



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DEL  
EXCREMENTO DE CODORNIZ ENRIQUECIDO CON  
CÁSCARA DE GUABA (*Inga edulis*) Y ROCA FOSFÓRICA  
EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor:** Dana Vanessa Galvez Jaramillo

**LA LIBERTAD, JULIO 2025**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DEL  
EXCREMENTO DE CODORNIZ ENRIQUECIDO CON  
CÁSCARA DE GUABA (*Inga edulis*) Y ROCA FOSFÓRICA  
EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR-PROYECTOS DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autora:** Dana Vanessa Galvez Jaramillo

**Tutor:** Ing. Víctor González, Mgtr.

LA LIBERTAD, 2025

## **TRIBUNAL DE GRADO**

Trabajo de Integración Curricular presentado por **DANA VANESSA GALVEZ JARAMILLO** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 17/07/2024

---

Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.  
**DIRECTORA DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Daniel Ponce de León, PhD.  
**PROFESOR ESPECIALISTA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Victor Hugo González, Mgtr.  
**PROFESOR TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Nadia Quevedo, PhD.  
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Washington Perero, Mgtr.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO**  
**SECRETARIO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por siempre guiarme a lo largo de mi vida y de mi carrera, por respaldarme y cuidarme en todo momento, su misericordia y amor ha sido grande conmigo.

Doy gracias a mi madre por cuidarme y apoyarme, por los valores inculcados y por su esfuerzo de brindarme la mejor educación a mí y a mis hermanos, por ser un ejemplo a seguir siempre.

A mi tutor Víctor González por su apoyo profesional para elaborar este trabajo, la paciencia y la dedicación se la agradezco eternamente.

A mi pareja Luis David, gracias por ser mi ayuda idónea desde que te conocí, por darme un hombro siempre donde apoyarme, por el cariño, por acolitarme en todas mis locuras y ayudarme a elaborar mi proyecto.

A Walter y Karen por ser de gran ayuda en la investigación, por cada conocimiento impartido con amor y paciencia.

A mi querida Tía Nachi, quien me demostró el corazón noble y bondadoso que posee, la que en muchas ocasiones me acogió y me trató como una hija más, gracias.

Agradezco a mis compañeros por su apoyo moral y amistad, Mayerly, María, Abel, Adrián y Edward. Gracias por permitirme conocerlos y compartir muchos momentos bonitos por todos estos años.

Gracias Familia Silva... Karen, Jenny y Dome mi corazón agradece su amor y cariño.

A cada uno de mis familiares, amigos, hermanos de la fe y clientas que fueron fundamentales en este arduo proceso, nunca dudaron en darme la mano a pesar de las adversidades.

## **DEDICATORIA**

A Jehová Dios que con su amor me ha sostenido y me ha dado la sabiduría y templanza para poder seguir adelante. A mi madre por su esfuerzo incansable y a mis hermanos Iker y Kattia, que este proyecto los impulse siempre a ser mejores que yo.

Es para mí un gran honor dedicarles a unas personas increíbles que sin su ayuda no pudiera haber llegado hasta aquí: Guillermo, por darme aliento y fuerzas siempre. Para mi abuela Rocío, siempre en mi mente y corazón, gracias por ser mi pilar y querernos tanto.

Para mi mami Nancy por brindarme un amor puro y apoyarme en cada proyecto. A mis tías maternas y paternas: Johana, Cindy y Martha, por darme el apoyo, amor y la sangre luchona que necesitaba.

Luis Sandoval para ti, para tener siempre presente que juntos logramos todo.

A mis mascotas, Dubby por desvelarse conmigo noche a noche y llenarme de alegría y fortaleza en momentos difíciles y a Chase, gracias por enseñarme tantas cosas y darme tanto amor, aunque no estes aquí conmigo.

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal desarrollar un abono orgánico a partir de una mezcla de estiércol de codorniz, cáscaras de guaba, residuos de cocina y roca fosfórica. Se buscó aprovechar estos desechos orgánicos y minerales para mejorar la fertilidad del suelo, ofreciendo una alternativa sostenible para la agricultura. El estudio incluyó la recolección y procesamiento de materias primas, seguido de un proceso de compostaje controlado durante 60 días. El trabajo se realizó en la provincia de Santa Elena, en donde se plantearon tres tratamientos con diferentes proporciones en materias primas. Se realizó el monitoreo de pH, temperatura y humedad como variables de proceso, las cuales fueron desarrolladas in situ y en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. También se evaluaron los parámetros físico-químicos del abono (compost) resultante con el fin de determinar su capacidad de mejorar la calidad del suelo y su impacto en el crecimiento vegetal. De las variables de control se concluye que a los 45 días se presentaron los valores máximos de 40.25°C para T1 y T2, mientras que para T3 se presentó a los 40 días una temperatura de 41°C, y terminó el proceso de compost en temperaturas de 31.29°C, 29.25°C y 31.50°C respectivamente. Para la variable de pH, al término de 60 días del análisis físico-químico se determinó que T1 alcanzó un valor de 7.90, T2 de 7.80 y T3 de 7.60, los cuales fueron ligeramente alcalinos; a pesar de las diferencias numéricas entre los tratamientos, no existieron diferencias estadísticas significativas.

**Palabras Claves:** Aprovechamiento de residuos, compostaje controlado, materias primas orgánicas, monitoreo ambiental, parámetros físicoquímicos.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to develop an organic fertilizer using a mixture of quail manure, guaba peels, kitchen waste, and phosphate rock. The study aimed to make use of these organic and mineral residues to improve soil fertility, offering a sustainable alternative for agriculture. The research included the collection and processing of raw materials, followed by a controlled composting process lasting 60 days. The work was carried out in the province of Santa Elena, where three treatments with different proportions of raw materials were proposed. Monitoring of pH, temperature, and humidity was conducted as process variables, which were assessed both in situ and in the Soil and Water Laboratory of the Universidad Estatal Península de Santa Elena. The physicochemical parameters of the resulting compost were also evaluated to determine its capacity to improve soil quality and its impact on plant growth. Regarding the control variables, it was concluded that maximum temperatures of 40.25°C for T1 and T2 were reached at day 45, while T3 reached 41.00°C at day 40. The composting process ended with temperatures of 31.29°C, 29.25°C, and 31.50°C, respectively. As for pH, after 60 days of analysis, values of 7.90 for T1, 7.80 for T2, and 7.60 for T3 were obtained, which were slightly alkaline. Despite the numerical differences among treatments, no statistically significant differences were found.

**Keywords:** Physicochemical parameters, organic raw materials, environmental monitoring, waste utilization, controlled composting

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO A PARTIR DEL EXCREMENTO DE CODORNIZ ENRIQUECIDO CON CÁSCARA DE GUABA (*Inga edulis*) Y ROCA FOSFÓRICA EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**” y elaborado por **Dana Vanessa Galvez Jaramillo**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



---

Firma del estudiante

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Problema Científico</b> .....	2
<b>Objetivos</b> .....	2
<b>Objetivo General</b> .....	2
<b>Objetivos Específicos</b> .....	2
<b>Hipótesis</b> .....	2
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
1.1. Codornaza.....	3
1.2. Cáscaras de guaba.....	3
1.3. Roca fosfórica.....	3
1.4. Residuos de cocina.....	4
1.5. Levadura.....	4
1.6. Abono orgánico.....	4
1.6. Fundamentos teóricos del compostaje.....	5
1.6.1. Proceso de compostaje.....	5
1.6.2. Fases del compostaje.....	6
1.6.3. Monitoreo durante el compostaje.....	7
1.6.3.1. Oxígeno.....	8
1.6.3.2. Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	8
1.6.3.3. Humedad.....	9
1.6.3.4. Temperatura.....	9
1.6.3.5. pH.....	9
1.6.3.6. Relación Carbono-Nitrógeno (C: N).....	10
1.6.5. Material compostable.....	10
1.6.6. Higienización e inocuidad del compost.....	11
1.6.7. Fertilización.....	12
1.6.8. Aplicación del compost.....	13
1.7. Tareas para la formación y manejo de la pila.....	13
1.8. Controles de temperatura, humedad y pH.....	14
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	16
<b>2.1. Caracterización del área</b> .....	16
<b>2.2. Materiales, equipos y reactivos</b> .....	16
2.2.1. Material biológico.....	16
2.2.2. Material de campo para colecta de muestras.....	16
2.2.3. Material de laboratorio.....	17
2.2.4. Equipos de laboratorio.....	17
<b>2.3. Tipo de investigación</b> .....	17
<b>2.4. Diseño de investigación</b> .....	17
2.4.1. Diseño experimental.....	17
<b>2.5. Manejo del experimento</b> .....	18
2.5.1. Preparación del abono orgánico (compost).....	18
2.5.2. Formación de la pila.....	18
2.5.3. Tareas para realizar la formación y manejo de la pila.....	19
<b>2.6. Parámetros evaluados</b> .....	20
2.6.1. Análisis de laboratorio (parámetros físico - químicos).....	21
<b>2.7. Análisis estadístico de los resultados</b> .....	21

<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
3.1 Rendimiento del compost .....	22
3.2. Resultados de las propiedades físicas.....	22
3.2.1. Temperatura.....	22
Potencial de hidrógeno (pH).....	24
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	32
<b>Conclusiones</b> .....	32
<b>Recomendaciones</b> .....	32
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características físicas y químicas de la roca fosfórica.....	3
<b>Tabla 2.</b> Macro y micronutrientes de la roca fosfórica.....	4
<b>Tabla 3.</b> Problemas respecto al exceso de aireación y compactación.....	10
<b>Tabla 4.</b> Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos.....	12
<b>Tabla 5.</b> Esquema del experimento del diseño completamente al azar .....	17
<b>Tabla 6.</b> Dimensiones del diseño experimental .....	18
<b>Tabla 7.</b> Materias primas para composición compost.....	18
<b>Tabla 8.</b> Cálculo de rendimiento en pilas de compost.....	22
<b>Tabla 9.</b> Comportamiento de las temperaturas promedio durante el proceso de compost.....	23
<b>Tabla 10.</b> Comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) promedio durante el proceso de compost.....	25
<b>Tabla 11.</b> Comportamiento de la humedad (%H) promedio durante el proceso de compost .....	27
<b>Tabla 12.</b> Análisis físico - químico de estiércol y compost de codorniz.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del lugar del ensayo .....	16
<b>Figura 2.</b> Medias de Temperatura (Prueba de Tukey a $p>0,05$ ).....	24
<b>Figura 3.</b> Gráfico de medias de pH (Tukey a $p>0,05$ ).....	26
<b>Figura 4.</b> Gráfico de medias de Humedad (Tukey a $p>0,05$ ).....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Evidencias fotográficas.....	38
Anexo 2.Proceso de compostaje en pilas.....	38
Anexo 3. Procedimiento en laboratorio .....	39
Anexo 4.Curvas de la cinética de Temperatura, pH y Humedad .....	40
Anexo 5.Test de Tukey en pH, Temperatura y Humedad.....	41
Anexo 6.Resultados de laboratorio de las variables fisico-químicas del compost .....	42

## INTRODUCCIÓN

La producción de abonos orgánicos ha ganado importancia en los últimos años por la necesidad de encontrar alternativas sostenibles para la gestión de suelos y la producción agrícola (Delgado *et al.*, 2020). El manejo de desechos como el estiércol de codorniz, cáscaras de guaba, residuos de cocina y roca fosfórica muestran un notable potencial como materia prima para elaborar compostajes enriquecidos con nutrientes esenciales (Garrido *et al.*, 2023). Materiales considerados como residuos o desechos, que pueden reutilizar en procesos de transformación dando un valor agregado que contribuyan a la fertilidad del suelo, maximizando la productividad agrícola, y la disminución de fertilizantes sintéticos químicos (Garrido *et al.*, 2023).

Este estudio está orientado a reducir el uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura, los cuales han demostrado efectos desfavorables para el suelo (Ramos, 2021). Además, se justifica en la necesidad de gestionar adecuadamente los desechos orgánicos, los cuales, sin un tratamiento adecuado, pueden convertirse en fuentes de contaminación ambiental, la elaboración de abonos a partir de estos residuos representa una solución viable, tanto para el manejo de desechos como para la promoción de una agricultura más ecológica y eficiente (Ramos, 2021).

El propósito de esta investigación es evaluar las propiedades fisicoquímicas de un abono orgánico elaborado a partir de estiércol de codorniz, cáscaras de guaba, residuos de cocina y roca fosfórica, así como su efecto en el mejoramiento de las condiciones del suelo y el crecimiento vegetal. La investigación está orientada a la producción de abonos orgánicos que contribuyan a las buenas prácticas agrícolas y a la sostenibilidad de los sistemas socioeconómicos rurales.

Varios estudios en la actualidad han demostrado que la combinación de materias primas orgánicas enriquecidas con diversos minerales genera abonos de alta calidad, idóneos para mejorar sustancialmente la estructura y fertilidad del suelo (Aliaga, 2017). En función de este criterio es importante buscar nuevos mecanismos de procesos como las de compostaje para aprovechar las materias orgánicas residuales, con el fin de reducir la dependencia de insumos químicos en la agricultura para garantizar un producto de calidad. Siguiendo esta línea de investigación, el presente estudio pretende aportar nueva

información sobre la combinación específica de estos materiales, contribuyendo así al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes.

### **Problema Científico**

¿Qué características fisicoquímicas tendrá el abono de codorniz (codornaza) por la técnica de compostaje enriquecidos con roca fosfórica y cáscara de guaba, que ofrezcan un alto valor nutricional para uso agrícola?

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General:***

- ❖ Elaborar abono orgánico a partir de estiércol de codorniz (codornaza) enriquecido con cáscara de guaba y roca fosfórica en la provincia de Santa Elena.

#### ***Objetivos Específicos:***

1. Formular diferentes mezclas de codornaza con residuos vegetales (cáscara de guaba y roca fosfórica) para la obtención de abono orgánico.
2. Evaluar las propiedades físicas (pH, humedad) químicas (macronutrientes y micronutrientes) de codornaza enriquecido con cáscara de guaba y roca fosfórica.
3. Valorar la transformación de las materias primas hasta la obtención de compost.

### **Hipótesis**

La mezcla de estiércol de codorniz con roca fosfórica y cáscara de guaba generará un abono orgánico de calidad enriquecido en nutrientes clave como nitrógeno, fósforo y potasio.

# CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. Codornaza

La codornaza es el estiércol seco de codorniz, el cual puede ser utilizado en diferentes procesos, como, por ejemplo, en forma de compost como abono a los cultivos y también puede formar parte de la alimentación de rumiantes, cerdos y peces, esto funciona adicionando melaza y varios concentrados, de esta forma, se busca reducir costos de producción y ayudar al medio ambiente en el manejo de los desechos orgánicos (Palacio and Agudelo, 2020).

## 1.2. Cáscaras de guaba

La guaba, denominada científicamente como *Inga edulis*, es un árbol leguminoso americano que se presenta en toda Latinoamérica que en un inicio fue cultivado con el fin de dar cobertura a los árboles cafetales y cacaoteros, pero prontamente se reveló el deleitoso sabor que poseía su fruto, el cual es muy resistente a caídas y variaciones en el entorno (Castro *et al.*, 2016). Los subproductos que genera el cultivo de esta especie son las cáscaras y semillas del fruto los mismos que poseen un gran valor como sustrato para la producción de hongos comestibles.

## 1.3. Roca fosfórica

Es un fosfato natural de origen sedimentario marino, es un fertilizante natural de aplicación directa, incrementa su solubilidad cuando se mezcla con materia orgánica produciendo un excelente fertilizante orgánico completo, para su aplicación a cualquier tipo de suelo y cultivo (Bettoni *et al.*, 2020).

**Tabla 1.** Características físicas y químicas de la roca fosfórica.

<b>Estado físico</b>	<b>Arena de grano fino</b>
Olor	Inoloro
Color	Marrón verduzco variable
Solubilidad	Insoluble en agua, soluble en ácidos
Inflamable	No inflamable
Humedad	8 a 10%

**Fuente:** Zoungrana *et al.* (2024)

**Tabla 2.** Macro y micronutrientes de la roca fosfórica.

<b>Elemento</b>	<b>Proporción</b>
Fosforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	18 – 22%
Calcio CaO	26 – 30 %
Hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 – 3.30 g/ 100 g
Magnesio MgO	1 – 2.40 g/ 100 g
Zinc Zn	120 – 780 mg/ Kg
Cobre Cu	22 – 58 mg/ Kg

**Fuente:** Zoungrana *et al.* (2024)

#### 1.4. Residuos de cocina

Los residuos orgánicos representan una parte significativa de los desechos que se generan en los hogares, las industrias y las actividades agrícolas. Su acumulación en los vertederos o en las incineradoras fomenta la contaminación del suelo, así como la emisión de gases de efecto invernadero (Munizaga and Alcívar, 2023). Sin embargo, una gestión eficiente de este material orgánico y su reutilización contribuyen a impulsar la economía circular. Restos de comida que se pueden aprovechar para realizar un compost son: cáscaras de huevo, peladuras de frutas y verduras, paja fresca, hierba húmeda, café, etc (Munizaga and Alcívar, 2023).

#### 1.5. Levadura

El microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* es un hongo unicelular que se encuentra en sustratos ricos en azúcares, con una estructura biológica sencilla y capacidad para reproducirse asexual y rápidamente en presencia de agua. En el proceso de elaboración de abonos orgánicos, *S. cerevisiae* juega un papel importante al participar en la descomposición de la materia orgánica, especialmente en sustratos ricos en carbohidratos, transformando estos compuestos en metabolitos útiles que favorecen la mineralización y mejoran la calidad del compost. Su actividad metabólica contribuye a alterar el medio, facilitando la descomposición biológica y aumentando el valor agronómico del abono (Almanza *et al.*, 2023).

#### 1.6. Abono orgánico

Según Bacilio (2016), el abono orgánico es el resultado de la transformación de la materia orgánica compleja en compuestos más simples y estables, tanto orgánicos como inorgánicos,

a través de la acción de microorganismos. Este proceso biológico de descomposición y mineralización permite obtener un producto que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo el crecimiento vegetal.

Abono orgánico: Es una sustancia natural proveniente de los organismos vivos, que proporciona nutrientes al suelo y a las plantas para su óptimo crecimiento (Flores, 2017).

## **1.6. Fundamentos teóricos del compostaje**

### ***1.6.1. Proceso de compostaje***

Los residuos orgánicos generados por las explotaciones agrícolas constituyen un gran problema ambiental (acumulación de frutas sin recoger, estiércol, herbaje, residuos de poda, de cosecha, de postcosecha, etc.). Por lo general, a causa del desconocimiento o por la carencia de tiempo o ciertos espacios designados, las medidas que se toman con estos restos pueden ir desde la quema, entierro o el simple abandono al descubierto del remanente hasta el momento de su descomposición (Córdova *et al.*, 2022).

El proceso del “compostaje” brinda otra alternativa, esta es la transformación de modo seguro en los que estos restos en suministros que fortalezcan la producción agrícola. La FAO nos da una definición de este compostaje, lo describe como la combinación de materia orgánica en proceso de descomposición en condiciones aeróbicas, esta se emplea para el fortalecimiento de la estructura del suelo y el aumento en la proporción de nutrientes. Un gran porcentaje de los residuos sólidos generados por los seres humanos en el desarrollo de los diferentes procesos productivos y en el día a día, está constituido por residuos orgánicos (Delgado *et al.*, 2020).

El compostaje es un proceso biológico mediante el cual los residuos orgánicos son transformados en un material útil para la producción agrícola, gracias a la descomposición controlada en condiciones aeróbicas. El producto final, denominado compost, es una mezcla de materia orgánica estabilizada que mejora la estructura del suelo y aporta nutrientes esenciales para las plantas. Sin embargo, cuando algunos materiales orgánicos no se degradan adecuadamente durante el proceso, pueden representar un riesgo para la calidad del compost, ya que pueden contener patógenos, semillas viables o sustancias tóxicas que afectan tanto al suelo como al desarrollo de los cultivos (Bailón and Florida, 2021).

El proceso necesita tres puntos esenciales para poder realizarse de manera concreta: que los materiales estén equilibrados en cuando a desechos secos y húmedos, que la pila tenga la aireación adecuada dependiendo de la climatología del lugar y de los materiales a compostar. Por último, que la pila tenga una cantidad de agua exacta durante las fases iniciales del proceso (Bailón and Florida, 2021).

### ***1.6.2. Fases del compostaje***

Es conocido como un proceso biológico, que se origina a partir de las condiciones aeróbicas, es decir, con presencia de oxígeno, contando la humedad y temperatura en óptimas condiciones, con esto se confirma el proceso de transformación higiénica de los desechos de origen orgánico en un material equilibrado y accesible para las plantas. Se podría interpretar el compostaje como la suma de procesos metabólicos complejos a cargo de diferentes microorganismos, con la presencia de oxígeno toman provecho del nitrógeno (N) y el carbono (C) que se encuentran presentes y realizan su propia biomasa. (Sepúlveda *et al.*, 2021).

Durante la descomposición de la materia orgánica que contiene carbono, nitrógeno y otros elementos esenciales, los microorganismos responsables del proceso generan calor, el cual puede ser evaluado mediante las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según el rango térmico alcanzado, el compostaje se divide en tres etapas principales: mesófila, termófila y de enfriamiento, seguidas por una fase final conocida como maduración, cuya duración puede variar dependiendo de las condiciones del proceso. De acuerdo con Jaimes *et al.* (2021) las fases del compostaje se dividen dependiendo de la temperatura, en:

1. Fase mesófila: Los materiales iniciales a compostar sostienen la temperatura ambiente y al pasar pocos días, la temperatura aumenta hasta los 45° C. Este aumento de temperatura es consecuente a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes menos complejas de C y N generando calor. Al momento que los compuestos solubles se descomponen (azúcares) producen ácidos orgánicos y por tanto el pH puede bajar (cerca de 4.0 o 4.5) Dicha fase dura pocos días en comparación de las demás fases, puede durar de dos a ocho días.
2. Fase Termófila o de higienización: El material de compostaje inicia con temperaturas mayores de 45°C, los microorganismos que crecen a dichas temperaturas

mayormente bacterias (bacterias termófilas), reemplazan a los de la fase anterior, que se desarrollan en temperaturas medias.

Dichos microorganismos trabajan en la transformación del nitrógeno en amoníaco, como consecuencia de este proceso, el pH del medio sube. De manera especial a partir de los 60° C, algunas bacterias activan la formación de esporas como mecanismo de resistencia, mientras que las actinobacterias incrementan su actividad, siendo responsables de la degradación de compuestos complejos como ceras, hemicelulosas y otros polímeros ricos en carbono. Esta fase puede extenderse desde varios días hasta semanas o meses, dependiendo del tipo de material, las condiciones ambientales y del manejo del proceso.

3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II: Una vez que se encuentran agotadas las fuentes de carbono y nitrógeno, la temperatura decae hasta los 40-45°C. Mientras continúa esta fase, se degrada la celulosa y más polímeros, apareciendo por consiguiente hongos visibles. Cuando la temperatura desciende de 40°C, reiteran su actividad los organismos mesófilos y desciende levemente el pH.
4. Fase de maduración: Esta etapa es la más prolongada del proceso de compostaje, pudiendo durar varios meses a temperatura ambiente. Durante este periodo ocurren reacciones secundarias, como la condensación y polimerización de compuestos carbonados, lo que da lugar a la formación de sustancias húmicas, principalmente ácidos húmicos y fúlvicos. Estas sustancias son fundamentales para la estabilidad del compost y su eficacia como mejorador del suelo.

### ***1.6.3. Monitoreo durante el compostaje***

El compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, cuyo desarrollo depende de varios factores que influyen en su crecimiento y actividad. Entre los parámetros internos más importantes se encuentran el oxígeno (aireación), la humedad del sustrato, la temperatura, el pH y la relación carbono-nitrógeno (C: N). Además, el proceso también está influenciado por condiciones externas como el clima, el método de compostaje aplicado, los materiales utilizados y otros factores ambientales, por lo que dichos parámetros pueden presentar variaciones (Sánchez *et al.*, 2023).

### **1.6.3.1. Oxígeno**

Durante el compostaje, la biodegradación ocurre en un ambiente con suficiente oxígeno, en la cual se debe controlar una aireación apta para que suceda la respiración de los microorganismos, a su vez libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera. La aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las exigencias de oxígeno originan diferencias al transcurso del proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo mediante la fase termofílica. La saturación del oxígeno en el centro no debe disminuir del 5%, debido a que el porcentaje óptimo es del 10%. Sobrepasar el límite de aeración causaría un descenso en la temperatura y una gran pérdida de la humedad por la evaporación, deteniendo el curso de descomposición por la insuficiencia del agua (Carrillo *et al.*, 2022).

Las células de los microorganismos se deshidratan, se detiene la función enzimática encargada del deterioro de los distintos compuestos. Por otro lado, un bajo nivel de aireación, evita el punto óptimo de evaporación para el agua, produciendo demasiada humedad y un ambiente de anaerobiosis o un ambiente desprovisto de oxígeno. Se propagan malos olores y acidez por la existencia de compuestos como ácido acético, ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) o el metano ( $\text{CH}_4$ ) en exceso (Carrillo *et al.*, 2022).

### **1.6.3.2. Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )**

Durante los procesos aeróbicos, como el compostaje o la respiración humana, el oxígeno actúa como aceptor final de electrones, permitiendo la oxidación de compuestos orgánicos. En el compostaje, esta oxidación transforma la materia orgánica en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua, calor y biomasa microbiana. El  $\text{CO}_2$  liberado en este proceso también puede ser utilizado por las plantas durante la fotosíntesis (Albíter *et al.*, 2021).

En condiciones normales de compostaje, el  $\text{CO}_2$  es generado por la respiración de los microorganismos descomponedores. La cantidad liberada depende de la actividad microbiana y del tipo de sustrato utilizado. Se estima que pueden generarse entre 2 a 3 kg de  $\text{CO}_2$  por cada tonelada de materia compostada diariamente. Aunque este gas es un producto del proceso, su impacto ambiental es considerado bajo, ya que puede ser reutilizado por las plantas en la fotosíntesis (Albíter *et al.*, 2021).

### **1.6.3.3. Humedad**

El factor humedad y los microorganismos se encuentran estrechamente relacionados, al utilizar el agua como medio de transporte para el reparto de los nutrientes y los recursos energéticos por medio de la membrana celular. El porcentaje óptimo de humedad para el compost se encuentra alrededor del 55%, aunque este puede llegar a variar dependiendo del tamaño de las partículas o el estado físico, así como del sistema que haya sido empleado. Si la humedad se encuentra por debajo del 45%, la actividad microbiana se verá disminuida y las fases de deterioro no serán realizadas con éxito por falta de tiempo (Macías *et al.*, 2021).

En el caso contrario, si la humedad es excesiva (alrededor del 60%), el agua puede saturar los poros del material e interferir con el proceso de oxidación. Los sistemas que requieren mayor frecuencia de riego durante el compostaje suelen ser aquellos que emplean sustratos con bajo contenido de humedad, como aserrín, astillas de madera, hojas secas o paja. En cambio, cuando se utilizan materiales más húmedos, la necesidad de riego disminuye. El rango óptimo de humedad para el proceso se encuentra entre el 45% y el 60% en base al peso del material inicial.

### **1.6.3.4. Temperatura**

La temperatura cuenta con un amplio campo de variación en función a la fase del proceso. El compostaje comienza con la temperatura ambiente puede elevarse hasta los 65°C sin depender de ninguna actividad antrópica o calentamiento extremo, para alcanzar la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es recomendable que la temperatura no decaiga con rapidez, ya que la velocidad de deterioro y el porcentaje higienización será mayor mientras la temperatura esté alta el mayor tiempo posible (Álvarez *et al.*, 2021).

### **1.6.3.5. pH**

El pH del compostaje varía con cada fase del proceso (desde 4.5 hasta 8.5) y también depende de sus materiales de origen. Los primeros estados del proceso el pH se acidifica por la formulación de los ácidos orgánicos. Como consecuencia de la transformación del amonio en amoniaco, el pH aumenta y alcaliniza el medio, para llegar a ser estable acercándose al valor neutro. El pH definirá la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene el pH óptimos de crecimiento y multiplicación. El rango ideal es de 5.8 a 7.2, la mayor

actividad bacteriana se produce a pH 6.0-7.5, mientras la mayor actividad fúngica se produce a pH 5.5-8.0 (Bustinza and Gomero, 2023).

### 1.6.3.6. Relación Carbono-Nitrógeno (C: N)

Esta relación varía en función al material de partida y obtenemos la relación numérica dividiendo el contenido del carbono total sobre el contenido del nitrógeno total de los materiales al momento de hacer el compostaje. Durante el proceso, la relación C/N disminuye de forma progresiva, generalmente desde valores iniciales entre 35:1 hasta alcanzar proporciones cercanas a 15:1, como parte de la estabilización del compost.

El tamaño de la partícula tiene mucho que ver con la actividad microbiana por la facilidad de acceso al sustrato. En la Tabla 3 se menciona que, si, las partículas son pequeñas, contamos con una mayor superficie, lo que facilita su acceso. Lo ideal sería comenzar el compostaje con materiales de 5 a 20 cm, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013).

**Tabla 3.** Problemas respecto al exceso de aireación y compactación.

	<b>Problema</b>	<b>Soluciones</b>
Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso 5 – 30 cm Rango ideal	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10-20 cm
Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Volear y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogenizar

Fuente: (FAO,2013)

### 1.6.5. Material compostable

En la siguiente lista de Delgado *et al.* (2020), se muestra la extensa relación de materiales que se pueden compostar.

- Residuos de cosecha, plantas que pertenezcan al jardín o huerto, ramas pequeñas procedentes de podas (que no se encuentren con enfermedades). Heno, césped, sin olvidar el pasto preferiblemente que sean capas muy finas y que se encuentre desecado.

- Estiércol caprino, vacuno, porcino y camas de corral.

### ***1.6.6. Higienización e inocuidad del compost***

Esta fase de higienización es fundamental en un compost maduro, el cual no puede presentar compuestos que pueden afectar negativamente a la salud de las plantas o al medio ambiente.

Diversos países en Latinoamérica que se basan tanto en estándares de Estados Unidos (EPA) como en la Unión Europea (EU), han impulsado al desarrollo de normativas para lograr definir cuál es la calidad del compost y su utilización. Chile, Colombia, México, además definir la calidad del compost, diferenciando en dos clases, A y B, teniendo o no restricciones de uso, basándose en la presencia de patógenos o metales pesados. (Garrido *et al.*, 2023).

Uno de los principales desafíos en el uso del compost es la posible presencia de bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*, así como huevos de parásitos. Estos microorganismos pueden contaminar frutas y hortalizas, representando un riesgo para la salud de los consumidores. Por esta razón, es fundamental asegurar que el compost utilizado, especialmente en cultivos de árboles frutales y hortalizas, esté libre de patógenos y de indicadores de contaminación fecal (Jara *et al.*, 2020).

Otro punto a tener presente continuamente es la presencia de metales pesados en compost, pues son compuestos que no se desintegran, y pueden ser asimilados por plantas, y luego por animales y el hombre, a lo largo de la cadena trófica.

El contenido de los patógenos en el compost viene en gran cantidad por el uso de estiércoles, seguido del uso de aguas no aptas y, por último, de las personas que manipulan el compost. Uno de los métodos para el efectivo control de estas es el uso de altas temperaturas, de ahí la importancia del control del tiempo y la temperatura en la fase termofílica. La inocuidad biológica del compost depende de la temperatura que alcance el material, pero también de la humedad, la aireación y el tamaño de partícula.

En una pila con adecuada humedad, la actividad microbiana hace que la temperatura se incremente, siendo mayor en el interior que en el exterior. De esta manera al realizar el volteo, la temperatura y humedad se homogeniza eliminando patógenos en él. De la misma manera, tanto el tamaño y forma de la partícula influye en la realización del compost, el

tamaño de la pila afecta la velocidad de la aireación, así como la tendencia a retener o liberar calor del material. Teniendo que considerar la temperatura del lugar y las prácticas de gestión en cada caso (Quishpe *et al.*, 2020).

La cantidad de microorganismos patógenos presentes en el compost es un aspecto a tener en cuenta, dado que si la cantidad es elevada va a requerir más tiempo en la eliminación de estos. Por ello en el producto final no puede haber microorganismos patógenos que afecten en la calidad del abono. En la tabla 4 se visualiza información sobre el tiempo y temperatura necesaria para la exclusión de varios patógenos.

**Tabla 4.** Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos.

Microorganismo	Temperatura	Tiempo de exposición
<i>Salmonella spp</i>	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
<i>Escherichia coli</i>	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
<i>Brucella abortus</i>	55°C	1 hora
	62°C	3 minutos
Parvovirus bovino	55°C	1 hora
Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	55°C	3 días

**Fuente:** FAO (2013)

### 1.6.7. Fertilización

El compost contiene fertilizantes para las plantas, pero en comparación con fertilizantes de minerales de síntesis, estos son orgánicos y en menor proporción. Una de las mayores ventajas de la realización de compost orgánico es que en él se encuentra presente nutrientes tanto disponibles como las que se liberan lentamente, útiles para la nutrición de las plantas. (Bailón and Florida, 2021).

Se recomienda realizar un estudio y análisis del suelo para controlar los niveles de nutrientes y fertilización antes de realizar una aplicación en el suelo, ya sea de compost o materia orgánica. en función de la liberación que se produzca, siendo la solución del suelo el medio de transporte de nutrientes (Bailón and Florida, 2021). Los nutrientes en el suelo se

dividen en micro- y macro- nutrientes, en relación con la cantidad que la planta necesite. Según FAO (2013), los macronutrientes primarios son Fósforo, Nitrógeno y Potasio, los secundarios son Calcio, Magnesio y Azufre.

Son necesarios en pequeñas cantidades los micronutrientes, pero son necesarios generalmente para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el Zinc, el Boro, el Cobre, el Manganeso, el Cloro y el Molibdeno. El Fósforo, en la transferencia de energía juega un papel importante P (0,1% - 0,4% del extracto seco de la planta), lo que lo vuelve esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fosforo no presente mayores valores en los suelos agrícolas o donde depende directamente del pH, limitando su disponibilidad (Bacilio, 2016).

El Nitrógeno, N (1%-4% del extracto seco de la planta) es esencial que se encuentre presente en cualquier aplicación ya que aporta al crecimiento de la planta, puesto que está directamente involucrado en procesos principales de su desarrollo. También la absorción de otros nutrientes son parte del aporte del nitrógeno en la planta. El Potasio, K (1%-4% del extracto seco de la planta) es vital en la síntesis de proteínas y carbohidratos, y por ende en la estructura de la planta. El potasio aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, mejorando el índice hídrico de la planta. Si las plantas son bien proporcionadas con potasio sufren de menos enfermedades. (Bacilio, 2016).

#### ***1.6.8. Aplicación del compost***

Uno de sus beneficios es que el compost puede ser utilizado en etapas iniciales (mesófila II), es decir, semi-maduro. Dado que posee un porcentaje superior de nutrientes que la planta puede asimilar y una actividad biológica eficaz, en comparación con el compost cultivado. No obstante, al poseer un pH inestable (debido a la acidez), esto puede impactar de manera adversa en la germinación de semillas o en plantas susceptibles. En la industria hortícola, se aplican de 4 a 5 kg/m<sup>2</sup> de compost en el terreno que ha sido previamente labrado (coliflor, apio, papa...). En las plantaciones extensivas, se utilizan 7 - 10T/ha de compost (FAO, 2013)

#### ***1.7. Tareas para la formación y manejo de la pila***

Primero se realiza la elección del área y nivelación. La elección del área se realiza de acuerdo con las condiciones climáticas, la distancia que implica la producción de residuos, donde se aplicará el compost final y la pendiente del terreno. Es preferible que se establezca

en un área que los vientos fuertes o inundaciones no afecten como tal a la pila. Además, se realiza el picado de material y amontonamiento: Se puede realizar el picado de manera manual o mecánica.

### ***1.8. Controles de temperatura, humedad y pH***

Temperatura: Si existe el caso de no tener disponibilidad de un medidor de temperatura, se puede utilizar una barra de metal o de madera, donde se puede insertar en diferentes puntos del compost y verificar si está caliente, se comprueba un aproximado de la temperatura según la fase en donde este el compost tomando en cuenta también las temperaturas recomendadas en cada fase (López Fernández *et al.*, 2018).

Humedad: Es posible realizar la técnica llamada “puño cerrado”, que se trata de insertar la mano en la pila, extraer un puñado de material y abrir la mano. Este material debe quedar compactado, pero sin escurrir agua. Si existiera el caso, se debe voltear o añadir material secante como aserrín o paja. Si el material queda separado en la mano, entonces se debe recurrir a añadir más agua o un material fresco como restos de hortalizas o césped (López Fernández *et al.*, 2018).

Acidez o pH: Existen dos modalidades de medida, una que es directamente en la pila y otra en un compendio de compost (Sánchez *et al.*, 2023).

- Medida de pH en la pila: Si el compost se encuentra húmedo, pero no inundado, se puede utilizar una tira indicadora de pH, insertándola en el compost. Se procede a dejarla reposar durante unos minutos para que pueda absorber el agua y se prosigue mediante la comparación de color, a leer el pH (Sánchez *et al.*, 2023).
- Comprobación que ha finalizado el compostaje (en fase de maduración):
- Para poder confirmar que la pila se transformará a compost llamada la fase de maduración, el material que está presentando aun humedad, no debe cambiar de temperatura de nuevo a pesar de que se realicen volteos (Garrido *et al.*, 2023).
- Si hay acceso a un laboratorio se podría realizar la prueba de respiración o de autocalentamiento. Si no existe tal posibilidad, se toman varias muestras, (como mínimo 3) que sean representativas del tamaño de la pila para poder analizar el aspecto y el olor del material compostado. Debe tener un color oscuro y un olor a suelo húmedo, cuando se realice la prueba del puño no debe presentar exceso de humedad agregar las muestras a fundas plásticas y dejarlas por dos días en un lugar

- fresco y seco. Si dentro de este tiempo la funda aparece hinchada (con mucho aire) y con condensación de humedad puede ser un indicador que el proceso aún no ha finalizado (Bacilio, 2016).
- Cenizado o tamizado: Cuando se ha asegurado y comprobado que el compost está listo, se realiza un cernido de material, con el propósito de excluir elementos gruesos y otros contaminantes como (metales, vidrios, cerámicas, piedras). El tamaño del matiz depende de las reglas de cada país, aunque comúnmente es de 1,6 cm (Bacilio, 2016).

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Caracterización del área

Este trabajo se realizó en el cantón Santa Elena- provincia de Santa Elena, en las siguientes coordenadas geográficas 2°24'06"S de Latitud 80°85'53"W de longitud, clima mayormente seco y semiárido, la temperatura promedio anual oscila entre 20 °C y 30 °C, con pequeñas variaciones entre estaciones (Meteoblue, 2024).

Los suelos son mayoritariamente arenosos debido a las condiciones áridas, estos suelos son pobres en materia orgánica y presentan baja fertilidad natural.



**Figura 1.**Ubicación del lugar del ensayo

*Fuente: (Google Maps,2024)*

### 2.2. Materiales, equipos y reactivos

Roca fosfórica FOSBAYOVAR ( $P_2 O_5$  18 – 22%) ( $CaO$  26 – 30%) ( $SiO_2$  16- 20%)

#### 2.2.1. *Material biológico*

- Estiércol de codorniz seco procedente del Centro de Apoyo UPSE-Río Verde (180 kg)
- Residuos de cocina extraído de mercado local (99.96 kg)
- Cáscaras de guaba *Inga edulis* cortada de 1 a 1.5 cm (10.04 kg). Recolectadas de árboles presentes en los alrededores donde se realizó el experimento.

#### 2.2.2. *Material de campo para colecta de muestras*

- Pala

- Cuaderno
- Esfero
- Overol
- Botas

### **2.2.3. Material de laboratorio**

- Fundas Ziploc de 1kg
- Fundas de papel
- pH metro 0-14:  $\pm 0,1$
- Termómetro 0-110°C:  $\pm 1$

### **2.2.4. Equipos de laboratorio**

- Estufa 250°C $\pm$ 1°C
- Balanza precisión:  $\pm 0,001$  g

## **2.3. Tipo de investigación**

El enfoque utilizado fue cuantitativo se utilizó un diseño experimental, dado que se manipuló la variable independiente para verificar un cambio en la dependiente.

## **2.4. Diseño de investigación**

### **2.4.1. Diseño experimental**

El diseño que se aplicara es Diseño Completamente al Azar. Según Rodríguez (2020), se trata de una técnica que pertenece al ámbito de la estadística que permite valorar las causas y los efectos que tiene una variable sobre otra dentro de una investigación experimental.

**Tabla 5.** Esquema del experimento del diseño completamente al azar

T1 R1	T1 R2	T1 R3	T1 R4
T2 R1	T2 R2	T2 R3	T2 R4
T3 R1	T3 R2	T3 R3	T3 R4

**Tabla 6.** Dimensiones del diseño experimental

<b>Características del diseño</b>	<b>Dimensionamiento del diseño</b>
Diseño Completamente al Azar	3*4
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	4
Total, de unidades experimentales	12
Área de unidad experimental	1.20 m x 0.60 m
Área total de unidades experimentales	8.64 m <sup>2</sup>

## 2.5. Manejo del experimento

### 2.5.1. Preparación del abono orgánico (compost)

Para la obtención del abono orgánico a partir de estiércol de codorniz se utilizó el método de compostaje en pilas para su transformación.

### 2.5.2. Formación de la pila

La pila estuvo compuesta de una mezcla a partir del estiércol de codorniz, conocida como codornaza, cáscaras de guaba picada y residuos de cocina, de acuerdo a la siguiente composición de las materias primas descritas en la tabla 7.

**Tabla 7.** Materias primas para composición compost

<b>Compost codorniz</b>		<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Tratamiento 3</b>
<b>Materiales</b>	<b>Composición</b>	<b>Proporciones (kg)</b>		
Estiércol (codorniz)	59.21%	10.00	15.00	20.00
Material residuos orgánicos de cocina	32.89%	5.55	8.33	11.11
Cáscara de guaba	3.30%	0.56	0.84	1.11
Roca fosfórica (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 18 – 22%) (CaO 26 – 30%) (SiO <sub>2</sub> 16- 20%)	3.30%	0.56	0.84	1.11
Microorganismo (Saccharomyces cerevisiae)	1.30%	0.22	0.33	0.44
1L en 4 L de agua				
Total	100.00%	16.89	25.33	33.78

Previo a iniciar con el proceso de compostaje, se realizó la selección del área y el volumen de la pila, determinado por la cantidad de material a compostar con el que se cuenta

en la finca. Para el cálculo de las dimensiones de la pila de compost, partiendo de la cantidad de material con el que se cuenta en la finca se usará las siguientes formulas:

$$V = \frac{m \text{ (kg)}}{d \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

**Dónde:**

V: volumen de la pila (m<sup>3</sup>) m: masa del material (kg)

d: densidad del material (kg/m<sup>3</sup>)

**Dimensión del pila:** La altura y el ancho se recomienda poner medidas de mínimo 1.5 m y lo que se calcularía será la longitud de la pila, en este caso se considera la fórmula de un paralelepípedo.

$$V = x \cdot y \cdot z$$

Donde:

V: volumen del material

x: ancho del pila y: altura del pila z: longitud del pila

### ***2.5.3. Tareas para realizar la formación y manejo de la pila***

**Elección y nivelación del área:** se seleccionó un sitio en el que se tome en cuenta las condiciones climáticas, pendiente del terreno, distancias entre pilas, protegido de lluvias, vientos fuertes y pendiente menor a 4% con el fin de evitar problemas de lixiviados y erosión.

**Tamaño de partícula y amontonamiento:** El material orgánico para compostaje se picó de forma manual, de 1 a 1.5 cm de tamaño de partícula, lo más homogéneo posible para ayudar a su descomposición.

**Proporciones:** Se realizó la primera capa de 15-20 cm de altura por 0.60 cm de lado a lado, con las materias primas descritas en la tabla de formación de pila. La segunda capa se colocó el estiércol de codorniz aproximado unos 10 cm de espesor o altura y sobre esta

una capa de tierra, roca fosfórica con espesor de 5-7cm. Se repitió esta secuencia de capas hasta que las pilas logró alcanzar de 0.80-1.20 m de alto.

**Humedecimiento de la pila:** Se regó aproximadamente de 1.0 – 1.50 L de agua o la cantidad que requirió para humedecer uniformemente la pila, Humedad del 60-70%. Se midió este parámetro en el laboratorio de Suelos y Aguas de la UPSE con la ayuda de una estufa por relaciones de masas inicio y final.

**Cubierta de la pila:** Después de todo el proceso se terminó cubriendo las pilas con plástico por 21 días para su primer volteo, este reposo ayudo para que los microorganismos puedan interactuar y descomponer la materia orgánica.

**Frecuencia de volteo de las pilas:** Se realizó una a los 21, 15, 10, 7, 4 días respectivamente, y cada 4 días hasta finalizar el proceso de compostaje hasta el periodo de 60 días.

**Etapas de finalización del proceso de compostaje (en fase de maduración):** Se comprobó que el compost ha llegado a la etapa de maduración, puesto que no incremento su temperatura a pesar de realizar nuevos volteos.

**Cernido o tamizado:** Una vez que confirmado que el material este maduro, se procedió a realizar un tamizado del material compostado para eliminar elementos grandes que no se hayan terminado de compostar.

## 2.6. Parámetros evaluados

**pH:** Para monitorear el pH se utilizó un potenciómetro de campo, para realizar las mediciones in situ, con una frecuencia de 5 días desde la implementación de las pilas hasta los 60 días periodo en cual se obtuvo el compost.

**Temperatura.** Este parámetro se midió con un termómetro para compost, la frecuencia de monitorización de la temperatura se realizó cada 5 días desde el instante de la implementación de las pilas hasta los 60 días periodo en cual se obtuvo el compost.

**Humedad.** Se realizó llevando una muestra al laboratorio Suelos y Agua de la UPSE en el cual se procedió a tomar una muestra de 100 g a 100 °C durante 4 horas, y para el cálculo de porcentaje de humedad se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{Masa\ inicial - Masa\ final}{Masa\ inicial} * 100$$

### **2.6.1. Análisis de laboratorio (parámetros físico - químicos)**

Finalizadas las etapas de compostaje se analizó los parámetros físico-químicos para los tres tratamientos y para el estiércol de codorniz por separado, en muestras secas a 40°C. Se analizó las concentraciones de C y nutrientes, como es el contenido de materia orgánica (C) por combustión seca a 550 °C usando el factor 1.8 para convertir materia orgánica a carbono; N por semi-micro Kjeldahl (NK); conductividad eléctrica (CE) y pH en extracto acuoso (1:10); P extractable en bicarbonato (1:100). Las características físico-químicas del compost maduro y del suelo se obtuvieron a través de análisis de laboratorio. (Ramos, 2021)

Las concentraciones totales de Mg, Ca, K, Na, P total, Fe, Mn, Zn y Cu se determinaron en el extracto de HCl concentrado del material calcinado y se analizaron por espectrometría de absorción atómica (cationes) y por el método del molibdato-ácido ascórbico (P). Y para SO<sub>4</sub>, Cl se realizaron por volumetría, de acuerdo a la metodología descrita por Hang *et al.*, (2015).

### **2.7. Análisis estadístico de los resultados**

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el análisis de varianza con la prueba de Tukey mediante el programa estadístico **IBM SPSS Statistics 27** para evaluar si existen diferencias significativas a p<0,05 entre los tratamientos de investigación.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Rendimiento del compost

En los resultados de rendimiento se evidenció que los tres tratamientos presentan rendimientos similares en torno al 60-61%, lo que nos indica que el proceso se realizó de manera eficiente, de igual manera en cuanto a la pérdida de peso son muy similares los tres tratamientos (tabla 8). Estos resultados concuerdan con estudios realizados por el Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Ambiente (2002) donde indica que la pérdida de peso durante el proceso de compostaje puede variar entre un 30% a 60% dependiendo de diversos factores.

**Tabla 8.** Cálculo de rendimiento en pilas de compost

Parámetro	Unidad	T1	T2	T3
Peso inicial	Kg	222.68	313.96	425.36
Peso final	Kg	133.60	188.38	259.47
Pérdida de peso (%)	%	40%	39%	39%
Rendimiento	%	60%	60%	61%
Duración del compostaje	Días	60	60	60

### 3.2. Resultados de las propiedades físicas

#### 3.2.1. Temperatura

##### Comportamiento Temperatura en las pilas de compost

De los resultados del monitoreo de temperatura en la tabla 9, se observó una tendencia lineal hasta el día 30 para los tratamientos T2, T3, con un máximo en el día 35 con 41 °C y para el T1 se alcanzó el máximo en el día 45 con 40.25 °C, a partir de estos tiempos empieza el período de descenso térmico. Estas tendencias de las temperaturas están

determinadas por la actividad microbiana y la iniciación de los procesos de compostaje (López Fernández *et al.*, 2018), y a medida que incrementa la temperatura las poblaciones de microorganismos son sustituidas por otras que se adapten al nuevo rango de temperatura (Ballesteros *et al.*, 2018).

Los datos de monitoreo de temperatura obtenidos en cada pila compostera permitió diferenciar las diferentes fases del compostaje: mesófilo, termófilo, enfriamiento y maduración (Niedrite *et al.*, 2024). La fase termófila ocurre en el rango de 35-65 °C y cuando la temperatura varía entre 30 a 45 °C ocurre la tasa más alta de biodegradación y la máxima diversidad microbiana, en concreto, esta energía liberada durante la descomposición biológica de la materia orgánica provoca el aumento de la temperatura (Javad Tahsini *et al.*, 2024). Así, todas las pilas composteras de estiércol de codorniz presentaron un comportamiento de temperaturas similar, alcanzando la fase termófila a los 15 días, lo cual indica un equilibrio adecuado entre nutrientes y actividad microbiana.

**Tabla 9.** Comportamiento de las temperaturas promedio durante el proceso de compost

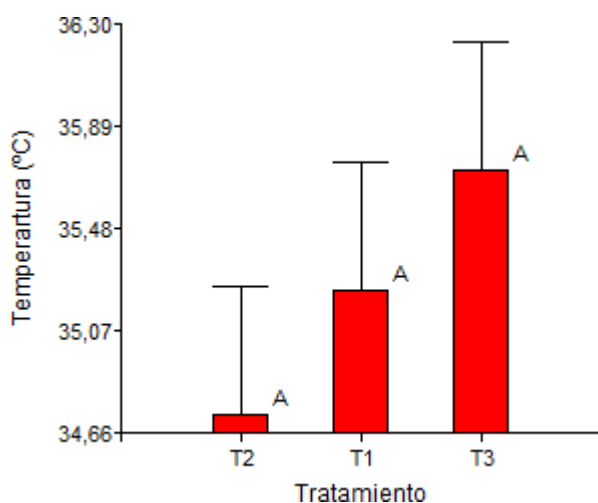
Tiempo (días)	T1	T2	T3
0	28.75	30.50	31.75
5	30.75	30.25	30.50
10	32.00	32.25	33.50
15	33.25	34.00	36.50
20	34.50	35.50	36.75
25	35.50	37.25	38.00
30	37.50	38.75	39.75
35	39.25	41.25	41.00
40	40.25	40.25	38.75
45	40.25	37.50	36.75
50	38.50	33.50	36.25
55	36.00	31.25	33.25
60	31.50	29.25	31.50

En la Tabla 9, también se determinó que la finalización de la etapa de enfriamiento, los tratamientos T1 y T3 son iguales con temperatura de 3-5 °C, mismas que difiriendo con el T2 que llegó a 29.25°C. Estos resultados concuerdan con los reportados por Pacheco (2016), en su investigación determinó que en el día 58 de aplicado el tratamiento en 5 muestras de abono orgánico obtuvo temperaturas similares de 29.2- 30.1 y 29.5 °C. Es

importante resaltar que esta similitud de temperaturas en los dos estudios se encontró a pesar de las diferencias climáticas.

De manera general, la temperatura promedio resulta de 35.5 °C, con un intervalo de confianza entre 34.6 y 35.8 °C, lo cual propone estabilidad térmica en el experimento, permitiendo suponer que las variaciones observadas entre los tratamientos podrían ser estadísticamente significativas. En el gráfico de medias de temperatura, se observa que las temperaturas promedio entre los tratamientos y repeticiones se mantienen relativamente constantes, sin mostrar diferencias marcadas. Esto sugiere que los tratamientos no ejercen un efecto significativo sobre la temperatura, permitiendo inferir que las variaciones observadas son atribuibles a factores aleatorios o errores experimentales más que a los tratamientos en sí.

Con el método de Tukey se comparó las medias de temperaturas y se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y repeticiones en las temperaturas en el compost a  $p \geq 0,05$ , es decir se identificó que los grupos son homogéneos.



**Figura 2.**Medias de Temperatura (Prueba de Tukey a  $p > 0,05$ )

### ***Potencial de hidrógeno (pH)***

#### **Comportamiento del pH en las pilas de compost**

La tabla 11 muestra los resultados de la evolución del pH promedio para los tratamientos T1 (estiércol de codorniz + roca fosfórica), T2 (estiércol de codorniz + cáscara

de guaba) y T3 (estiércol de codorniz + roca fosfórica + cáscara de guaba). En todos los tratamientos se observa un incremento gradual del pH a lo largo del tiempo, partiendo de un valor inicial de 4.45, similar al reportado por Castro García *et al.* (2016) en las etapas tempranas del compostaje, y alcanzando niveles casi neutros hacia el final del proceso. El tratamiento T2, por ejemplo, finalizó con un valor de pH 6.85 al día 60.

De forma general, todos los tratamientos evidenciaron una tendencia ascendente del pH, resultado que concuerda con lo encontrado por Basantes (2009), quien elaboró y aplicó dos tipos de bioles a base de estiércol animal. En su estudio, el tratamiento más eficiente (T5) alcanzó un pH final de 6,8, valor muy cercano a los registrados en T1 (6.82) y T2 (6.85) del presente ensayo, con una ligera diferencia respecto al T3 (6.67).

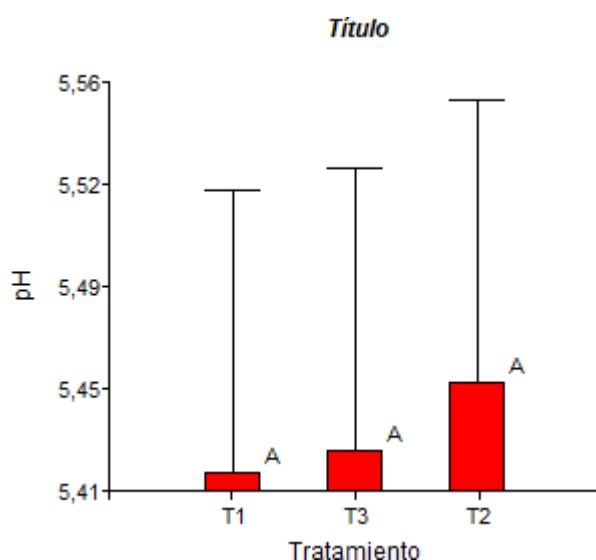
El pH del compost es una característica crítica, ya que, aunque puede fluctuar en un rango amplio (3–11), este parámetro influye directamente en la actividad microbiana (Godlewska *et al.*, 2017). Inicialmente, se produce una acidificación del medio por la acumulación de ácidos orgánicos, lo cual puede limitar la actividad microbiana. No obstante, a medida que estos compuestos son degradados y se produce amoníaco (NH<sub>3</sub>), el pH tiende a estabilizarse en valores cercanos a la neutralidad, lo cual favorece la acción de la mayoría de los microorganismos (Ebrahimi *et al.*, 2024).

**Tabla 10.** Comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) promedio durante el proceso de compost

Tiempo (días)	T1	T2	T3
0	4.45	4.45	4.48
5	4.58	4.48	4.55
10	4.75	4.65	4.60
15	4.85	4.88	4.75
20	5.05	5.03	4.90
25	5.15	5.23	5.13
30	5.20	5.35	5.43
35	5.35	5.55	5.58
40	5.55	5.73	5.78
45	5.95	5.95	6.08
50	6.25	6.23	6.15
55	6.50	6.53	6.48
60	6.83	6.85	6.68

En la figura 4 se refleja claramente el comportamiento de variación del pH para cada uno de los tratamientos T1 (6.83) y T2 (6.85) terminando la etapa de compost con similares valores de pH, por otra parte, el tratamiento T3 que presenta valores ligeramente menores de pH (6.68) Este comportamiento podría reflejar diferencias en la dinámica bioquímica o microbiológica entre los tratamientos.

En la figura 5 se explica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Así con el método de Tukey se comparó las medias de pH y se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y repeticiones para la variable de pH del compost a  $p \geq 0,05$ , es decir se identificó que los grupos son homogéneos.



**Figura 3.**Gráfico de medias de pH (Tukey a  $p > 0,05$ )

### 3.3.3. Humedad

#### Comportamiento de la humedad de las pilas de compost

En la tabla 13 se reportaron los resultados de humedad promedio para los tratamientos, los cuales evidencian una tendencia general descendente de la humedad en todos los grupos (T1, T2 y T3) durante el periodo de compostaje de 60 días. Al inicio, los valores de humedad son similares para T1 (52.50%) y T2 (52.75%), mientras que el T3

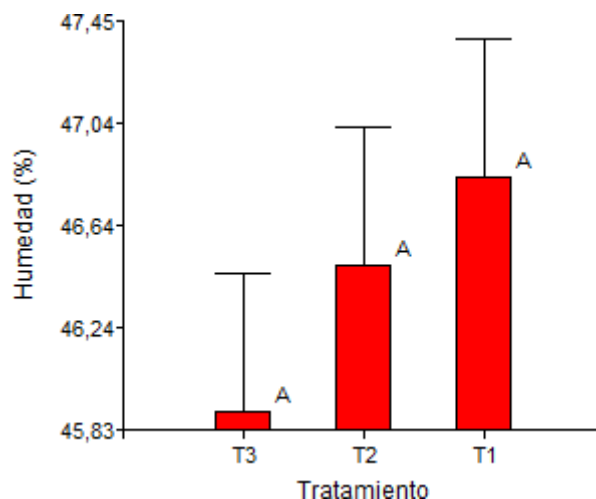
presentó un valor ligeramente superior de 54.25%. Sin embargo, a medida que se desarrolla el compost en el transcurso del tiempo, la humedad disminuye en todos los tratamientos, alcanzando los valores más bajos al día 60, donde T1 registra 39.5%, T2 alcanza 43.75%, y T3 presenta 42.25%. Esto sugiere que, aunque todos los tratamientos experimentan una pérdida de humedad, T1 tiende a perderla de manera más pronunciada, mientras que T2 mantiene niveles de humedad ligeramente más altos hacia el final del periodo. Estos cambios en la humedad podrían estar relacionados con las características de cada tratamiento y su capacidad. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Boutasknit *et al.* (2024) quienes en su investigación reportaron resultados de humedad durante el proceso en orden del 40 - 70%.

**Tabla 11.** Comportamiento de la humedad (%H) promedio durante el proceso de compost

Tiempo (días)	T1(%)	T2(%)	T3(%)
0	52.50	52.75	54.25
5	50.00	52.25	51.25
10	51.00	48.50	49.75
15	50.50	48.75	47.25
20	49.25	47.75	47.25
25	47.00	46.25	46.50
30	45.50	45.25	43.75
35	45.00	45.25	43.00
40	48.00	44.50	44.25
45	45.00	43.50	43.00
50	43.00	42.75	42.50
55	42.50	42.25	41.75
60	39.50	43.75	42.25

En la tabla 13 se observó el comportamiento de la humedad en los tratamientos, de la cual se infiere que el T1 presentó a partir del día 10 mayor humedad que T2 y T3, y en el día 55 desciende por debajo de los tratamientos indicados. Los valores finales de las humedades de los tratamientos T1, T2 y T3, son indicadores que el proceso del compost aún no llega a la etapa de maduración del compost, puesto que, según Castro García *et al.*, (2016) en su investigación indicó que la humedad debe ser menor que el 35%.

En la figura 7 se explica un procedimiento de comparación múltiple para definir cuáles medias tienen valor significativo diferentes de otras. Así con el método de Tukey se comparó las medias de la humedad de los tratamientos de las pilas de compost y se determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y repeticiones para la variable de humedad del compost a  $p \geq 0,05$ , es decir, se identificó que los grupos son homogéneos.



**Figura 4.** Gráfico de medias de Humedad (Tukey a  $p > 0,05$ )

### 3.2. Análisis físico-químico del estiércol y compost de codorniz.

En la tabla 15 se reportó los resultados del análisis físico - químico del estiércol de codorniz y de los tratamientos de compost T1, T2 y T3. De estos resultados se pueden explicar que, para ciertos parámetros físico-químicos existen variaciones numéricas en concentración tanto para el estiércol como el compost. Así, para el pH, el estiércol de codorniz presentó un valor de pH (6.50) ligeramente ácido, resultado que se contrasta con los obtenidos en la investigación de Aliaga (2017) que fue pH de 6.47. En todos los tratamientos de compost los valores de pH fueron ligeramente alcalinos (entre 7.60 a 7.90), semejantes a los obtenidos por Boutasknit *et al.* (2024), en el orden de 7.7 a 8.1 valores de pH.

Para Javad Tahsini *et al.*, (2024) el estándar de pH para el proceso de compost es de 5-8,5. Estos en su investigación obtuvieron compost con valores de pH que oscilan entre 7,82-8,36, valores muy semejantes a los obtenidos en esta investigación. Según Méndez-

Matías *et al.* (2018) atribuyen este cambio mayoritario a la mineralización de los compuestos orgánicos y descomposición de los ácidos orgánicos. Y para Chen *et al.*, (2024) la variación del pH está impulsada por una serie de procesos. Por ejemplo, la descomposición de la materia orgánica, la volatilización del amoníaco y la contaminación microbiana la nitrificación podría disminuir el pH, mientras que la producción y acumulación de amoníaco podría aumentar el pH.

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro crucial de evaluación en la calidad del compost. En este estudio se evaluó la CE para el estiércol, que presentó resultados ligeramente superiores al T1, pero menores que los de T2 y T3, lo cual indica un mayor contenido de sales disueltas en estos compost, como se muestra en la tabla 12. Para Javad Tahsini *et al.* (2024), el estándar máximo para la CE ( $>5 \text{ dS m}^{-1}$ ), es decir, en esta investigación los valores de CE son muy altos (1400 a 9580  $\mu\text{S}$ ). Este comportamiento podría atribuirse al mayor contenido de iones solubles derivados de la descomposición de la materia orgánica y la mineralización, lo que puede favorecer la formación de carbonatos y aumentar la salinidad del compost.

También para Ebrahimi *et al.* (2024), la conductividad eléctrica (CE) refleja el contenido de sal del compost, cambios en iones orgánicos e inorgánicos durante el compostaje. Así también, los sólidos disueltos totales (SDT) presentan un incremento notable en los tratamientos T2 (577.3 mg/100g) y T3 (4851.2 mg/100g) en comparación con el estiércol inicial. Para Morita *et al.* (2024) indican que en general, existe una correlación entre pH y CE, siendo la nitrificación responsable de una disminución en el pH y un aumento en la CE.

Respecto a la materia orgánica (MO), todos los tratamientos de compost (T1, T2 y T3) presentaron un incremento respecto al estiércol, especialmente en T3, con 10.19 % de MO. En general todas las concentraciones de MO son consideradas bajas comparando a los obtenidos por Méndez-Matías *et al.* (2018), que son del 22 a 29% a los 133 días de compost y por Arrigoni *et al.* (2024), que en su investigación indican, que todos los compost exhibieron un alto contenido de materia orgánica  $>35\%$ . Para Cheng *et al.* (2024), nos menciona que el compostaje es un proceso terminal que busca estabilizar la materia orgánica, promoviendo su transformación en compuestos húmicos más estables y reduciendo su contenido inicial.

**Tabla 12.** Análisis físico - químico de estiércol y compost de codorniz

Prmt.	Unid.	Est. codorniz	T1	T2	T3
pH	u.	6.50	7.90	7,80	7.60
CE	μS/cm	1582,0	1400.0	1902.0	9580.0
SDT	mg/g	101.25	8.96	5.77	48.51
MO	%	7.15	8.73	8.27	10.19
N	%	0.36	0.44	0.41	0.51
Ca	mg/kg	152.31	429.7	960.00	714.00
Mg	mg/kg	679.90	176.32	114.13	176.48
Na	mg/kg	749.70	794.31	827.87	868.00
K	mg/kg	1.5	0.28	0.38	0.36
SO4	%	5.00	4.50	4.60	3.80
Cl	Cualitati	++	++	++	++
P	Ppm	8.22	9.03	9.51	11.71
Fe	Ppm	40.0	31.0	20,0	15.0
Mn	Ppm	7.0	5	20	1.6
Zn	Ppm	0.40	0.15	0.10	0.08
Cu	ppm	0.15	0.05	0.02	0.008

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Agrícola / R.U.C.: 1700811134001, (2024).

Es importante señalar que, en los análisis fisicoquímicos de laboratorio, los valores de pH fueron ligeramente alcalinos (entre 7.60 y 7.90), como se indica en la tabla 15. Sin embargo, en los registros de monitoreo tomados durante el proceso de compostaje, el pH máximo alcanzado al día 60 fue de 6.8, lo que corresponde a un valor ligeramente ácido. Esta diferencia en los resultados se atribuye al momento en que se tomó la muestra para análisis de laboratorio, el cual fue 15 días después de finalizado el monitoreo. Durante este tiempo, el compost continuó estabilizándose, lo que pudo favorecer una ligera alcalinización del material debido a la pérdida de ácidos orgánicos volátiles y a la acción prolongada de microorganismos nitrificantes.

Las variables de control es un mecanismo de explicar la velocidad de degradación de las materias primas hasta la obtención de compost. Así, para el T1 la temperatura al inicio del proceso fue de 28.75 °C alcanzando un pico máximo a los 45 días de 40.25 °C y descendió

a los 60 días a temperatura de 31.5 °C, lo que se concluye que los materiales tuvieron una degradación lenta. El comportamiento de los otros tratamientos fue muy similar. Según Arrigoni *et al.*, (2024), indicaron en su estudio que, alrededor de 60 días después del proceso de compostaje, hubo una disminución de las temperaturas, volviendo a los niveles ambientales, potencialmente relacionado con la estabilización del material de compostaje. Y para Aviñó, Calero *et al.* (2024) mencionan que, evaluar la tasa de generación de compost como un factor más que influyente en el proceso es fundamental. En sistemas de compostaje a pequeña escala el tamaño de pila afecta la evolución de la temperatura, se conoce que a pilas más grandes promueven temperaturas más altas, la cual ayuda a reducir olores, semillas y patógenos no deseados.

Factores importantes a considerar, por qué el pH fue bajo en todos los tratamientos en el proceso de compostaje El pH fue bajo en todos los tratamientos durante las etapas iniciales del proceso, lo cual puede atribuirse principalmente a las bajas temperaturas registradas durante el compostaje y a la interacción con ciertos parámetros químicos del material compostado. En condiciones de mayor acidez, la tasa de respiración microbiana disminuye, especialmente durante las primeras fases del proceso. En esta investigación, se observaron temperaturas promedio de 40.25 °C durante la fase termofílica, junto con un pH inferior a 6, comportamiento similar al reportado por Morita *et al.* (2024).

Del análisis de los resultados físico-químicos, se puede argumentar y concluir que se dio cumplimiento a la hipótesis de investigación, ya que, al mezclar estiércol de codorniz con roca fosfórica y cáscara de guaba, se obtuvo un abono orgánico con mayor concentración de nutrientes esenciales para la salud del suelo, como nitrógeno, fósforo y potasio. Esto contribuirá a mejorar la estructura del suelo y aumentar su fertilidad en comparación con el uso exclusivo de codornaza.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Se obtuvo un abono orgánico de calidad partiendo de materias primas de estiércol de codorniz en mezcla en diferentes composiciones de residuos vegetales según el análisis fisicoquímico, con altas concentraciones de macronutrientes (K, P) y micronutrientes (Ca, Mg, Fe y Mn).

Además, de los resultados físico químicos del abono, se infiere que las propiedades físicas entre los tratamientos presentaron un comportamiento muy similar numéricamente, pero difieren de los valores del estiércol de codorniz. Un comportamiento similar se observó en las concentraciones de macro y micronutrientes, con excepción del calcio (Ca) y magnesio (Mg), cuyos valores mostraron diferencias numéricas considerablemente marcadas

En cuanto a las propiedades físicas, como la temperatura, todos los tratamientos mostraron valores similares, diferenciándose en +/- 1.25 °C al final del experimento, con una temperatura mínima registrada de 32.06 °C y un máximo de 38.32 °C. De manera similar, los otros parámetros no mostraron diferencias significativas: en el caso del pH, al final del tratamiento, la diferencia entre el valor más bajo y el más alto fue de +/- 0.17 pH; con la humedad, igualmente, la diferencia fue de +/- 4.25%. La prueba a través de Tukey mostró que no había diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para todos estos parámetros.

### **Recomendaciones**

Programar un control del proceso de compostaje en su totalidad, manteniendo los parámetros evaluados (pH, humedad y temperatura) de manera adecuada.

Analizar los beneficios de la utilización de abonos orgánicos comparando principalmente con fertilizantes químicos, probando la efectividad así mismo en diferentes cultivos agrícolas dependiendo de sus requerimientos nutricionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albíter, Vaca, Aguila and Yáñez, 2021. Flujo de CO<sub>2</sub> y su relación con propiedades bioquímicas en cultivos hortícolas en invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(3).
- Aliaga, 2017. *Evaluación de subproductos ganaderos como abonos orgánicos*, s.l.: Trabajo de fin de grado, Escuela Técnica de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla- España.
- Almanza, Cruz, Cáceres and Blas, 2023. Identificación y selección de *Saccharomyces cerevisiae* nativas para mejorar el proceso productivo del Pisco a partir de uva Quebranta. *Revista Peruana de Biología*, 30(4).
- Álvarez, Llerena and Reyes, 2021. Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost. *Terra Latinoamericana*, Volumen 39.
- Arrigoni, 2024. Performance of small-scale composting in low ambient temperatures: Effects of adding animal by-products and recycling leachates. *Waste Management Bulletin*, Volumen 2, p. 309.
- Aviñó, 2024. Optimization of industrial-scale composting of dewatered pig slurry and olive mill waste using discarded tennis balls as an inert bulking agent. *Environmental Technology & Innovation*, 36(103799).
- Bacilio, I. F. T., 2016. *Estudio técnico para elaborar abono orgánico a partir de desechos sólidos y líquidos no utilizados y minimizar el impacto ambiental negativo en el camal regional, Ubicado en el cantón La Libertad, Provincia De Santa Elena, La Libertad: Universidad Estatal Península De Santa Elena Facultad De Ingeniería Industrial*.
- Bailón and Florida, 2021. Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE*, 12(1).
- Ballesteros, 2018. Crecimiento microbiano en pilas de compostaje de residuos orgánicos y biosólidos después de la aireación. *Centro Azúcar*, 45(1), pp. 1-10.

- Bettoni, Rodrigues and Pavinato, 2020. Solubilidad y Eficiencia de Fertilizantes de Fosfato de Roca Parcialmente Acidulados con Zeolita y Arcilla Pilalada como Aditivos. *Agronomía*, 10(7), p. 918.
- Boutasknit, Anli, Lahlali and Meddich, 2024. Effect of Organic Waste and Inorganic Additives on Organic Matter Transformation and Mineral Availability in Composting Green Waste. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 93(9), pp. 2227-2249.
- Bustinza and Gomero, 2023. Optimización del proceso de compostaje con la pulpa de café en el anexo Unión Pucusani (Chanchamayo - Junín). *IDESIA (Chile)*, 41(1), pp. 85-95.
- Carrillo, 2022. Tasa de aireación de la degradación aerobia en la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(7).
- Castro, Daza and Marmolejo, 2016. Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*, 19(1), pp. 179-191.
- CEPIS, 2002. *Manual de compostaje para municipios*, Perú: SIAL Trujillo.
- Chen, 2024. Straw additive enhances manure compost quality by promoting diverse aerobic bacteria and unitary thermophilic fungi. *Environmental Technology & Innovation*, 36(10).
- Cheng, 2024. Redistribución de la fracción de fósforo impulsada por el carbono orgánico y la comunidad microbiana durante el compostaje. *Revista de Gestión Ambiental*, 370(123003).
- Córdova, Vargas, Naranjo and Vega, 2022. Obtención de compost a partir de hojas de mora y estiércol de cuy. *Perfiles*, 1(28).
- Delgado, 2020. Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4).

- Ebrahimi, Gholipour, Mostafaii and Yousefian, 2024. Biochar-amended food waste compost: A review of properties. *Results in Engineering*, Volumen 24.
- FAO, 2013. *Manual de compostaje del agricultor*, s.l.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Flores, F. G. R., 2017. Elaboración de abono orgánico a partir de los desechos sólidos y líquidos del pescado mediante la práctica del compostaje para minimizar el impacto ambiental en PROMAROSA S.A., Ubicado en la parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena, año 2017
- Garrido, Florida, Nazar and Rengifo, 2023. Calidad del compost a base de residuos orgánicos urbanos en Leoncio Prado, Perú. *Editorial Lasallista*, 18(1).
- Godlewska, Schmidt and Oleszcuk, 2017. Tecnología de Biorecursos: Biocarbón para la mejora del compostaje y la reducción de contaminantes. Una revisión. *Bioresour. Technol.*, Volumen 246, págs. 193-202.
- Hang, 2015. Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final. *AGRISCIENTIA*, 32(1), pp. 55-65.
- Jaimes, Suárez and Torres, 2021. El compostaje: una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos para el pequeño productor. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 7(1), pp. 51-67.
- Jara, Gallegos and Pullopaxi, 2020. Biotransformación de residuos orgánicos generados en la escuela superior politécnica de Chimborazo-Ecuador mediante compostaje. *InterSedes*, 21(44).
- López, Serrato, Castelán and Avilés, 2018. Comparación entre dos métodos de ventilación en la composición química de compost de estiércoles pecuarios. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 34(2), pp. 263-271.
- Macías, 2021. Respuesta de la composta sobre la fertilidad, humedad del suelo, contenido nutrimental en hojas y productividad en olivo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8).

- Méndez, Robles, Ruiz and Castañeda, 2018. Compostaje de residuos agroindustriales inoculados con hongos lignocelulósicos y modificación de la relación C/N. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2).
- Morita, Tomo and Ueno, 2024. El co-compostaje con polvo de bambú y hojas de té mejora la tasa de compostaje y la calidad del compost. *Avances en la Ciencia del Bambú*, 8(10).
- Munizaga and Alcívar, 2023. Producción de Compost a Partir de Desechos Sólidos Orgánicos Domésticos Mediante el Uso de Microorganismos Eficientes. *MQRInvestigar*, 7(2), pp. 3- 21.
- Niedrite, 2024. Sustainable control of invasive plants: Compost production, quality and effects on wheat germination. *Journal of Environmental Management*, 371(12).
- Pacheco, 2016. *Determinación de la mejor formulación para la elaboración de biol a partir de barbasco y chicha de yuca*, Chimborazo: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Químicas.
- Palacio and Agudelo, 2020. Desarrollo del girasol (*Helianthus annuus* L.) con aplicación de codornaza bajo distintas láminas de riego. *Ciencia y Agricultura*, 17(1), pp. 3-17.
- Quishpe, Lliguicota, Sarduy and Diéguez, 2020. La producción más limpia, como estrategia de valorización (eficiencia) del centro de faenamiento, Puyo, Pastaza, Ecuador. *Revista Científica de la UCSA*, 7(3).
- Ramos, K. A. O., 2021. *Calidad de abonos orgánicos (compost) a partir del estiércol porcino y sus efectos en el desarrollo radicular en el maíz emblema (Zea mays) en Santa Elena., Libertad.*
- Rendón, A., 2013. *Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo*, s.l.: Tesis de grado. Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.
- Rodríguez, Y., 2020. *Metodología de la investigación*. s.l.:Editorial Klik.

- Sánchez, Romero, Padilla and Díaz, 2023. Sistema de monitoreo electrónico para la identificación de las fases del compostaje de los residuos orgánicos en la Universidad El Bosque. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2023*.
- Sepúlveda, 2021. Desarrollo de un sistema embebido para un compostero doméstico inteligente. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, Issue 41, pp. 112-129.
- Tahsini, Nikaeen and Hossein, 2024. Biological treatment of compost leachate: Assessing the efficacy of composting process and bioaugmentation of composting piles. *Environmental Technology & Innovation*, Volumen 36.
- Zoungrana, 2024. Estudio mineralógico de rocas fosfóricas mediante refinamiento cuantitativo de Rietveld. *Cerámica abierta*, 18(1).

## ANEXOS

### Anexo 1. Evidencias fotográficas



1A. Medición de pH y temperatura al inicio de compost



2A. Primera capa de compost

### Anexo 2. Proceso de compostaje en pilas



3A. Medición de parámetros



4A. Disolución de microorganismos en agua



**4A.** Medición de materias primas para el compost



**5A.** Aplicación de la solución de levadura a las pilas composteras

### **Anexo 3.** Procedimiento en laboratorio



**6A.** Secado del material para medir la humedad

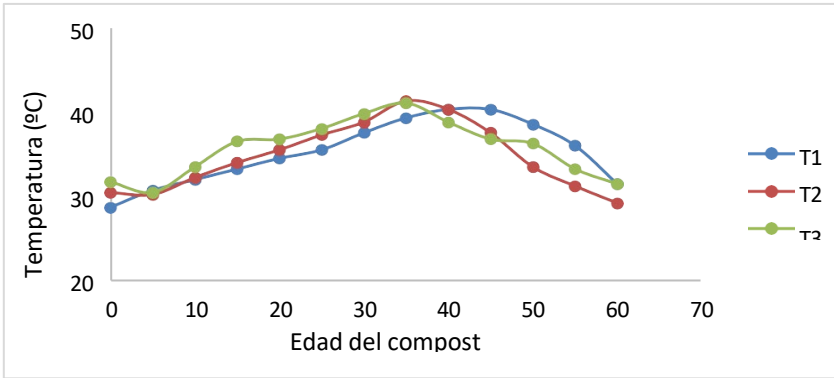


**7A.** Peso del material antes de estufa.

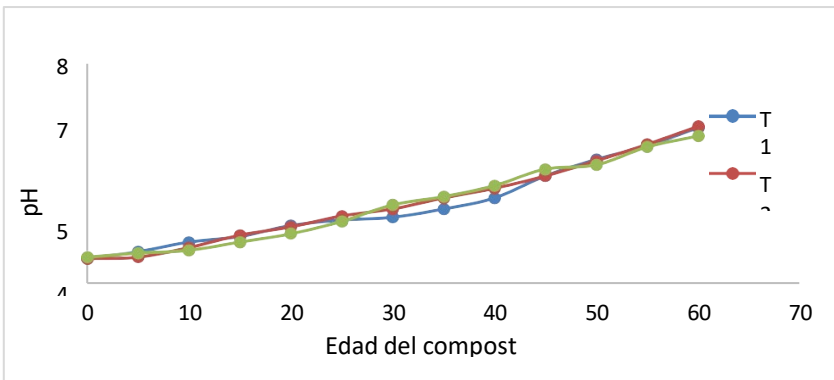


**8A.** Peso del compost listo

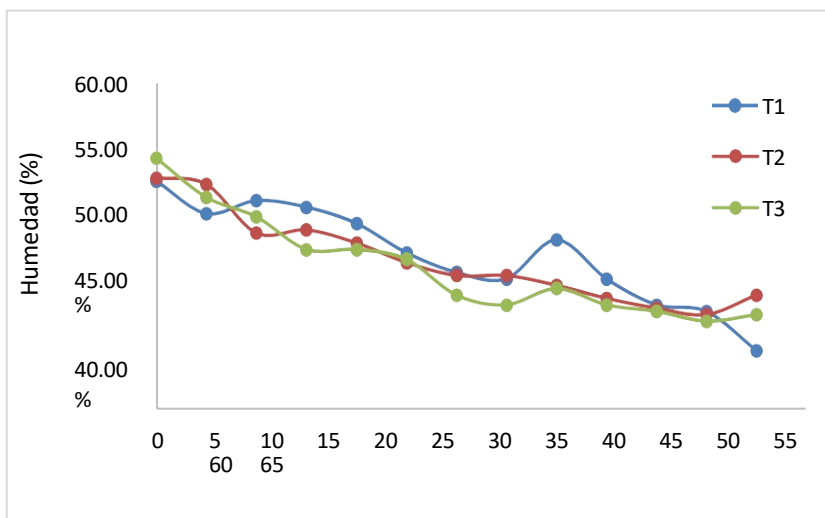
**Anexo 4.** Curvas de la cinética de Temperatura, pH y Humedad



**10A.** Variación de la temperatura promedio de los tratamientos durante el proceso de compost.



**11A.** Comportamiento de la humedad promedio de los tratamientos en función del tiempo



**12A.** Comportamiento de la humedad promedio de los tratamientos en función del tiempo

## Anexo 5. Test de Tukey en pH, Temperatura y Humedad

### pH

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	156	3,6E-04	0,00	13,71

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	2	0,02	0,03	0,9730
Tratamiento	0,03	2	0,02	0,03	0,9730
Error	84,85	153	0,55		
Total	84,88	155			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34281

Error: 0,5546 gl: 153

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1	5,42	52	0,10 A
T3	5,43	52	0,10 A
T2	5,45	52	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 13A. Análisis de la Varianza en pH

#### Temperatura

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura	156	0,01	0,00	10,49

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,01	2	12,51	0,92	0,4025
Tratamiento	25,01	2	12,51	0,92	0,4025
Error	2090,13	153	13,66		
Total	2115,15	155			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,70140

Error: 13,6610 gl: 153

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	34,73	52	0,51 A
T1	35,23	52	0,51 A
T3	35,71	52	0,51 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 14A. Análisis de la Varianza en Temperatura

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	156	0,01	0,00	8,54

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,62	2	11,31	0,72	0,4881
Tratamiento	22,62	2	11,31	0,72	0,4881
Error	2400,94	153	15,69		
Total	2423,56	155			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,82351

Error: 15,6924 gl: 153

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	45,90	52	0,55 A
T2	46,48	52	0,55 A
T1	46,83	52	0,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 15A. Análisis de la Varianza en humedad

## Anexo 6. Resultados de laboratorio de las variables físico-químicas del compost

**Dr. Jorge E. Fuentes C.**

Laboratorio de Análisis Agrícola / R.U.C.: 1700811134001

Urdesa norte Av. 4ta. #203 y calle 2da.  
Teléfono: 51000078 / 09986675672  
Guayaquil - Ecuador

### Composición química de nutriente en organicos

Propietario:  
Propiedad: **TESIS DE GRADO**  
Localidad:  
Solicitado por: **SRTA. DANA GALVEZ**

Cultivo:  
Variedad:  
Ingreso: 31 de octubre/2024  
Salida: 05 de noviembre/2024

Prmt.	Unid.	est. codornit			
		2024009 1	2024010 2	2024011 3	2024012 4
<b>pH</b>	<b>u.</b>	6,50	7,90	7,80	7,60
<b>CE</b>	<b>umhos</b>	1582,0	1400,0	1902,0	9580,0
<b>SDT</b>	<b>mg/100</b>	101,25	896,0	577,3	4851,2
<b>MO</b>	<b>g</b>	7,15	8,73	8,27	10,19
<b>N</b>	<b>z</b>	0,36	0,44	0,41	0,51
<b>Ca</b>		152,31	429,37	960,00	714,00
<b>Mg</b>		679,90	176,32	114,13	176,48
<b>Na</b>		749,70	794,31	827,87	68,00
<b>K</b>		1,5	0,28	0,38	0,36
<b>SO4</b>		5,00	4,50	4,60	3,80
<b>Cl</b>	<b>calitati</b>	++	++	++	++
<b>P</b>	<b>ppm</b>	8,22	9,03	9,51	11,71
<b>Fe</b>		40,0	31,0	20,0	15,0
<b>Mn</b>		7,0	5	20	1,6
<b>Zn</b>		0,40	0,15	0,10	0,08
<b>Cu</b>		0,15	0,05	0,02	0,008

Referencias Normas: **USDA**

### 16A. Análisis de laboratorio