenoles a compuestos fenólicos de bajo peso molecular, procesos de polimerización y la descomposición de compuestos fácilmente degradables (López, 2016, pp.37-62). Resultados semejantes fueron reportados por (Idrovo et al., 2018, p.395).

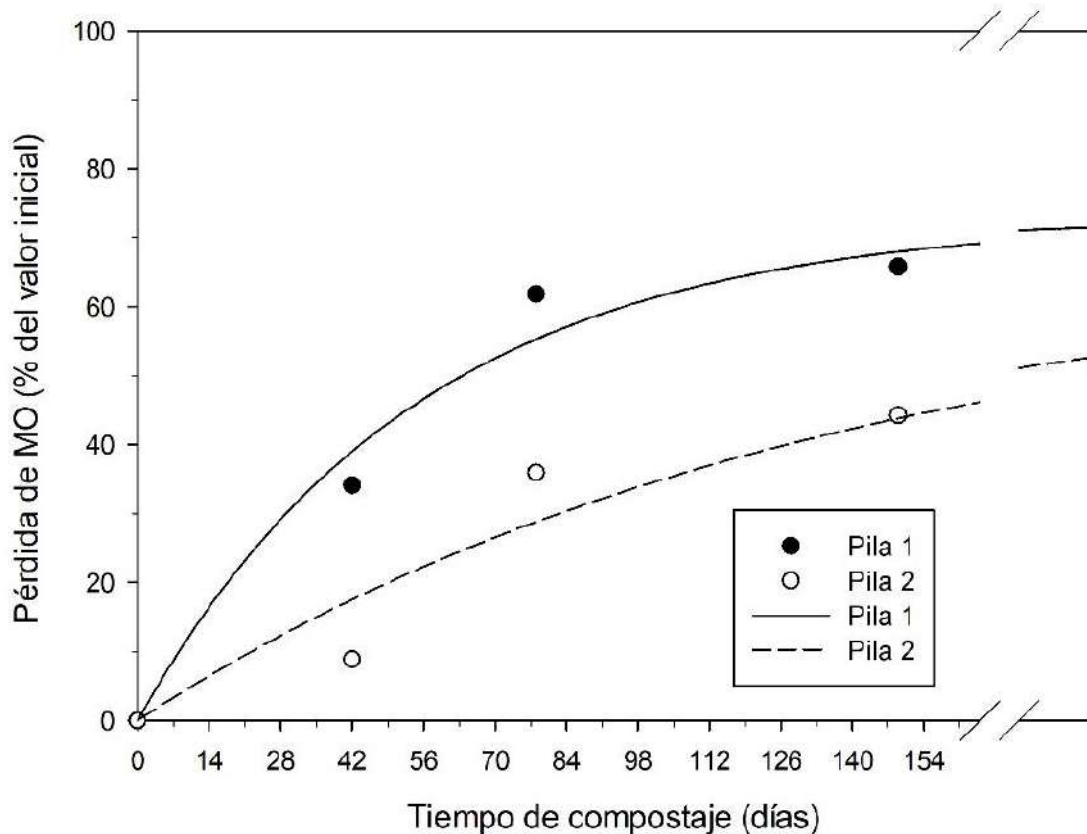


**Gráfico 4-3.** Tendencia de Comportamiento Polifenoles vs Días durante el proceso de compostaje.

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.

El porcentaje de índice de germinación se relaciona directamente con el contenido de sales y con el contenido de polifenoles ya que estos causan fitotoxicidad en el proceso, impidiendo el crecimiento de las semillas de berro, es decir, a medida que las concentraciones de estos parámetros decrecieron el índice de germinación incrementó en las dos pilas de compostaje desde, 12.45, 11.10 a 84.98, 80.99 respectivamente (Ver Tabla 3-3) (Ver Gráfico 5-3). Cumpliendo así con el porcentaje mínimo sugerido para el uso de actividades agrarias. Resultados semejantes fueron obtenidos por (Ramírez et al., 2021, p.150-161 ).

### 3.1.4. Degradación de la materia orgánica



**Gráfico 5-3.** Degradación de la materia orgánica durante el proceso de compostaje

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.

En el Gráfico 5-3 se verifica que en las dos pilas la pérdida de materia orgánica se da en la fase biooxidativa (0 a 130 días) puesto que las temperaturas fueron elevadas debido a la alta actividad microbiana. Durante la etapa de maduración se pudo observar la mineralización de la materia orgánica lo que indica la estabilidad alcanzada por los productos después de la etapa biooxidativa (Román et al, 2015, p.11).

En la pila 1 el contenido de MO inicial fue menor que la pila 2 esto se le atribuye a que en la pila 1 hubo menor cantidad de residuos de mercado, mientras que en la pila dos la cantidad de RM fue mayor, durante el proceso de compostaje los porcentajes de MO en las pilas 1 y 2 descendieron paulatinamente de 90,83%; 83,53% a 72,89%; 69,66% respectivamente (Ver Tabla 3-3), indicando la mineralización de materia orgánica. Resultados afines fueron reportados por (Gavilanes, 2015, pp.51).

Para la determinación de materia orgánica en el proceso de compostaje se utilizó una ecuación cinética de primer orden:

**Tabla 4-3.** Parámetros para determinar la pérdida de materia orgánica

PILA	A	SD	k	SD	R	F		SEE
1	72,7	3,4	0,0183	0,0031	0,9907	212,93	***	4,31
2	65,4	14,8	0,0074	0,0033	0,9738	73,21	***	5,67

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

$$Pérdida\ de\ MO = A(1 - e^{-kt})$$

**Dónde:**

A= máxima degradación de materia orgánica

k= constante de velocidad

t= tiempo transcurrido en días

**Tabla 5-3.** Concentración de aniones en compost iniciales y finales

	Cl <sup>-</sup> (mg kg)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg kg)
<b>Pila 1: 65% RM + 25% RF + 10% SERR</b>				
Inicial	354,5	3448,28	169,92	26508,07
Maduro	124,075	6246,57	819,55	9666,95
<b>Pila 2: 75% RM + 15% RF + 10%SERR</b>				
Inicial	354,5	2249,44	194,95	39070,70
Maduro	141,8	4499,78	899,96	22130,21

Fuente: Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

En la Tabla 5-3 se hace una comparación entre las concentraciones de aniones del compost inicial con el compost maduro en las dos pilas, dando como resultado que los cloruros (Cl<sup>-</sup>) tanto en la pila 1 como en la pila 2 disminuyeran y de igual forma las concentraciones de fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), esto puede deberse a que la conductividad eléctrica en las dos pilas descendió. Según (Brito et al., 2016, p.11) esta disminución de concentraciones da paso al crecimiento de las plantas de forma normal cuando estos abonos son utilizados para sembradíos. Por otro lado las concentraciones de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) aumentó, este comportamiento es consecuencia del incremento de N en el proceso de compostaje, al igual que la concentración de sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ascendió, sin embargo el aumento es mínimo (Ver Tabla 5-3). Resultados similares fueron observados en la investigación de (Chimbo, 2018, p.76).



### 3.1.5. Contenido de nutriente vegetales y metales pesados

**Tabla 6-3.** Concentración de nutrientes y metales pesados en los compost maduros

	Compost 1	Compost 2	Directrices* EE.UU <sup>1</sup>	Directrices Europeas <sup>2</sup>	Criterios ecológicos para mejoradores de suelos <sup>3</sup>
MO (%)	72,89	69,66	50-60	>15	>20
<b>Macronutrientes (g Kg<sup>-1</sup>)</b>					
NT	14,6	15,8	>10	-	<30
P	3,15	7,21	>10	-	-
Na	1,70	1,93	-	-	-
K	19,35	22,37	-	-	-
<b>Metales pesados (mg Kg<sup>-1</sup>)</b>					
As	0,38	0,36	41	-	10
Se	0,29	1,34	100	-	1,5
Cd	0	0	39	1,5	1
Hg	0,12	0,12	17	1	1
Pb	0	0	41	-	10

**Fuente:** Laboratorio de impactos y protección ambiental, 2022.

**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.

En la Tabla 6-3 se detalla las concentraciones de parámetros químicos, nutrientes y metales pesados obtenidos en los dos compost maduros.

Los contenidos de materia orgánica en el compost final de la pila 1 y pila 2 no cumplen con lo establecido por la norma US Composting (2001), a pesar de esto el compost 1 y compost 2 se encuentran dentro del rango establecido por las normas European Commission (2014) y Ecological criteria to soil improvers (2006). El compost maduro que tuvo mayor contenido de MO fue de la pila 1 con un porcentaje del 72.89 en comparación con la pila 2 que tuvo un porcentaje de 69.66. Similares resultados fueron hallados por (Gavilanes et al., 2017, pp.120-128; Basantes, 2018, p.96). Las concentraciones de N<sub>T</sub> en el compost maduro 1 y compost maduro 2 cumplen con la normativa US Composting (2001) cuyo valor permisible debe ser mayor a 10 así como también se rige a la norma Ecological criteria to soil improvers (2006) (Ver Tabla 6-3). Resultados parecidos fueron demostrados en la investigación de (Álvarez, 2019, p.33-34).

Según (Chica et al., 2014, pp.30-34) el Nitrógeno y el Carbono son indispensables para las funciones microbianas, además condicionan la calidad como fertilizante del compost, por otro lado el P y el K son necesarios para el metabolismo de los microorganismos y para su división celular. En esta investigación las concentraciones de macronutrientes en las dos diferentes unidades experimentales fueron de 1.70 y 1.93 para Na; 3.15 y 7,21 para P; 19.35 y 22.37 para K respectivamente (Ver Tabla 6-3). Resultados similares fueron reportados por (Llive, 2017, pp.57-58). Las concentraciones de As, Se, y Hg en los dos compost finales se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos por (US Composting Council, 2001) y (European Commission, 2014); no obstante al analizar Cd y Pb estos elementos no fueron detectados por la técnica analítica utilizada (Ver Tabla 6-3).

## CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización inicial de los residuos florícolas, de mercado y aserrín, siendo la materia orgánica, la humedad, el carbono y el nitrógeno total los parámetros tomados en cuenta para calcular las proporciones para cada pila, las unidades experimentales estuvieron dispuestas con las siguientes composiciones: para la pila 1: RM (650kg) + RF (250kg) + SERR (100kg) y para la pila 2: RM (750kg) + RF (150kg) + SERR (100kg). Los residuos presentaron contenidos óptimos de Nt, Na, K, y P, además de presentar concentraciones de As, Se, Hg, Cd y Pb por debajo de los límites máximos permisibles para la obtención de compost.
- Se controló el proceso de compostaje a través de la medición de parámetros físico-químicos, químicos y biológicos como: temperatura, humedad, materia orgánica, conductividad eléctrica, pH, polifenoles, macronutrientes, metales pesados e índice de germinación. Otro control que se realizó al proceso fueron los volteos de las pilas aproximadamente cada 3 semanas, esto permitía la aireación y la homogenización de las mismas, incrementando la temperatura y eliminando el exceso de humedad, lo cual reactivaba el proceso de compostaje.
- Se evaluó la calidad de los dos compost finales, a través del análisis de sus propiedades físico-químicas, químicas y biológicas; el pH incrementó progresivamente durante el proceso hasta llegar al óptimo establecido por las normas (6-5 y 8,5); la conductividad eléctrica está dentro de los parámetros que son  $> 2$  dS/m; la degradación de la materia orgánica cumple con la European Commission (2014) y la Ecological criteria to soil improvers (2006); las relaciones C/NT están dentro de lo establecido que es  $< 20$ , el porcentaje de índice de germinación es  $>$  al 50%. Llegando a la conclusión que los dos compost maduros corresponden a la clase A ya que sus parámetros de referencia se encuentran por debajo del límite máximo permisible.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar un buen triturado y mezclado a los residuos que se van a compostar, para obtener un material de partida adecuado que asegure un proceso óptimo de degradación.
- Monitorear los parámetros in situ diariamente a una hora específica para obtener valores confiables que se puedan usar para la elaboración de gráficas y análisis de resultados.
- Mantener una buena oxigenación en el proceso mediante volteos, los mismos se dan cada que se considere necesario.
- Llevar a cabo una mezcla homogénea del material compostado mediante volteos, de esta forma los análisis realizados tendrán valores confiables para futuros estudios.
- Seguir las técnicas correctamente en cada análisis sin omitir ningún paso de la misma para garantizar el resultado de los estudios realizados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ABELLAN, J.; & PALACIOS, J.** *Manual De Compostaje* [en línea]. Madrid – España: Amigos de la Tierra, 2015. pp. 18-19. [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: [http://www.resol.com.br/cartilhas/manual\\_de\\_compostaje.pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf)

**ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA** [en Línea]. Quito-Ecuador: CEP, 2015, pp. 20-22. [Consulta: 09 diciembre 2021]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>

**AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA.** Los residuos ganaderos. Agenex [en línea], 2017, S.l., pp. 10-19. [Consulta: 17 julio 2021]. Disponible en: <https://www.agenex.net/images/stories/deptos/los-residuos-ganaderos.pdf>

**ALVARO GUALOTO, Madeleine Estefania, & OLIVES ERAZO, Ana Cristina.** Identificación del potencial aprovechable de los residuos sólidos orgánicos que se generan en mercados, supermercados, parques, jardines y diferentes sectores industriales de la zona Sur del Distrito Metropolitano de Quito [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2016. pp. 1-5. [Consulta: 2021-06-31]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5787/6/UPS-ST001054.pdf>

**ÁLVAREZ VEGA, Camila Salomé.** Evaluación físico-química y biológica de compostaje de residuos de rosas y polietileno de baja densidad (LDPE) agroindustrial (Trabajo de titulación) [En línea]. Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito, Ecuador. 2016. pp. 33-34. [Consulta: 2022-04-14] Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8224/1/142426.pdf>

**ARIEL MANZANO, F.** "Síntesis de la Demografía y la Economía: El Producto Interno Bruto". *Boletim Goiano de Geografia* [en línea], 2016, (Brasil) 36 (1), p. 106. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 1984-8501. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337144713007.pdf>

**BALVIN TOLEDO, Dayssi.** Materia orgánica, semillas viables de malezas, granulometría, densidad aparente, fitotoxicidad y materiales inertes, en compost estabilizado, en Independencia-Huaraz, 2017-2018 [En Línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo Huaraz, Ancash, Perú. 2019. pp. 67-68 [Consulta: 2022-01-08]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3555>

**BANCO CENTRAL DEL ECUADOR.** *Diagnóstico del sector florícola del Ecuador* [blog]. 2019. [Consulta: 16 mayo 2021]. Disponible en: [https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico\\_N18.pdf](https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico_N18.pdf)

**BASANTES CASCANTE, Cristian Ernesto.** Co-Compostaje de residuos vegetales provenientes de La Finca Agropecuaria La Inmaculada con estiércol de cuy, vaca y gallinaza [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. p. 12. [Consulta: 2021-06-31]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10230>

**BRAVO, Ernesto; et al.** "Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña". *Centro Agrícola* [en línea], 2017, (Cuba) 44 (3), pp. 52. [Consulta: 14 de abril del 2022]. ISSN: 2072-2001. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300007)

**BRITO, Hanníbal; et al.** Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba". *European Scientific Journal* [en línea], 2016, (Ecuador) 12 (29), p. 11. [Consulta: 14 abril 2022]. ISSN 18577881. Disponible en: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/8200>

**CAMACHO, Alejandro; et al.** "Potencial de algunos Microorganismos en el Compostaje de Residuos Sólidos". *Terra Latinoamericana* [en línea], 2019, (México) 32 (4), pp. 291-300. [Consulta: 17 noviembre 2021]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v32n4/2395-8030-tl-32-04-00291.pdf>

**CASTÁN, Erick; et al.** "Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final". *Agriscientia* [en línea], 2015, (Argentina) 32 (1), pp. 55-65. [Consulta: 14 de abril 2022]. ISSN 2007-7521. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/download/9835/16337/>

**CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR** [en Línea]. Quito- Ecuador: LEXIS FINDER, 2008, pp. 14-32. [Consulta: 09 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)

**CHANGOLUISA CHORLANGO, Paulina Elizabeth.** Sistema de manejo de los residuos sólidos peligrosos generados por las florícolas ubicadas en el Cantón Pedro Moncayo [En línea]

(Trabajo de Titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2013. p. 24. [Consulta: 2021-06-29]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1365>

**CHÁVEZ PÉREZ, Patricia.** Caracterización fisicoquímica y madurez del compost de las ciudades de Tingo María y Aucayacu mediante test de autocalentamiento (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En Línea] Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María – Perú, 2015. pp. 68 – 69 [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en: [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/INFORME%20FINAL%20PPP%20-%20CD.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/INFORME%20FINAL%20PPP%20-%20CD.pdf)

**CHICA, Arturo; et al.** *De residuo a recurso, el camino hacia la Sostenibilidad* [en línea]. Madrid-España: Mundi prensa, 2014. [Consulta: 14 abril 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/PC HP/Downloads/Volumen 2.3 ByN versión2.pdf>

**CHIMBO ORELLANA, Victoria Estefanía.** Co-compostaje con poda de los lodos generados en el centro de faenamiento cantón Guaranda Provincia Bolívar [En Línea]. (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Ciencias, Escuela De Ciencias Químicas, Riobamba - Ecuador. 2018. pp. 15-16. [Consulta: 2022-01-08]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10167>

**DAMIANI ALAVA, María.** Evaluación físico-químico de compost, elaborado a partir de pistia stratiotes mas estiércol de bovino bajo cuatro métodos de compostaje (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En Línea] Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Los Ríos, Ecuador. 2016. pp. 1-2. [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3257/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000038.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**DELGADO, María del Mar; et al.** “Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2018, (México) 35 (4), pp. 972-973. [Consulta: 14 de abril del 2022]. ISSN 0188-4999. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992019000400965](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000400965)

**DOCAMPO, R.** “Compostaje y Compost”. *Revista INIA* [en línea], 2017, (España) 35 (64), pp. 66-67. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 0134-5723. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>

**EDO ALCÓN, Natalia.** Diseño de una metodología para el control de calidad de los rechazos producidos en las plantas de tratamiento mecánico-biológico de residuos sólidos urbanos [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Jaume, Castelló de la Plata, España. 2019. pp. 3-5 [Consulta: 2022-01-07]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=249116>

**FALCONÍ, F. & HIDALGO, E.** “Educación Ambiental Y formación docente en el Ecuador”. *Observatorio UNAE* [en línea], 2019, (Ecuador) 3 (7), pp. 8-11. [Consulta: 13 julio 2021]. ISSN 2588-0632. Disponible en: <http://repositorio.unae.edu.ec/bitstream/56000/1210/1/Falconi%20e%20Hidalgo%2C%20EDUCACION%20AMBIENTAL.pdf>

**FALLAS CONEJO, Diego.** Caracterización del proceso de compostaje y aprovechamiento del calor generado en un reactor bajo aireación forzada [En Línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agrícola. San José, Costa Rica. 2016. pp. 9-11 [Consulta: 2022-01-08]. Disponible en: <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/Tesis-DiegoFallas.pdf>

**FLORES, B.** “La problemática de los desechos sólidos”. *Revista Economía* [en línea], 2015, (Venezuela) 34 (27), pp. 128-135. [Consulta: 23 agosto 2021]. ISSN: 1315-2467. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>

**FRANCISCO, A.; & RODRÍGUEZ, Y.** “Caracterización de residuos sólidos de mercados en Santo Domingo Oeste, Provincia Santo Domingo”. *Revista Ciencia y Sociedad* [en línea], 2017, (República Dominicana) 36 (1), pp. 133-142. [Consulta: 16 agosto 2021]. ISSN 0378-7680. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87019755006.pdf>

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE AMBATO.** *Caracterización del Cantón Ambato. Memoria Técnica –Actualización del Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ambato* [en línea]. Ambato- Ecuador, 2016. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://gadmatic.ambato.gob.ec/pcfiles/Proceso%20Rendicion%20de%20Cuentas%202014/10.%20%20PLANIFICACION%20%20PDOT/10.1.%20%20ARTICULACION%20DE%20L%20POA%20AL%20PNV.pdf>



**GAVILANES, Irene; et al.** “Windrow composting as horticultural waste management strategy – A case study in Ecuador”. *Journal of Elsevier* [en línea], 2016, (Ecuador) 48 (7), pp. 132-133. [Consulta: 09 diciembre 2021]. ISSN 0956 disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15302105>

**GAVILANES TERÁN, Irene.** Oportunidades y desafíos de la gestión de residuos orgánicos procedentes del sector agroindustrial en América del Sur: Provincia de Chimborazo (ECUADOR) [En línea] (Tesis de maestría). Universidad Miguel Hernández, Orihuela, España. 2015. p. 51. [Consulta: 2022-04-14]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2002/1/TFM%20Gavilanes%20Ter%C3%A1n,%20Irene%20del%20Carmen.pdf>

**GAVILANES, Irene; et al.** “Agroindustrial compost as a peat alternative in the horticultural industry of Ecuador”. *Journal of Environmental Management*. [En línea]. 2017. 186. pp. 79-87. [Consulta: 14 de abril de 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/ci3/Downloads/1.-Agroindustrial-compost-as-a-peat-alternativein-the-horticultural-Journal-of-Environmental-Management-2016.pdf>

**GÓMEZ BARRENA, Raquel.** Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso [En línea] (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Ingeniería y Química. Barcelona, España. 2006. pp. 140-168. [Consulta: 2021-08-30]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

**GORDILLO, F; et al.** “Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar)”. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* [en línea], 2011, (Argentina) 37 (2), pp. 140-149. [Consulta: 12 julio 2021]. ISSN: 0325-8718. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86421189006.pdf>

**IDROVO, Julio; et al.** “Composting as a method to recycle renewable plant resources back to the ornamental plant industry: Agronomic and economic assessment of composts”. *Elsevier* [en línea], 2018, (Ecuador) 1 (116), p. 389. [Consulta: 14 de abril de 2022]. ISSN: 095-7582 Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=09575820&AN=137185276&h=hCfMMFO%2B0%2F7LLazVW6G9LeEJ31VaSD0gz1UV%2Fba477DMuvWfOpMh9ZKdRARvt2WzzHLjLvT9KR0vGRelyKTV1A%3D%3D&cl=c>

**JARA, Janneth; et al.** “Biotransformación de residuos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Ecuador mediante compostaje”. *Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica* [en línea], 2020, (Ecuador) 21 (44), pp. 112-113. [Consulta: 14 de abril del 2022]. ISSN 2215-2458. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/666/66669987011/html/>

**JIMÉNEZ ALBARRÁN, Ricardo.** Comparación de alternativas para el manejo de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de México [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma De México, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica E Industrial, Ciudad de México, México. 2015. pp. 39-40 [Consulta: 2022-01-07]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2013/febrero/0688867/0688867.pdf>

**JULCA, Alberto; et al.** “La Materia Orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura”. *Idesia (Arica)* [en línea], 2016, (Chile) 24 (1), pp. 49-61. [Consulta: 14 noviembre 2021]. ISSN 0718-3429. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>

**LIBRO VI ANEXO 2 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS** [en línea]. Quito-Ecuador: FAO, 2015, pp. 34-35. [Consulta: 09 de diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)

**LÓPEZ ABARCA, Ronald Saúl.** Efecto del compost y condiciones agroecológicas sobre la concentración de polifenoles de mora (*Rubus adenotrichos* Schtdl) en dos localidades de Costa Rica [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Nacional. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Agrarias, Heredia, Costa Rica. 2016. pp. 37-62. [Consulta: 2022-04-14]. Disponible en: [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13662/Tesis\\_version\\_final\\_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13662/Tesis_version_final_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**LÓPEZ WONG, Wendy.** Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol [En Línea] (Trabajo de Titulación). Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada Tlaxcala, México. 2016. pp. 28-29. [Consulta: 2022-01-08]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/6940/1/TESIS%20WENNDY%20LOPEZ%20WONG.pdf>

**LÓPEZ, G; et al.** “Combustión de residuos sólidos municipales en un sistema de lecho fluidizado experimental”. *Universidad y Ciencia* [en línea], 2008, (México) 24 (2), pp. 88-100. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v24n2/v24n2a1.pdf>

**LORENZO, Y.; & OBAYA, M.** “La Digestión Anaerobia. Aspectos Teóricos. Parte I”. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea], 2015, (Cuba) 39(1), pp. 36-37. [Consulta: 07 enero 2022]. ISSN. 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120659006.pdf>

**LLIVE PATIÑO, Paulina de los Ángeles.** Formulación y obtención para aplicación del compost a partir de residuos de tallos y pétalos [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química. Quito, Ecuador. 2017. pp. 57-58. [Consulta: 2022-04-14]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12680/1/T-UCE-0017-0050-2017.pdf>

**Ministerio del Ambiente de Ecuador.** *Estrategia Nacional De Educación Ambiental Para El Desarrollo Sostenible* [en línea]. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2018. [Consulta: 13 junio 2021]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/ENEA-ESTRATEGIA.pdf>

**MONTAÑO, Noé; et al.** “Los microorganismos : pequeños gigantes”. *Elementos. Ciencia y cultura* [en línea], 2016 (México) 17 (77), pp. 17-19. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 0187-9073. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf>

**MORA, A.; & MOREIRA, N.** “Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el parque histórico Guayaquil”. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida* [en Línea], 2017 (Ecuador) 26 (2), pp. 85-87. [Consulta: 23 junio 2021]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4760/476052525008/476052525008.pdf>

**MUNIZAGA, J.; & LOBO, A.** “Generación de residuos domésticos y su variabilidad en comunidades de tamaño intermedio”. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* [en línea], 2013 (México) 29 (3), pp. 9-17. [Consulta: 12 septiembre 2021]. ISSN: 0188-4999. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37029665001.pdf>

**MUNIVE, Rubén; et al.** “Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado y remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost” *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2020, (México) 11 (2), p. 179. [Consulta: 14 de abril de 2022]. ISSN

2077- 9917. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172020000200177](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000200177)

**MUÑOZ, Juan; et al.** 2015. “Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayán, Cauca”. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria* [en línea], 2015, (Colombia) 13 (1), p.78. [Consulta: 14 de abril del 2022]. ISSN 1692- 3561. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612015000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000100009)

**NORMATIVA EUROPEA.** Diario Oficial de la Unión Europea [en línea]. S.I. 2019. [Consulta: 19 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2019/170/L00001-00114.pdf>

**NÚÑEZ, D.** “Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta”. *Revista Tecnura* [en línea], 2012 (Colombia) 16 (34), pp. 142. [Consulta: 12 julio 2021]. ISSN 2248-7638. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2012000400011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000400011)

**OVIEDO, Edgar; et al.** “Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo”. *Ingeniería. Investigación y Tecnología* [en línea], 2017 (Colombia) 18 (1), pp. 32-33. [Consulta: 19 julio 2021]. ISSN 1405-7743. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-77432017000100031&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432017000100031&lng=es&nrm=iso)

**OVIEDO, Edgar; et al.** “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], 2016, (Colombia) 30 (1), pp. 93-95. [Consulta: 14 de abril de 2022]. ISSN: 0188 – 4999. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000100008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100008)

**QUILACHAMIN ALDAZ, Karen Vanessa.** Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos producidos por la florícola Highland Blossoms S.A. mediante la elaboración de compost [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Quito, Ecuador. 2014. pp. 31-35. [Consulta: 2021-06-13]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/2516>

**RAMOS LOPEZ, Jaime.** Producción de fosfo-compost a partir de heces humanas y solidos chanin distritos orgánicos y provincia del de mercado de Acobamba Huancavelica [En línea]

(Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Huancavrlca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, Chanín, Perú. 2019. pp. 29-30 [Consulta: 2022-01-08. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3182/TESIS-2019-AGRONOMIA-RAMOS%20LOPEZ...pdf?sequence=4&isAllowed=y>

**RAMOS, D.; & TERRY, E.** “Generalidades De Los Abonos Orgánicos: Importancia Del Bocashi Como Alternativa Nutricional Para Suelos Y Plantas”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2017, (Cuba) 35(4), pp. 52-59. [Consulta: 12 julio 2021]. ISSN 819-4087. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007)

**RAMÍREZ, Marithza; et al.** "Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México". *CienciaUAT* [en línea], 2021, (México) (16) (1), pp. 150-161. [Consulta: 14 de abril 2022]. ISSN 2007-7521. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v16n1/2007-7858-cuat-16-01-150.pdf>

**RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE.** *Residuos urbanos* [en Línea]. Barcelona- España: Mundi – Prensa, 2017. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/55265>

**REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE** [en Línea]. Quito- Ecuador: LEXIS FINDER, 2019, p. 117. [Consulta: 09 diciembre 2021]. Disponible en: <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>

**RIERA, María Antonieta; et al.** “Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos”. *Revista Ingenieria Industrial* [en línea], 2019 (Ecuador) 17 (3), pp. 227-246. [Consulta: 19 agosto 2021]. ISSN 0717 - 9103. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924/3686>

**RIVAS, M.; & SILVA, R.** “Calidad física y química de tres compost, elaborada con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (Eichhornia Crassipes)”. *Ciencia UNEMI* [en Línea], 2019, (Venezuela) 13 (32), pp. 90 – 93. [Consulta: 08 enero 2022]. ISSN 2528 – 7737. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898009/html/>

**RODRIGUEZ, J.** *Tratamiento anaerobio de aguas residuales* [en línea]. Cali-Colombia: Universidad del Valle, 2015. [Consulta: 07 enero 2022]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>

**ROJAS PÉREZ, Francisco & ZELEDÓN VILCHEZ, Alberto.** Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost. Hacienda Las Mercedes [En Línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Nacional Agraria, Facultad De Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Managua, Nicaragua. 2017. pp. 1-5. [Consulta: 2022-01-08]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2036/>

**ROMÁN, Pilar; et al.** *Manual de compostaje del agricultor* [en Línea]. Santiago de Chile - Chile: FAO, 2015. [Consulta: 05 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

**SÁEZ, A.; & URDANETA, J.** “Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe”. *Revista Omnia* [en línea], 2014, (Venezuela) 44 (3), pp. 13-44. [Consulta: 12 julio 2021]. ISSN: 1315-8856. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

**SALAZAR, T. A.** “Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos”. *Revista de Investigación Universitaria* [en Línea], 2017, (Perú) 3(2), pp.74-84. [Consulta: 06 junio 2021]. ISSN: 2078-4015 Disponible en: <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/680>

**SALGADO, J.** “Residuos sólidos: percepción y factores que facilitan su separación en el hogar. El caso de estudio de dos unidades habitacionales de Tlalpan”. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales* [en línea], 2012, (México) 14 (2), pp. 91-112. [Consulta: 23 julio 2021]. ISSN 1405-8626. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40126859005.pdf>

**SANMARTÍN, Gladis; et al.** “El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista”. *Universidad y Sociedad, Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* [en línea], 2019, (Ecuador) 8 (4), pp. 37-39. [Consulta: 27 septiembre 2021]. ISSN 2218-3620. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>

**SANVEYN, H. & EDER, P.** *End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate)* [en línea]. Luxembourg - Spain: European Union, 2014. [09 diciembre 2021]. ISSN 1831-9424. Disponible en: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC87124>

**SZTERN, D.; & PRAVIA, M.** “Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos”. *Organización Panamericana de la Salud* [en línea], 2012, pp. 18-19. [Consulta: 23 noviembre 2021]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

**TELLO, P.** *Gestión integral de residuos sólidos urbanos* [en Línea]. Asunción – Paraguay: AIDIS, 2018. [Consulta: 04 julio 2021]. Disponible en: <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>

**TITUAÑA MOROCHO, Beatriz Elizabeth.** Elaboración de compost mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Escuela de Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador. 2008, pp. 23-24. [Consulta: 2021-04-23]. Disponible en: [https://www.soiltechcorp.com/images/uploads/product\\_PDFs/Composting\\_Flower\\_Waste\\_2%28Spanish%29.pdf](https://www.soiltechcorp.com/images/uploads/product_PDFs/Composting_Flower_Waste_2%28Spanish%29.pdf)

**TOAPANTA ARÉVALO, Carolina Fernanda, & MAYO TORRES, Cristian Fernando.** Creación de una dependencia de desarrollo social y economía solidaria en el GADM de Riobamba, para el periodo 2014-2015 [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Administración de Empresas, Ingeniería en Marketing. Riobamba, Ecuador, 2015. pp. 7-9. [Consulta: 2021-06-17]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/10000/1/102T0076.pdf>

**TORRES, Duilio; et al.** “Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos”. *Ciencias Agrarias* [en Línea], 2016, (Venezuela) 9 (2), pp. 2-4. [Consulta: 09 julio 2021]. ISSN 1390-4043. Disponible en: [https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2\\_V9\\_N2\\_1Torres et al.pdf](https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_V9_N2_1Torres%20et%20al.pdf)

**TORRES, Duilio; et al.** “Riesgos de salinización y sodificación por el uso de abonos orgánicos en la depresión de Quíbor-Venezuela”. *Multiciencias* [en línea], 2016, (Venezuela) 16 (2), pp. 137-138. [14 de abril de 2022] ISSN 2477-9636. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90452745003.pdf>

**VALVERDE OROZCO, Víctor Hugo.** Diseño y Automatización de un Sistema de Aireación Forzada para el Co-compostaje de residuos hortícolas en la comunidad de Gatazo cantón Colta [En línea]. (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 20-28 [Consulta: 2021-07-23]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/4861>

**VARGAS, Oscar; et al.** “El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento”. *ORINOQUIA* [en línea], 2019, (Colombia) 23(2),

pp. 124-125. [Consulta: 07 enero 2022]. ISSN 2011-2629. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v23n2/0121-3709-rori-23-02-123.pdf>

**VÁSQUEZ PAREDES, Zulema.** Efecto de la lombriz roja californiana en la concentración de macronutrientes en compost producido por residuos orgánicos municipales [En Línea] (Trabajo de titulación) Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Trujillo, México. 2017. pp. 10 – 11. [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22510/vasquez\\_pz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22510/vasquez_pz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**VENEGAS SEPÚLVEDA, Andrea.** Evaluación de la adición de materiales de origen orgánico para a remediación de suelos contaminados con metales pesados [En línea] (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 2015. pp. 3 – 4. [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/292729>

**VENEGAS, Apolonio; et al.** “Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas” *Análisis Económico* [en línea], 2019, (México) 34 (85), pp. 173-175. [Consulta: 07 abril 2022]. ISSN. 2448-6655. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-66552019000100169](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552019000100169)

**VICARDI, R.** *Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector residuos* [en línea]. Santiago de Chile - Chile: Naciones Unidas, 2015. [Consulta: 05 julio 2021]. Disponible en: [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39360/S1501012\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39360/S1501012_es.pdf)


**VILLEGAS, V.; & LAINES, R.** “Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2017, (México) 8 (2), pp. 394-395. [Consulta: 07 enero de 2022]. ISSN. 2007-0934. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017000200393#:~:text=6400.,homog%C3%A9neo%20y%20de%20granulometr%C3%ADa%20fina](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000200393#:~:text=6400.,homog%C3%A9neo%20y%20de%20granulometr%C3%ADa%20fina)

**YAÑEZ, P; et al.** “Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados”. *RevActaNova* [en línea]. 2015, (Bolivia) 3 (4), pp. 732. [Consulta: 14 de abril de 2022]. ISSN 1683-0789. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892007000200006&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892007000200006&script=sci_abstract)



**ZARATE CAJA, Ruth.** Mejoramiento del compost mediante la adición de estiércol de vacuno y de cuy para la disminución de la concentración de metales pesados en el CEPASC-Concepción, 2018 [En Línea] (Trabajo de titulación). Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Huancayo, Perú. 2019. pp. 40-14. [Consulta: 2022-01-08]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6992>



DIRECCION DE BIBLIOTECAS  
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE  
Y LA INVESTIGACION  
 Ing. Jhonatan Parreño Uquillas MBA  
ANALISTA DE BIBLIOTECA

## ANEXOS

### ANEXO A. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE ENTREVISTAS



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

## ANEXO B. LIMPIEZA DEL TERRENO Y CONSTRUCCIÓN DEL TECHADO



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.



## ANEXO C. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE MERCADO Y RESIDUOS FLORÍCOLAS



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.



**ANEXO D. ACOPIO DE LOS RESIDUOS FLORÍCOLAS Y RESIDUOS DE MERCADO**



**Realizado por:** Asqui C., Serrano C., 2022.



## ANEXO E. ELABORACIÓN DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.

## ANEXO F. MONITOREO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.



**ANEXO G: VOLTEO DE LAS PILAS**



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.



## ANEXO H: RECOLECCIÓN DE COMPOST FINAL



Realizado por: Asqui C., Serrano C., 2022.



epoch

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: 06 / 06 / 2022

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

**Nombres – Apellidos:** Cristina Estefanny Asqui Amaguaya

Cinthy Stefania Serrano Beltrán

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** Ciencias

**Carrera:** Ingeniería en Biotecnología Ambiental

**Título a optar:** Ingeniera en Biotecnología Ambiental

**f. Analista de Biblioteca responsable:** Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



Firmado electrónicamente por:  
LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

1097-DBRA-UTP-2022