



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
La Universidad Católica de Loja

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**Compostaje como una herramienta de la economía circular  
aplicada a la gestión de residuos orgánicos en finca**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**LICENCIADO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Autor:** Valdivieso Naranjo, Bladimir Fernando

**Directora:** Carmona Moreno, Inmaculada

RIOBAMBA

2024



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2024

## Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 4 de marzo de 2024

Doctor

Angel Benitez Chavez

**Director de la carrera de Gestión Ambiental**

Loja.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Compostaje como una herramienta de la economía circular aplicada a la gestión de residuos orgánicos en finca realizado por Bladimir Fernando Valdivieso Naranjo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firma

Carmona Moreno, Inmaculada

C.I.: 0958596678

Correo electrónico: icarmona@utpl.edu.ec

### **Declaración de autoría y cesión de derechos**

“Yo, Bladimir Fernando Valdivieso Naranjo, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del Trabajo de Titulación denominado: Compostaje como una herramienta de la economía circular aplicada a la gestión de residuos orgánicos en finca, de la Titulación Gestión Ambiental, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción. Capítulo 1. Economía circular. Materiales y métodos, Capítulo 2. Descripción del área de estudio. Metodología, Capítulo 3. Muestreo y preparación de la muestra, Capítulo 4. Indicadores físico-químicos del Compostaje, siendo Inmaculada Carmona Moreno, directora del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Que mi obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Autorizo a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: .....

Autor: Bladimir Fernando Valdivieso Naranjo

C.I.: 0604327148

Correo electrónico: [bfvaldivieso@utpl.edu.ec](mailto:bfvaldivieso@utpl.edu.ec)

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a todos y cada uno de mis familiares que de forma directa o indirecta apoyaron esta meta.

Bladimir Fernando Valdivieso

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por la vida y a mis padres por haber inculcado valores en mí y sobre todo por apoyarme en todas las facetas de mi vida, también expresar de todo corazón a Inma mi directora de tesis un sentido agradecimiento por todas las horas dedicadas para pulir el trabajo de titulación.

Agradezco por el por el acompañamiento y financiamiento de este trabajo a Patricia Ruiz y Santiago Delgado técnicos de Industria Lojana de Especerías quienes estuvieron al frente del proyecto: IMPLEMENTING A ZERO-WASTE PRODUCTION IN THE HERB AND SPICE INDUSTRY, ECUADOR en colaboración con la Cooperación Alemana GIZ fomentado por el programa de desarrollo del Ministerio Federal de Cooperación Económica Desarrollo (BMZ).

## Tabla de Contenido

<b>Carátula .....</b>	<b>I</b>
<b>Aprobación del director del Trabajo de Titulación .....</b>	<b>II</b>
<b>Declaración de autoría y cesión de derechos.....</b>	<b>III</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>VI</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>2</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo uno.....</b>	<b>7</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Área de estudio .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Diseño experimental .....</b>	<b>8</b>
<b>Capítulo dos .....</b>	<b>17</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. Evaluación de la estabilidad y madurez del compost en dos sistemas de compostaje (abierto y cerrado).....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Comparación de las características agroquímicas del compost final.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Recomendaciones para el uso del compostaje como una herramienta de la economía circular aplicada al manejo de residuos orgánicos en finca .....</b>	<b>27</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>29</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>31</b>
<b>Apéndice.....</b>	<b>36</b>

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	<b>Características del material de partida.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>Caracterización físico-química del compost de pila abierta y pila cerrada ....</b>	<b>25</b>

### Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<b>Mapa parroquia de San Andrés provincia de Chimborazo.....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Manejo de residuos sólidos parroquia de San Andrés.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Sistemas de compostaje en pila abierta y en pila cerrada .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Calculadora de compostaje .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Minga con los agricultores y preparación de los ensayos.....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Programa para registros de datos Epicollect5.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 7</b>	<b>Prueba de puño cerrado .....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 8</b>	<b>Sonda de temperatura superficial .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 9</b>	<b>Volteo de la pila abierta .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 10</b>	<b>Incorporación de estiércol de vaca.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 11</b>	<b>Duración de las etapas del compostaje en las diferentes pilas ensayadas</b>	<b>17</b>
<b>Figura 12</b>	<b>Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje. Las líneas verticales indican los volteos realizados .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 13</b>	<b>Evolución de la humedad durante el proceso de compostaje .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 14</b>	<b>Volteo y cubierta con zinc y plástico de pila abierta .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 15</b>	<b>Volteo pila cerrada .....</b>	<b>23</b>

## Resumen

En Ecuador, la gestión inadecuada de los residuos agroganaderos genera impactos ambientales negativos al ser abandonados o vertidos a las quebradas debido a la falta de conciencia ambiental. En esta investigación se evalúa el compostaje a pequeña escala como una herramienta de la economía circular para gestionar los residuos orgánicos en fincas agropecuarias. El proceso de compostaje, que incluyó estiércol de vaca, estiércol de cuy y cascarilla de arroz, se llevó a cabo mediante dos sistemas: pila abierta (PA) y pila cerrada (PC), con una duración total de 98 días. Los resultados revelaron que el sistema PC demostró un mejor control de la temperatura, con una disminución progresiva en comparación con la PA. La humedad se mantuvo entre 45% y 65% en ambos sistemas. En cuanto a las características agroquímicas, excepto humedad y densidad, cumplieron con los estándares establecidos por la normativa ecuatoriana para abonos orgánicos en ambos sistemas. Estos resultados sugieren que el compostaje a pequeña escala, especialmente a través del sistema cerrado, puede ser una estrategia efectiva para la gestión sostenible de residuos orgánicos en fincas agropecuarias ecuatorianas.

*Palabras clave:* compostaje, economía circular, residuos orgánicos.

### **Abstract**

In Ecuador, agro-livestock waste is often abandoned or discharged into ravines due to a lack of proper management and environmental awareness, leading to negative environmental impacts. Within a circular economy framework, this study explores small-scale composting as a tool to manage organic waste on agricultural farms. A composting process involving cow manure, guinea pig manure, and rice husks was implemented for a total of 98 days using two treatments: open pile (OP) and closed pile (CP). The CP system demonstrated better temperature control, with a progressive decrease compared to the OP. Humidity remained between 45% and 65% in both systems. Agrochemical characteristics of the compost, except for humidity and density, met the standards set by Ecuadorian regulations for organic fertilizers in both systems. These findings suggest that small-scale composting, especially through the closed pile system, can serve as an effective strategy for the sustainable management of organic waste on Ecuadorian farms.

*Key words:* compost, circular economy, organic waste.

## Introducción

Para el 2050 la producción mundial de alimento deberá ser incrementada en un 70% para sostener el crecimiento demográfico. Recientemente, a consecuencia de la pandemia COVID-19, se ha incrementado el número de personas que viven con hambre, cuatro de cada diez personas, es decir, el 47% de la población de América Latina y el Caribe sufren inseguridad alimentaria, dando un retroceso de 15 años de lucha contra el hambre (Mora & Pin, 2022).

El desperdicio que se genera en sus diferentes fases: producción, transporte, almacenaje y distribución ocasionan un escenario preocupante para el sistema alimentario y una problemática ambiental por todos los recursos empleados (Ranking et al., 2021). Dicha producción de alimentos demanda energía, recursos naturales y humanos, generando a su paso problemas de contaminación, degradación de suelos y pérdida de biodiversidad, ocasionando en los últimos 50 años un incremento alarmante de nuestra huella ecológica; indicador de los impactos de las actividades humanas sobre el entorno natural, del 190% (Martínez, 2022).

A la problemática de los desperdicios se suma la mala gestión y manejo de estos residuos, en Ecuador según datos del Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) diariamente se generan 14.000 toneladas de desechos, lo que representa más de 5 millones de toneladas anuales, de los cuales el 56,2% corresponde a residuos orgánicos (Cáceres, 2021). La explotación y el crecimiento acelerado de las fronteras agrícolas está generando una producción y un manejo insostenible de los residuos orgánicos agropecuarios (Falappa et al., 2019). Los residuos de las prácticas agrícolas y ganaderas que generan las fincas a mayor o menor escala, no suelen ser aprovechados de la mejor manera, principalmente por falta de conocimiento y medios para gestionarlos (Murillo et al., 2019).

En Ecuador la disposición final de gran parte de los residuos agroganaderos se realiza: abandonando en campo abierto, vertiendo a las quebradas y uno de los casos más controversiales ha sido, los rellenos sanitarios, que ocasionan impactos desfavorables en el medio ambiente. El relleno sanitario contiene capas de basura compactada en el suelo y desechos orgánicos que al descomponerse produce gases contaminantes como el metano y lixiviados que son filtrados por el suelo y llevan consigo compuestos contaminantes de la basura sólida, polucionando las aguas subterráneas (Hidalgo, 2019).

Una alternativa para el manejo de residuos y el aporte a la seguridad alimentaria es la aplicación de los principios de la economía circular a nivel de finca. El objetivo es la transformación del sistema agroalimentario que actualmente se dedica a utilizar y desechar, sino en, reutilizar y reciclar todas las veces que sea posible, agregándole un valor significativo (Loor et al., 2018 ; Martínez & Porcelli, 2019). En Ecuador con el fin de implementar prácticas de uso eficiente de los recursos el Ministerio de Producción Comercio Exterior y Pesca en 2021 firmó acuerdos para fortalecer el reciclaje y la reinserción de materia en la cadena productiva, en el eje del desarrollo sostenible hasta el 2030 (Flotats et al., 2021).

Una herramienta fundamental para la transición hacia sistemas de economía circular y específicamente para la gestión de los residuos procedentes del consumo humano y de las actividades agropecuarias es el compostaje (Palma & Cruz, 2021). Los residuos son transformados a través de un proceso de descomposición biológica en presencia de oxígeno donde los residuos sólidos orgánicos se transforman en CO<sub>2</sub>, agua y minerales (Rojas et al., 2020), contribuyendo a reducir la cantidad de residuos y mejorando la calidad del medio ambiente local. En el proceso de compostaje están presentes tres fases que se relacionan directamente con la temperatura. La primera conocida como mesófila, cuando existen temperaturas menores a 45 °C, la segunda termófila, con temperaturas mayores a 45 °C y la tercera mesófila de enfriamiento, cuando la temperatura del compost alcanza la temperatura ambiental (Bohórquez, 2019).

Ante esta realidad en el país, la Industria Lojana de Especería, que actualmente colabora con más de 200 productores/as de plantas aromáticas en el país, no solo busca ser

una empresa líder en calidad de sus productos, sino además ser pionera en implementar aspectos ambientales en su proceso de producción. Es por ello, que desde 2020 está colaborando con la Cooperación Alemana (GIZ) y el Ministerio Federal de Cooperación Económica Desarrollo (BMZ), a través del proyecto “*Implementing a zero-waste production in the herb and spice industry in Ecuador*” con el objetivo de convertirse en una de las primeras empresas ecuatorianas en obtener una producción sin residuos en la industria de hierbas y especias. Entre otras actividades, están colaborando directamente con sus productores/as para transformar los residuos orgánicos en recursos tipo fertilizantes y sensibilizando sobre la importancia de reducir la generación de residuos en finca, además de resaltar la importancia de que estos sean enviados a centros de reciclaje para mejorar la calidad ambiental local.

Des esta manera la presente investigación aborda la importancia de la transformación de residuos orgánicos por medio de la evaluación de la viabilidad técnica del compostaje a pequeña escala como una herramienta de economía circular. Es así que se aplicó el sistema de compostaje de pila cerrada y pila abierta con lo cual se seleccionó el mejor método para que los residuos agropecuarios sean transformados en un producto de utilidad y finalizando este estudio se presentó recomendaciones para un manejo adecuado en finca.

- **Objetivo general**

El objetivo general de este proyecto es evaluar la técnica del compostaje a pequeña escala como una herramienta de la economía circular que permita la gestión y reciclaje de los residuos orgánicos en fincas agropecuarias colaboradoras de Industria Lojana de Especería (ILE).

- **Objetivos específicos**

Específicamente, con este proyecto se pretende reciclar, a pequeña escala, todos los residuos orgánicos generados en una finca agropecuaria, a través de los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la estabilidad y madurez del compost en dos sistemas de compostaje (abierto y cerrado).
- Comparar las características agroquímicas del compost final de los dos sistemas de compostaje (abierto y cerrado) como enmienda y/o abono orgánico sólido.
- Elaborar unas recomendaciones concretas sobre el manejo de residuos orgánicos en finca

## Capítulo uno

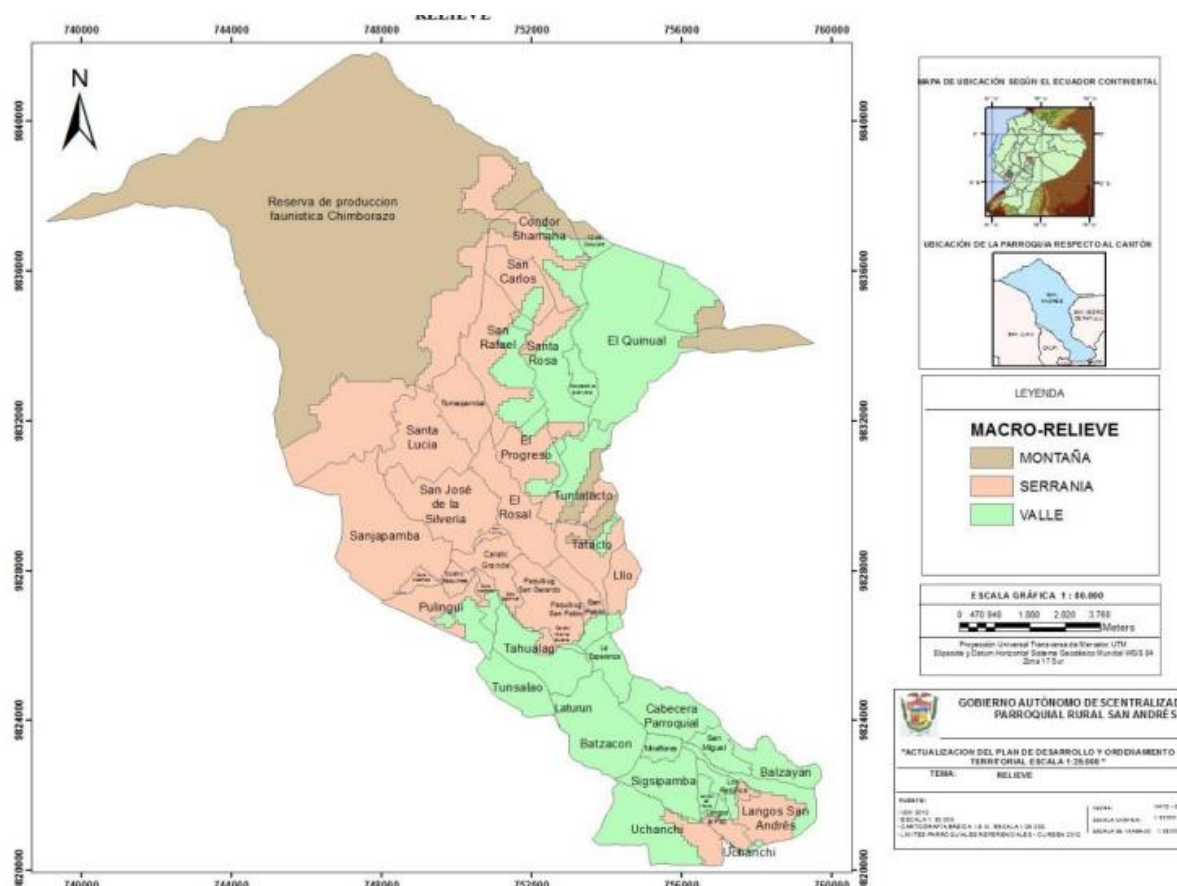
### Metodología

#### 1.1 Área de estudio

El presente trabajo se realizó en la comunidad la Josefina parroquia de San Andrés perteneciente al cantón Guano en la provincia de Chimborazo (Figura 1). Según el Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PDOT) de la parroquia de San Andrés la zona presenta pisos altitudinales de 2.800 a 3.600 msnm, una temperatura promedio de 6 a 14°C y una precipitación media anual de 500 a 10.000 mm concentrada en dos estaciones lluviosas febrero-mayo y octubre-noviembre (PDOT, 2019).

**Figura 1**

*Mapa parroquia de San Andrés provincia de Chimborazo*

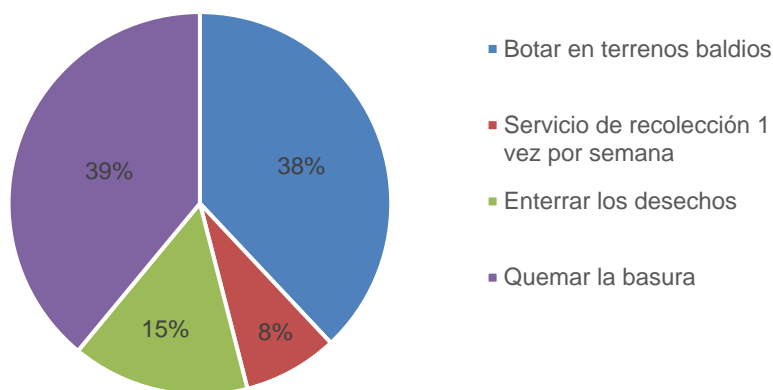


*Nota. Adaptado de PDOT San Andrés (2019).*

Dentro de la parroquia de San Andrés la gestión de los residuos sólidos procedentes de las actividades humanas se realiza por medio del vehículo recolector de basura municipal de Guano, que visita este sector una vez por semana. Es así, que el Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PDOT) indica que el servicio de recolección de residuos cubre al 8% de la población de San Andrés, principalmente en las zonas más cercanas a las vías de acceso. El 92% restante de la población, opta por depositar los residuos sólidos a cielo abierto, enterrar o quemar (Figura 2).

**Figura 2**

*Manejo de residuos sólidos parroquia de San Andrés*



*Nota.* Adaptado de PDOT de la parroquia de San Andrés

El 39% de la población de San Andrés prefiere quemar la basura y el 38% bota la basura en terrenos baldíos (Figura 2). Esto refleja que la gestión de residuos es ineficiente, debido a que si bien no se recolecta la mayoría de residuos por medio de carro recolector, existe un problema de contaminación ambiental y falta de programas y proyectos para una correcta disposición final de los residuos sólidos.

## 1.2 Diseño experimental

El proceso de compostaje se ha realizado en un sistema de pila abierta (PA) y en un sistema de pila cerrada (PC) tipo doméstica. La PA es un montón sobre el suelo, al aire libre que recibe aireación directa y cuyas dimensiones fueron 3.50x2.50x1.20 m (Figura 3a). La

PC es una compostera de plástico de la marca Aerobin 600 (Figura 3b), presenta un volumen de 600 litros y sus dimensiones son 1.70x0.75x0.75 m, cuenta con un tubo central para favorecer la aireación interna por medio de convección, por lo que no necesita realizar volteos manuales.

### Figura 3

*Sistemas de compostaje en pila abierta y en pila cerrada*



*Nota. a) Pila abierta, b) Pila cerrada*

En el caso de los residuos, estos procedieron de la ganadería, restos producidos y acumulados en la propia finca y el material vegetal estructurante para el compost fue comprado. Se utilizaron dos tipos de estiércoles: 1) estiércol de vaca lechera *Brahman* alimentada de pastizales y alfalfa de la zona y, 2) estiércol de cuy alimentado de alfalfa; y como material estructurante se utilizó cascarilla de arroz. Las características de los materiales iniciales se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1***Características del material de partida*

<b>Análisis</b>	<b>Estiércol de cuy</b>	<b>Estiércol de vaca</b>	<b>Cascarilla de arroz</b>
Densidad	188 g/litro	655 g/litro	122 g/litro
Humedad	24,8%	30%	7%
pH	9,8	9,3	6,9
Conductividad Eléctrica	9,37 mS/cm	8,14 mS/cm	1,31 mS/cm
Materia orgánica	74,6%	24,3%	80,2%
Carbono	43,4%	14,1%	46,6%
Relación C: N	21:1	13:1	97:1
Nitrógeno total (N)	2,10%	1,06%	0,48%
Fósforo (P)	0,53%	0,41%	0,04%
Potasio (K)	4,30%	0,50%	0,28%
Magnesio (Mg)	0,88%	0,36%	0,03%
Calcio (Ca)	1,58%	0,70%	0,03%
Sodio (Na)	0,32%	0,28%	0,01%
Hierro (Fe)	732	2540	71,8
Manganeso (Mn)	105	81,2	73,4
Cobre (Cu)	17,8	14,3	18,1
Zinc (Zn)	73,4	16,8	9,7
Boro (B)	71,8	47,6	10,4

*Nota.* Esta tabla se observa las características del material de partida

Las cantidades de materiales que se utilizaron en las 2 pilas se calcularon mediante una calculadora de compostaje propuesta por la Universidad de Cornell (Richard & Trautmann, 1996) buscando una relación de C/N próxima a 25 (Figura 4). Esta herramienta

permite el diseño de una mezcla adecuada de los materiales que se colocan, por lo que las fórmulas en las que se basa permiten obtener valores predeterminados de carbono, nitrógeno, entre otros, con base en estudios de otros autores, por lo que al ingresar los ingredientes y el porcentaje de agua nos indicó la cantidad de materiales necesarios. Según los resultados obtenidos en la calculadora de compostaje, se mezclaron 3000 kg de estiércol de vaca, 175 kg de estiércol de cuy y 100 kg de cascarilla de arroz que se repartieron entre la PA y la PC.

**Figura 4**

*Calculadora de compostaje*

Ingrediente	% H2O	Peso	
Estiércol ganado	50		
Estiércol de cuy	40		
Cascarilla de arroz	0		
		Resuelva para el % de humedad:	NaN

Calcular Reset

Aquí está la fórmula:

Ingrediente	%H2O	Peso
	a	X
	b	y
	C	z

*Nota.* Richard y Trautmann (1996).

El proceso de compostaje tuvo una duración de 98 días, iniciando el 21 de febrero de 2022 y finalizando el 28 de mayo de 2022. La construcción de las pilas de compostaje se realizó a través de una minga de trabajo a la que asistieron 12 agricultores/as de la comunidad la Josefina (50% mujeres), para dar a conocer la importancia de compostar sus residuos ganaderos y agrícolas y se detalló la metodología de trabajo para la preparación del compost (Figura 5).

**Figura 5**

*Minga con los agricultores y preparación de los ensayos*



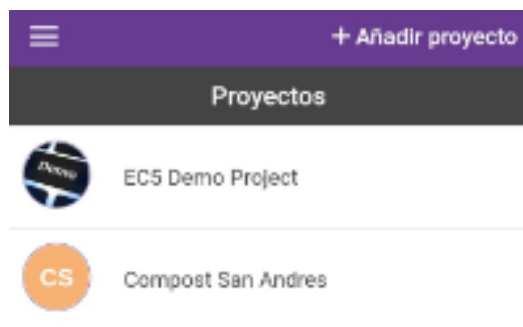
Minga en el área de estudio

### **1.3 Evaluación de la estabilidad y madurez del compost**

Durante el proceso de compostaje se realizó un seguimiento de la temperatura y la humedad. Para cada uno de estos parámetros se procedió hacer mediciones en 4 puntos aleatorios de cada sistema (abierto y cerrado) intentando que siempre fueran a la misma hora. Los datos recolectados se registraron en el software Epicollect5 (Figura 6), un software gratuito que permite la creación de formularios para recopilación de datos y posterior descarga en archivo de Excel para su interpretación (Gohil et al., 2020).

**Figura 6**

*Programa para registros de datos Epicollect5*



*Nota.* Adaptado de Gohil et al. (2020).

Para determinar la humedad se procedió a realizar la prueba del puño cerrado (Figura 7), en cuatro puntos diferentes a una profundidad de 20cm. Este método se aplicó debido a que, en las comunidades campesinas, el uso o adquisición de equipos es casi nulo y en la presente investigación, se evaluó su utilidad. Se tomó un puñado del material con la mano, seguido de ejercer presión se podrá evidenciar; si gotea un aproximado de 8 gotas significa que mantiene un porcentaje de humedad al 75%, si al soltar la presión se mantiene la forma del puño significa que está al 50% y si la misma se destruye de forma inmediata está por debajo del 40% de humedad (Universidad de Magallanes y Ministerio de Medio Ambiente, 2018).

**Figura 7**

*Prueba de puño cerrado*



La temperatura se midió mediante una sonda conectada a un registrador de temperatura (Figura 8). En cada pila se midió la temperatura en cuatro puntos aleatorios y el resultado final de la temperatura se calculó como el promedio de estas 4 mediciones. Para la compostera cerrada las mediciones se realizaron en el centro del contenedor de compostaje, a unos 40-50 cm de profundidad. Adicionalmente, también se registró la temperatura ambiente en el momento de las mediciones.

### **Figura 8**

*Sonda de temperatura superficial*



*Nota. Sonda*

La aireación de los montones de compost fue realizada manualmente mediante volteo de las pilas (Figura 9). Cada vez que la temperatura del compost fue estable y similar a la temperatura ambiente se realizaba un volteo. Se realizaron 3 volteos en la pila abierta (5 marzo, 13 abril y 14 mayo) y en la pila cerrada solo un volteo (14 mayo). Durante todo el proceso de compostaje la humedad osciló entre 45-50%, aunque fue necesario cubrir el montón de compost de la pila abierta en la época de lluvias.

**Figura 9**

*Volteo de la pila abierta*



*Nota. Volteo en la zona de estudio*

Al realizar el primer volteo no se observó una activación de la temperatura por lo que en el segundo volteo se incorporaron unas 10 carretillas de estiércol de vaca (Figura 10), con el objetivo de reactivar la fase activa y aumentar las temperaturas en el montón.

**Figura 10**

*Incorporación de estiércol de vaca*



*Nota. Incorporación en la pila abierta*

Es así que está cubierta fue necesaria debido al encharcamiento del agua que imposibilitó que la fase activa se realice con normalidad, por lo que el aumento de estiércol de vaca permitió que una mayor cantidad de microorganismos activen a la pila de compost. Según los datos registrados por la estación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (APENDICE B) durante los meses del proceso de compostaje se registró una precipitación total de 192 mm, con algunos días de más de 77 mm.

#### **1.4 Análisis de datos**

La información registrada tanto de la pila abierta como de la pila cerrada fue descargada al final del ensayo a través del software Epicollect5. Esta información contenía los valores tanto de temperatura y humedad. Para la generación de tablas y gráficas se utilizó el software Excel. Con la finalidad de evaluar el proceso se realizó un análisis estadístico descriptivo, para determinar el comportamiento de las variables de interés. Finalmente, los parámetros físico-químicos del compost obtenido se comparó con los estándares establecidos por la normativa ecuatoriana.

## Capítulo dos

### Resultados y discusión

#### 2.1. Evaluación de la estabilidad y madurez del compost en dos sistemas de compostaje (abierto y cerrado)

##### Temperatura

La estabilidad y madurez del compost se determinó mediante la comparación de la evolución de la temperatura y la humedad durante el proceso de compostaje como indica Barrena (2006), es decir las diferencias que existen entre cada fase. Lo que también es apreciable por un olor a tierra fresca, tonalidad oscura similar al suelo y una estructura suelta y granular. Por lo que, en la pila cerrada se obtuvo fases de menores días y en la abierta con mayor duración, esto debido a que, cada sistema condiciona el proceso (Figura 11). De esta manera el proceso de compostaje más adecuado es la pila cerrada con una menor duración y con mejores resultados en los tiempos de cada fase.

**Figura 11**

*Duración de las etapas del compostaje en las diferentes pilas ensayadas*

	Fase mesófila	Fase termófila (T <sup>a</sup> >40°C)	Fase mesófila de enfriamiento (T <sup>a</sup> <40°C)	Fase de maduración o estabilización del humus (T <sup>a</sup> ambiente)
	FASE ACTIVA O BIOXIDATIVA			FASE MADURACION
<i>PILA CERRADA</i>	2 días	7 días	16 días	73 días
<i>PILA ABIERTA</i>	5 días	9 días	44 días	40 días

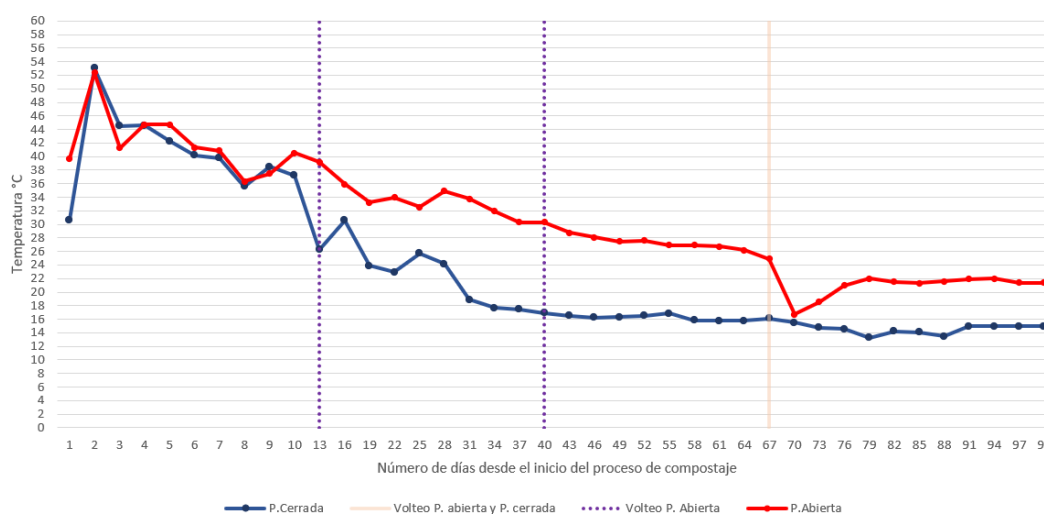
*Nota.* Fase mesófila, termófila y maduración.

Es así que, la fase de bioxidativa del proceso de compostaje (fase activa) se consideró terminada cuando la temperatura de la mezcla fue estable y cercana a la de la temperatura ambiental. Las mezclas se dejaron secar al aire durante al menos 40 días (fase maduración), con una duración total del proceso de compostaje de 98 días (Figura 11).

En la Figura 12 se muestra la variación de temperatura durante el proceso de compostaje (fase activa) con una duración de 25 días en la pila cerrada y de 58 días en la pila abierta, manteniendo la fase de maduración hasta los 98 días.

**Figura 12**

*Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje. Las líneas verticales indican los volteos realizados*



*Nota. Pila abierta, cerrada y volteos*

En ambas pilas se experimentó un rápido incremento de la temperatura durante los primeros días del proceso de compostaje, alcanzándose temperaturas superiores a los 40°C y manteniéndose la etapa termófila durante aproximadamente 7 días en la pila cerrada y durante 9 días en la pila abierta (Figura 11).

Aunque la pila cerrada mantuvo un periodo más corto de altas temperaturas, alcanzó una mayor temperatura máxima de 54°C, frente a la pila abierta cuya temperatura máxima fue de 51°C (Figura 12). Esto concuerda con lo establecido por Barrena (2006) y FAO (2013) quienes mencionan que, un menor tiempo de compostaje es en donde existen temperaturas superiores a 40 °C, pero el único sistema con una menor duración en la fase termófila fue la pila cerrada, por lo que obtuvo el mejor resultado. En cualquier caso, en ambos procesos, se han logrado mantener temperaturas de “higienización” durante al menos 7 días en ambas pilas, favoreciendo la eliminación de patógenos como *Escherichia coli*, entre otros (FAO,

2013). No obstante, sería recomendable realizar un análisis microbiológico del compost final previo a su aplicación.

La fase mesófila de enfriamiento tuvo una duración de 16 días para la pila cerrada y 44 días para la pila abierta (Figura 11). A través de los volteos se intentó acelerar el proceso de compostaje y reactivar la fase termófila, pero en ambas pilas, esto no fue posible y se dio por terminada la fase mesófila cuando tras realizar un volteo no se registró aumento de temperatura en la pila de compost debido a que ya no existió reproducción de los microorganismos. Finalmente, durante la fase de maduración, ya no se realizaron volteos y se dejó reposar ambas pilas hasta que las temperaturas internas de las pilas alcanzaron la temperatura ambiente, siendo para la pila abierta un promedio de 22,7 °C y para la pila cerrada 14,97 °C. La duración de esta fase fue de 73 y 40 días, para la pila cerrada y pila abierta, respectivamente. Esto se debe a que en la pila abierta se seleccionaron materiales que previamente, ya se encontraban en proceso de descomposición y estaban húmedos.

Después de cada volteo y tras el aporte de nueva materia orgánica (segundo volteo) se esperaba que la temperatura aumentara en la pila abierta, debido a la mejora de la oxigenación y a la homogeneización de la mezcla, no obstante, la subida de temperatura no fue tan pronunciada como se esperaba. Esto puede deberse a que temperatura de la pila abierta van asociados también a factores externos como la temperatura ambiente y precipitación. Justo en la época en la que se realizó el ensayo coincidió con un período de bajas temperaturas (10-15 °C) y de altas precipitaciones en la zona que pudo provocar un exceso de agua en la pila abierta que pudo contribuir a reducir la difusión del aire por la pila y, en consecuencia, limitar el aumento de temperatura por baja actividad microbiológica de la flora aeróbica generando condiciones anaeróbicas. Esto concuerda con lo indicado por Samaniego (2016) ya que, la temperatura de una pila de compost al reducirse es un indicador de maduración ya que, se reduce la temperatura debido a los factores antes mencionados por lo que no fue posible activar nuevamente las pilas.

También es posible que esta falta de temperatura posiblemente pueda deberse a que el material de partida fue recolectado por los productores dos meses antes de la preparación

de la pila y el material ya había iniciado un proceso de pre compostaje, lo cual, significa que, anteriormente ya tuvo su etapa termófila previa a la elaboración del compost. Esto a su vez, es un problema relacionado con la descomposición del material orgánico, ya que como menciona Tortarolo et al. (2008) y Huilahuaña (2023) la reducción de la temperatura es un indicador de baja proliferación microbiana, así como sus reacciones bioquímicas, por lo que el material al haber iniciado un pre compostaje, ya no contaba con todos los microorganismos necesarios lo que resultó en la variación de temperatura y su descenso durante el estudio. De esta manera es recomendable que no existan atrasos dentro de la recolección de residuos debido al proceso de precompostaje y de esa manera evitar estos acontecimientos

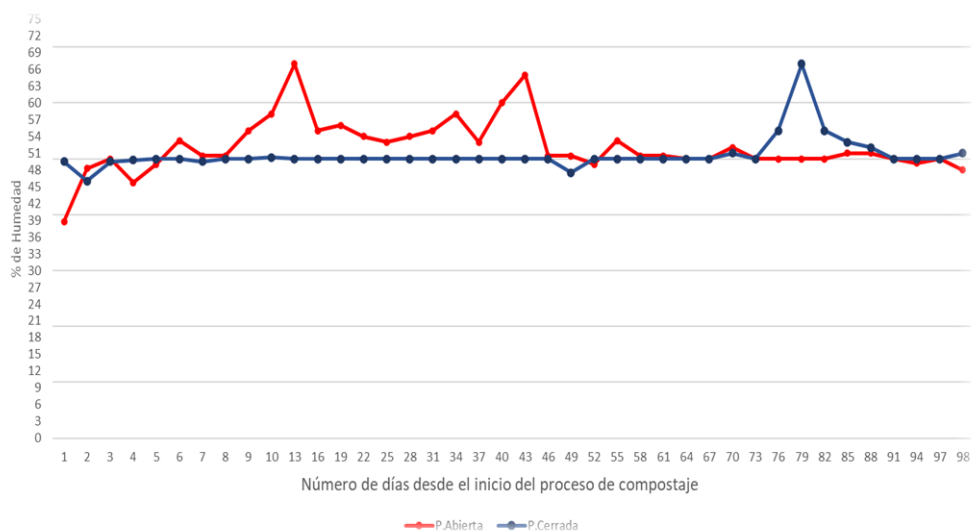
La degradación de la materia orgánica fue similar en el inicio del proceso para la pila cerrada que, para la pila abierta, como se observa con la evolución de la temperatura (Figura 11). Esta similitud fue variando a lo largo de la duración del estudio en donde la temperatura se diferenció luego de los volteos siendo una temperatura más elevada en la pila abierta, al contrario, la pila cerrada presentó un descenso progresivo y controlado, debido a que, la descomposición por la actividad microbiana se realizó de una manera correcta. Aproximadamente se ha estimado que el compost maduro en la pila cerrada se obtuvo un mes antes que en la pila abierta.

### **Humedad**

Durante el proceso de compostaje la humedad presentó variaciones tanto en la pila abierta como la pila cerrada, existiendo un incremento en los meses de marzo y abril, pero siendo notoria en la pila abierta. En la Figura 13, se puede observar que la humedad al inicio del experimento fue de 49,5% para la pila cerrada y de 38,75% para la pila abierta.

**Figura 13**

*Evolución de la humedad durante el proceso de compostaje*



*Nota. Humedad de pila abierta y cerrada*

Es de resaltar que, debido al exceso de lluvias durante los meses de marzo y abril, la humedad de la pila abierta fue excesiva y, por tanto, tras realizar el primer volteo, se procedió a cubrir la pila abierta con hojas de zinc y sacos de yute agujereados para permitir la aireación, conservar la temperatura y evitar la lluvia directa como se muestra en la Figura 15. Según indica el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] (2021), si existe humedad mayor al 55% en el compost, existe encharcamiento provocando un descenso de temperatura, mal olor y creando una barrera para la transferencia de oxígeno evitando así la subsistencia de la vida microbiana. Para evitar este problema, se decidió cubrir la pila abierta. No obstante, se recomienda realizar pilas de compostaje abiertas en época de lluvias solo si se dispone de un espacio techado que permita proteger el compost de las precipitaciones estacionales.

**Figura 14**

*Volteo y cubierta con zinc y plástico de pila abierta*



*Nota.* La cubierta se realizó a 2 metros de altura de la pila permitiendo la aireación normal de la misma utilizando materiales reciclados.

Cerca de finalizar el proceso en la pila cerrada hubo un aumento de humedad con un pico de 64% el día 79 debido a que la ventilación del tubo interno fue interrumpida por la compactación de la materia. Por ello, fue necesario airear la pila, a través de un volteo final (Figura 15).

**Figura 15***Volteo pila cerrada**Nota. Volteo dentro pila cerrada*

La madurez del compost se refiere a la terminación del proceso de transformación de los residuos con lo cual el producto final adquiere un aspecto terroso con coloración negra y sin olor (Antolín et al., 2018 ; Arevalo, 2022). En base a los parámetros analizados durante el proceso de compostaje se puede concluir que la pila cerrada fue el sistema de compostaje que mejor comportamiento presentó respecto a estabilidad y a precocidad, alcanzando la madurez del compost unos 30 días antes que en la pila abierta. No obstante, la implementación del proceso de compostaje, independientemente del tipo de pila utilizada, ha demostrado que es posible transformar el 100% de los residuos agroganaderos de la finca (3.2 t) en un recurso tan valorado como es el abono orgánico y a su vez, evitar problemas ambientales como la contaminación del agua por escorrentía, la emisión de gases por la

descomposición anaeróbica del estiércol, problemas sanitarios por la proliferación de parásitos y patógenos, entre otros.

## **2.2 Comparación de las características agroquímicas del compost final**

Una vez que el proceso de compostaje finalizó, se analizaron los principales parámetros físico-químicos en los dos compost obtenidos de la pila abierta y la pila cerrada para evaluar su calidad agronómica (Tabla 2). Los resultados que se han obtenido respecto a la humedad del compost no son favorables en ninguna de las pilas, según los requisitos detallados por Agrocalidad para el registro de insumos agrícolas (Agrocalidad, 2020): al superar en más de 10 puntos porcentuales el valor límite fijado por la legislación, es decir los valores del compost en varias características están por encima de los rangos óptimos de este producto establecido en la normativa ecuatoriana.

Por ello, sería necesario incrementar la fase de maduración unas semanas más en un lugar cubierto que permita proteger al compost de la humedad y facilitar su secado. En cambio, los valores de materia orgánica (MO) y de relación carbono-nitrógeno (C/N) de ambos compost si cumplen con los requisitos mínimos exigidos por ley. En cualquier caso, ambos procesos de compostaje incrementaron la estabilidad y los compost finales presentaron ratios de relación carbono-nitrógeno (C/N) con valores inferiores a 30, tal y cómo exige la normativa.

**Tabla 2***Caracterización físico-química del compost de pila abierta y pila cerrada*

Análisis	PA	PC
	98 días	98 días
Densidad	879 g/litro	837 g/litro
Humedad	52,2%	53,9%
pH	8,5	8,7
Conductividad Eléctrica	7,7 mS/cm	8,4 mS/cm
Materia orgánica	22,4%	24,4%
Carbono	13%	14,2%
Relación C: N	14:01	15:01
Nitrógeno total (N)	0,96%	0,93%
Fósforo (P)	0,41%	0,40%
Potasio (K)	0,38%	0,66%
Magnesio (Mg)	0,42%	0,44%
Calcio (Ca)	0,99%	0,97%
Sodio (Na)	0,23%	0,34%
Hierro (Fe)	2300 ppm	3000 ppm
Manganeso (Mn)	86,2 ppm	106 ppm
Cobre (Cu)	19,4 ppm	20,0 ppm
Zinc (Zn)	19,2 ppm	26,2 ppm
Boro (B)	56,8 ppm	54,2 ppm

*Nota.* En esta tabla se observa que los valores superan a la normativa.

El pH final de los compost obtenidos, estuvo dentro del intervalo de valores óptimos para el crecimiento vegetal. Sin embargo, los valores de conductividad eléctrica (CE) estuvieron por encima de los valores recomendados en las directrices USA sobre el empleo

de compost ( $EC < 5$  dS/m; US Composting Council, 2001)<sup>1</sup> pero dentro de los valores propuestos por Agrocalidad para el registro de insumos agrícola (Agrocalidad 2020). No obstante, se recomienda actuar con cautela para el empleo de estos compost en suelos salinos o en cultivos con baja tolerancia a la salinidad. Respecto al resto de nutrientes, el contenido fue similar en ambos compost, excepto para el potasio (K), el hierro (Fe) y Manganeseo (Mn) donde el contenido fue superior en el compost de la pila cerrada. Esta diferencia es notable debido al tipo del residuo empleado, es decir, todos los restos agrícolas fueron los mismos para las pilas, pero la mejor descomposición fue en la pila cerrada. En cuanto al contenido de nitrógeno total (Nt) fue algo inferior al 1% en ambos compost, siendo inferiores a otros materiales utilizados frecuentemente como enmiendas de suelos

Por último, es de resaltar que ambos compost cumplirían casi en su totalidad con la normativa Agrocalidad para el registro de insumos agrícolas (Agrocalidad, 2020), pero no podrían utilizarse para parcelas certificadas en agricultura orgánica. Según el reglamento para la producción orgánica del Ecuador (Agrocalidad & MAGAP, 2020) es necesario que a lo largo del proceso de compostaje se den 5 volteos y al menos durante 5 semanas se mantenga la temperatura en un rango de 55-76 °C, requisitos que no se han cumplido durante este proceso de compostaje. Una posible solución para su uso, sería: i) aplicar el compost al menos 90 días antes de la cosecha con lo cual se controlaría el pre compostaje y los residuos no tendrían problemas al momento de los volteos, estabilizando la temperatura y humedad acorde a lo indicado en la normativa; y ii) realizar un análisis microbiológico de los compost finales para asegurar que no sobrepasen los 1000 NMP (número más probable) de coliformes fecales por gramo de estiércol/compost procesado y no más de 3 NMP de Salmonella por cada 4 gramos de estiércol/compost procesado.

---

<sup>1</sup> <https://www.compostingcouncil.org/>

### **2.3 Recomendaciones para el uso del compostaje como una herramienta de la economía circular aplicada al manejo de residuos orgánicos en finca**

- En el contexto de la economía circular, a nivel de finca, se alienta a los productores a implementar el sistema de compostaje de pilas cerradas, ya que facilita el manejo del compost y acelera el proceso de compostaje. Este sistema no solo promueve la estabilidad y madurez precoz del compost, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al transformarse en un valioso producto agrícola como es el abono. En caso de emplear el sistema de pilas abiertas durante épocas lluviosas, se sugiere contar con un espacio techado para proteger el compost de las precipitaciones estacionales, para favorecer el proceso de compostaje y minimizar así el impacto ambiental que puede generar la escorrentía de los nutrientes.
- Es esencial mantener un control y vigilancia constante de los residuos orgánicos generados en la finca. Separar y ubicar estos residuos en áreas designadas dentro de la finca permitirá iniciar un proceso ordenado de compostaje, transformándolos en compost en un plazo aproximado de 100 días. Este enfoque no solo promueve la gestión eficiente de los residuos, sino que también impulsa prácticas agrícolas sostenibles para la gestión en finca de los residuos agroganaderos.
- Se recomienda implementar un sistema de control y vigilancia de los parámetros de temperatura y humedad en las pilas de compost. Este monitoreo, que no requiere equipos sofisticados, puede realizarse con herramientas simples como la prueba del puño para medir la humedad y una sonda o termómetro para medir la temperatura. La gestión adecuada de estos parámetros, evidenciada en este trabajo, es esencial para garantizar un proceso de compostaje exitoso, minimizando la necesidad de riego frecuente y abordando problemas de encharcamiento con facilidad mediante los volteos.
- Dada la alta participación de la comunidad de la Josefina en la realización del compost, se recomienda incrementar el nivel de conciencia ambiental en la zona a

través de campañas y charlas informativas. Estas iniciativas deben destacar el valor y los beneficios del compostaje como parte integral de alcanzar una finca cero residuos, promoviendo así la adopción generalizada de prácticas sostenibles como el compostaje en el marco de la economía circular. La experiencia estudiada en esta tesis puede servir como modelo para que otros/as productores/as de la zona se animen a transformar sus residuos en abonos orgánicos

- A partir de la investigación realizada, se sugiere explorar la eficacia de los sistemas de compostaje, tanto de pilas abiertas como cerradas, con diferentes tipos de residuos. Evaluar estos sistemas en las fases biooxidativa y de maduración puede proporcionar resultados que sean aplicables y replicables en diversas fincas de la parroquia, fomentando la adopción generalizada de estas prácticas sostenibles y circulares.
- Finalmente, considerando las características físico-químicas del compost obtenido en ambas pilas, se recomienda establecer nuevos ensayos en la zona para evaluar el efecto del compost obtenido en el rendimiento de los cultivos, específicamente en el cultivo de la manzanilla y en la calidad del suelo. Estos ensayos permitirán evaluar el compost obtenido como mejorador del suelo y/o fertilizante para promover el manejo sostenible y agroecológico del cultivo local de manzanilla.

## Conclusiones

La técnica de compostaje a pequeña escala demostró la capacidad de degradar los restos orgánicos en un tiempo promedio de 98 días, tanto en pilas abiertas como cerradas. Esta eficacia valida la utilidad del compostaje como una herramienta de la economía circular que permite gestionar y transformar los residuos agropecuarios en abonos orgánicos tipo compost apto para fertilizar cultivos.

La evaluación de la estabilidad y madurez del compost, basada en la evolución de la temperatura y humedad en ambos sistemas de compostaje, destaca el mejor control y descenso progresivo de la temperatura en la pila cerrada.

El proceso de compostaje mediante pilas abiertas y cerradas para estiércol de cuy y de vaca con cascarilla de arroz generó un compost con unas buenas propiedades físico-químicas, con valores que están dentro del rango establecido por la normativa para abonos orgánicos, con la particularidad que tanto la pila abierta como cerrada los valores de humedad y densidad están por encima de lo establecido. Con lo cual un correcto manejo de estos residuos puede ayudar a estabilizar la temperatura y una humedad acorde a la normativa ecuatoriana.

El control del proceso de compostaje mediante control de temperatura y aireación por volteo manual fueron adecuados, aunque para su posterior uso en agricultura orgánica sería recomendable dar al menos 5 volteos por pila de compostaje. En cualquier caso, ambas tecnologías han permitido obtener productos que se podrían aplicar en agricultura, según la normativa Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario ecuatoriana para el registro de insumos agrícolas

El sistema de compostaje de pila cerrada ofrece mayor garantía del cumplimiento de los criterios de higienización del compost que el sistema de pila abierta con volteo, ya que se alcanzaron valores de temperatura superiores y resulta más cómodo para las productoras porque se evitan de realizar los volteos. No obstante, también hay que considerar el precio

de las composteras cerradas y la limitación del volumen para compostar en este tipo de composteras.

Sin embargo, aún quedan distintos puntos por resolver, como por ejemplo evaluar la percepción del proceso por parte de las productoras, facilitar la mecanización de la construcción y volteo de la pila de compost, asegurar un suministro constante de materia prima para elaborar el compost, evitar la construcción de pilas de compost en época de lluvias si esta no puede estar protegida bajo techo y establecimiento de la recogida de lixiviados del agua generada en las pilas de compost

## Referencias

Agrocalidad & MAGAP. (2020). Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción orgánica - ecológica - biológica en el Ecuador. Obtenido de Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/by3.pdf>

Agrocalidad. (2020). Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola. Agrocalidad: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>

Antolín, J., Sánchez, M., Garcia, M., Conde, D., & Soto, M. (2018). Desarrollo de un proceso de compostaje para la gestión integral de residuos en una Granja Cunicula. Compostaje y otras transformaciones de los residuos orgánicos, 1(1), 44-47. <file:///C:/Users/asinc/Downloads/VIJORNASREDESPAOLADECOMPOSTAJE.pdf>

Arevalo, J. (2022). Incorporación de estiércol para el mejoramiento del Compost y Concentración de Macronutrientes, en la Planta de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos de Utcubamba 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Amazónica], Repositorio UPA. [https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/171/TESIS\\_AREVALO\\_ALEJANDRIA\\_JAROL\\_ABIMAEEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/171/TESIS_AREVALO_ALEJANDRIA_JAROL_ABIMAEEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos: aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso (1ra ed.). Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

Bohórquez, W. (2019). El proceso de compostaje (Vol. 1). Universidad de la Salle. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=X\\_1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=fases+del+compostaje&ots=0lqWaV1Hvb&sig=GoNhDaf\\_fVI-M9K18TGITGD7Wr8&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fases%20del%20compostaje&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=X_1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=fases+del+compostaje&ots=0lqWaV1Hvb&sig=GoNhDaf_fVI-M9K18TGITGD7Wr8&redir_esc=y#v=onepage&q=fases%20del%20compostaje&f=false)

- Cáceres, R. (2021). Propuesta para la creación de una empresa de recolección de desechos sólidos personalizado dirigido a las zonas norte y sur de Guayaquil. [Tesis de maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil], Repositorio UCSG. <http://201.159.223.180/handle/3317/15897>
- Falappa, M., Lamy, M., Vazquez, M., & Bohm, L. (2019). De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI. Retrieved from Universidad Nacional de Cuyo: [https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos\\_digitales/14316/falappa-fce.pdf](https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf)
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Chile. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Chile. <https://www.fao.org/3/i3388s/l3388S.pdf>
- Flotats, X., Bonmati, A., Campos, E., Teira, R., Palatsi, J., Magrí, A., & Illa, J. (2021). Estudios sobre gestión y tratamiento de deyecciones ganaderas en el LEA: un ejemplo de investigación orientada (1ra ed.). Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/346021>
- Gohil, R., Sharma, S., Sachdeva, S., Gupta, S., & Dhillon, M. (2020). Epicollect5: una aplicación móvil gratuita y totalmente personalizable para la recopilación de datos en la investigación clínica. *J Posgrad Med Educ Res*, 284-251.
- Hidalgo, K. (2019). Diseño del Relleno Sanitario del Cantón Pedro Moncayo para el período 2019-2029. [Tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas], Repositorio ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20331/1/T-ESPE-038713.pdf>
- Huilahuaña, J. (2023). Efecto del compost elaborado a partir de residuos de áreas verdes con y sin adición de microorganismos benéficos para el mejoramiento del suelo de La Yarada Los Palos, Tacna. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann], Repositorio UNJB.

[http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4952/2301\\_2023\\_huilahuana\\_santos\\_fcag\\_Ingenieria\\_ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4952/2301_2023_huilahuana_santos_fcag_Ingenieria_ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- INIAP. (2021). Insumos agroecológicos: estrategia de resiliencia al cambio climático en la Agricultura Familiar Campesina (AFC). [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/120094/GUIA%20DE%20ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%2024.06.2022\\_compressed.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/120094/GUIA%20DE%20ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%2024.06.2022_compressed.pdf?sequence=1)
- Loor, L., Alonso, A., & Pérez, M. (2018). La actividad turística en el Ecuador: ¿Turismo consciente o turismo tradicional? *Revista ECA*, 9(1), 97-108. [https://doi.org/10.33936/eca\\_sinergia.v9i1.1195](https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v9i1.1195)
- Martínez. (2022). Aplicación de solarización y ozonización para la eliminación de residuos de plaguicidas en suelos agrícolas. [Tesis de doctorado, Universidad de Murcia], Repositorio UM. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/122670>
- Martínez, A., & Porcelli, A. (2019). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional. *Lex: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas*, 17(23), 257-296. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6995230>
- Mora, G., & Pin, E. (2022). Huertos urbanos como alternativa de seguridad alimentaria para familias del barrio San Lorenzo durante el periodo COVID 19. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López], Repositorio ESPAM. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1914>
- Murillo, H., Padilla, E., & Cárdenas, Y. (2019). Fortalecimiento del ecoturismo comunitario en el Agroparque Los Soches. *Revista Piensa Printer*, 1(1), 1-53. <http://revistapiensapinter.co/index.php/wp/article/view/170>
- Palma, J., & Cruz, J. (2021). *Tecnologías sociales en la producción pecuaria de América Latina y el Caribe (1ra ed.)*. Universidad de Colima.

[https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Garcia-Herreros/publication/353687689\\_Economia\\_circular\\_como\\_tecnologia\\_social\\_una\\_herramienta\\_para\\_el\\_desarrollo\\_sostenible\\_del\\_sector\\_agropecuario\\_lechero/links/610a98d51e95fe241aacac56/Economia-circular-como-](https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Garcia-Herreros/publication/353687689_Economia_circular_como_tecnologia_social_una_herramienta_para_el_desarrollo_sostenible_del_sector_agropecuario_lechero/links/610a98d51e95fe241aacac56/Economia-circular-como-)

PDOT. (2019). Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de la parroquia de San Andrés 2019 - 2023. <http://sanandres.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/PDOT-SAN-ANDRES-2019-2023.pdf>

Ranking, S., Hurtado, L., Bonilla, O., Mosquera, E., & Lundy, M. (2021). Perfil del Sistema Alimentario de Cali, ciudad-región. CGEspacio: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/114362>

Richard, T., & Trautmann, N. (1996). C/N Ratio. Cornell Waste Management Institute: Cornell University.

Rojas, N., Acuña, Y., & Ramírez, A. (2020). Tendencias y alternativas para la gestión de residuos sólidos orgánicos en unidades militares del Ejército Nacional de Colombia (1ra ed.). Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova". <https://doi.org/10.21830/9789585318342.07>

Samaniego, J. (2016). Oportunidades de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo. [Tesis doctoral, Universidad Miguel Hernández de Elche], Repositorio UMHE. <http://dspace.umh.es/handle/11000/2770>

Tortarolo, M. F., Pereda, M., Palma, M., & Arrigo, i. M. (2008). Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. Ciencia del suelo, 1-10. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672008000100005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672008000100005&script=sci_arttext&tlng=pt)

Universidad de Magallanes y Ministerio de Medio Ambiente. (2018). Manual de compostaje para zonas frías. Chile.

## Apéndice

### Apéndice A. Cronograma y presupuesto del trabajo de titulación

**Tabla 1**

Cronograma de actividades

Actividades	mes	mes	mes	mes	mes	mes	mes	mes
	1	2	3	4	5	6	7	8
Objetivo 1. Evaluar la estabilidad y madurez del compost mediante diferentes indicadores físico- químicos								
Actividad 1.1 Seguimiento de la temperatura	x	x	x					
Actividad 1.2 Seguimiento de la humedad	x	x	x					
Actividad 1.3 Seguimiento del pH y CE	x	x	x					
Objetivo 2. Analizar las características agroquímicas del compost final y su adecuación para ser usado como enmienda y/o abono orgánico sólido en el cultivo de la manzanilla								
Actividad 2.1 Análisis físico-químico del compost				x	x			
Actividad 2.2 Ensayo de germinación					x	x		
Objetivo 3. Sintetizar unas recomendaciones concretas sobre el manejo de residuos orgánicos en finca								
Actividad 3.1 Evaluar la cantidad y el manejo de los residuos orgánicos en finca	x	x	x	x	x	x	x	X
Actividad 3.2 Elaboración de unas recomendaciones para la generación de cero residuos orgánicos a nivel de finca	x	x	x	x	x	x	x	x

**Tabla 2**

Recursos y presupuesto

Recurso	Lugar donde está disponible	Costo
<b>Humano:</b>		
Directora de tesis	Loja (Loja) y San Andrés (Chimborazo)	
Estudiante		
Productor/a de San Andrés		
Técnico/a de ILE		
<b>Equipos:</b>		
Compostera	San Andrés (Chimborazo)	US\$600
Sonda de temperatura	San Andrés (Chimborazo)	US\$200

Medidor multiparámetro (pH y CE)	Loja (Loja)	US\$100
----------------------------------	-------------	---------

**Materiales y suministros**

Bolsas de muestras	San Andrés (Chimborazo)	US\$50
Bandejas metalizadas	Loja (Loja)	US\$250
Reactivos para análisis	Loja (Loja)	US\$300
Material de laboratorio	Loja (Loja)	US\$50

**Movilización**

16 viajes	Riobamba-San Andrés	US\$48
Servicios técnicos		
Bibliografía		

<b>TOTAL</b>		<b>US\$1598</b>
--------------	--	-----------------

---

**Financiamiento**

Indicar los % relativos de financiamiento del proyecto

UTPL: 0%

Estudiante(s): 0%

Externo: 100%

## Apéndice B. Datos de precipitación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

### Mes de febrero de 2022 (17,7 mm)



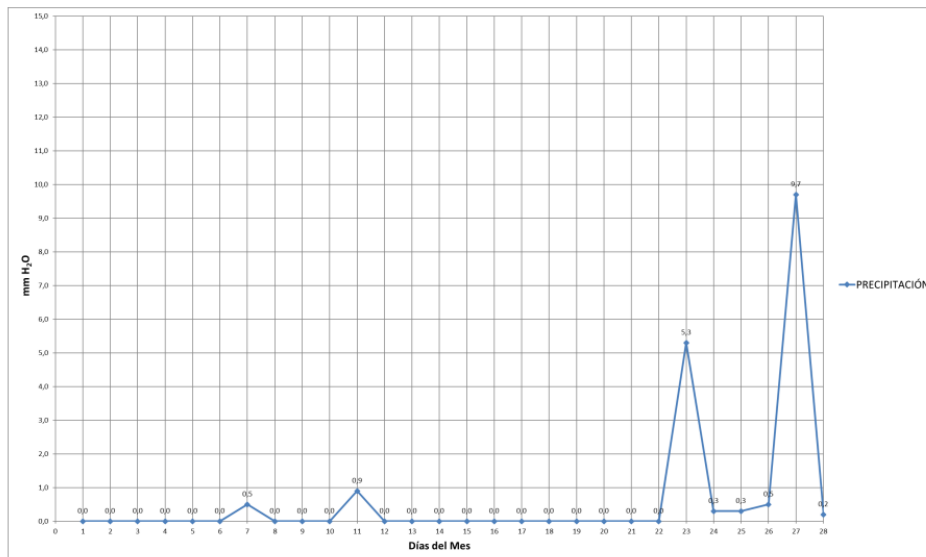
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA



DIAGRAMA Nº 5

AÑO: 2022  
PRECIPITACIÓN (mm H<sub>2</sub>O)

MES: FEBRERO



### Mes de marzo de 2022 (52,3 mm)



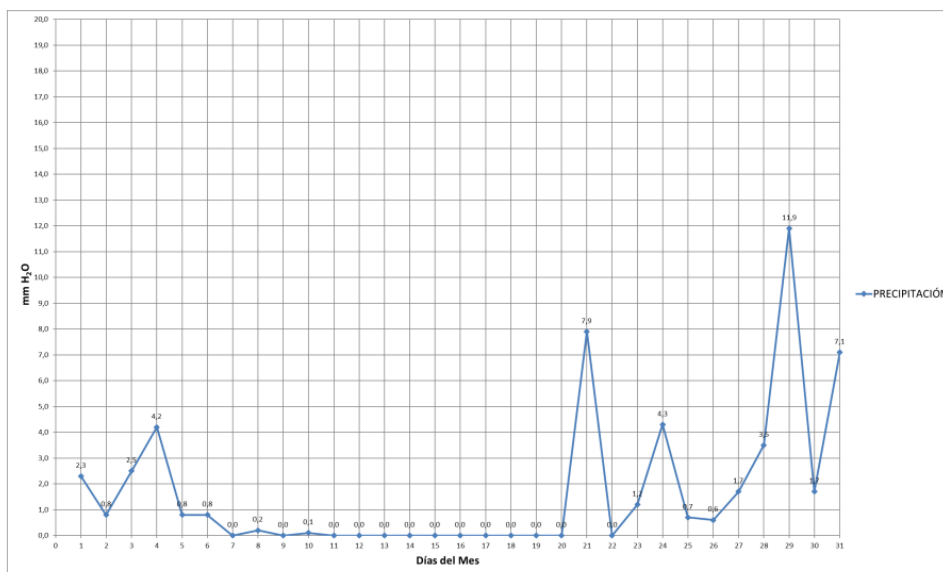
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA



DIAGRAMA Nº 5

AÑO: 2022  
PRECIPITACIÓN (mm de H<sub>2</sub>O)

MES: MARZO



### Mes de abril de 2022 (77,3 mm)



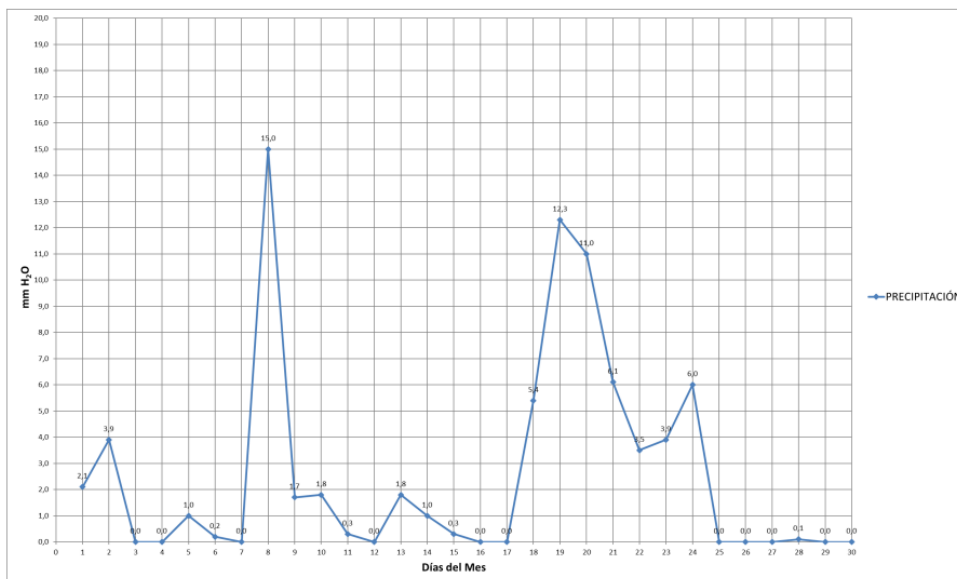
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA



DIAGRAMA Nº 5

AÑO: 2022  
PRECIPITACIÓN (mm de H<sub>2</sub>O)

MES: ABRIL



Mes de mayo de 2022 (44,7 mm)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA



DIAGRAMA Nº 5

AÑO: 2022  
PRECIPITACIÓN (mm de H<sub>2</sub>O)

MES: MAYO

