

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA, AGRONEGOCIOS  
Y BIOTECNOLOGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DOS ADITIVOS  
PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO DE  
COMPOSTAJE**

**Autor:**

**Bach. Emanuel Vilchez Guevara**

**Asesores:**

**Ing. Nelson Oswaldo Pajares Quevedo**

**M. Sc. Yander Mavila Briceño Mendoza**

Registro: (.....)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo a Dios por concederme la vida y la salud necesaria para poder realizar mis objetivos, a mis padres por ser mi impulso contante de crecimiento y desarrollo y a mis hermanos por todo el cariño y la comprensión que siempre me brindaron.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco infinitamente a Dios, por brindarme la sabiduría para poder culminar mis estudios profesionales y realizar esta investigación.*

*A mis padres por brindarme su constante apoyo, esfuerzo y dedicación.*

*A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera profesional.*

*A mis asesores por el acompañamiento que me brindaron en cada etapa de desarrollo de la presente investigación.*

*A mis docentes por todos los conocimientos adquiridos,*

*A mis compañeros por todo lo compartido.*

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE  
MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana  
**RECTOR**

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres  
**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Dra. María Nelly Luján Espinoza  
**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Dr. Héctor Vladimir Vásquez Pérez  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA,  
AGRONEGOCIOS Y BIOTECNOLOGÍA**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x )/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EFFECTO DE LA INCORPORACION DE DOS ADITIVOS PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

del egresado Emanuel Vilches Guevara  
de la Facultad de Ingeniería Zootecnista, Agrobiología y Biotecnología  
Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista  
de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma y nombre completo del Asesor  
Nelson Oswaldo Pagres Quevedo

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (  )/Profesional externo (  ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto de la incorporación de dos aditivos para disminuir el tiempo del proceso de compostaje

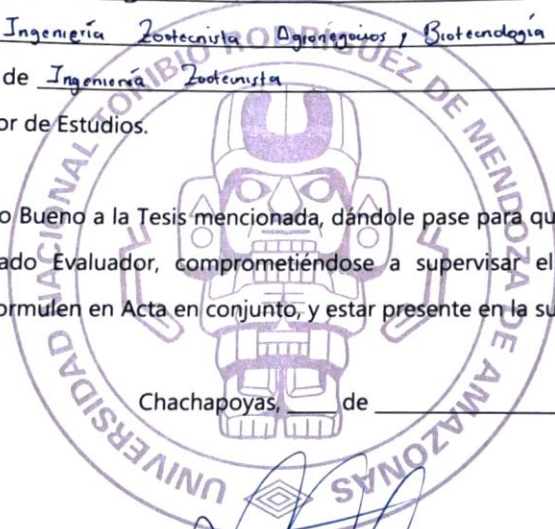
del egresado Emanuel Vilcheg Guevara  
de la Facultad de Ingeniería Zootecnista Agronegocios y Biotecnología  
Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista  
de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma y nombre completo del Asesor

Yander Maivil Briceño Mendoza.

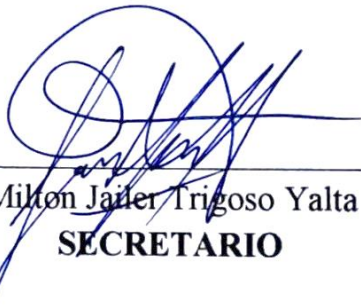


**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



---

Wigoberto Alvarado Chuqui  
**PRESIDENTE**



---

Milton Jairo Triguero Yalta  
**SECRETARIO**



---

Segundo Melecio Portocarrero Villegas  
**VOCAL**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EFEECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DOS ADITIVOS PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO  
DE COMPOSTAJE

presentada por el estudiante ( )/egresado (x) Emanuel Vilchez Guevara

de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica

con correo electrónico institucional 7669151201@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 7 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 28 de Junio del 2024

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....



## REPORTE TURNITIN

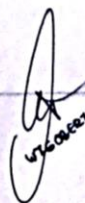
### EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DOS ADITIVOS PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>7</b> %	<b>6</b> %	<b>2</b> %	<b>1</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>2</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	Gustavo Adolfo Sánchez-Hernández, Ernesto Aceves-Ruiz, Angélica Aparicio-Juárez, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez et al. "Fertilización química e inoculación con Azospirillum y hongos micorrízicos del cultivo de jitomate en invernadero", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2023 Publicación	<b>&lt;1</b> %
<b>4</b>	<b>repositorio.untrm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>5</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %

  
GUSTAVO ADOLFO SANCHEZ-HERNANDEZ

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 12 de Julio del año 2024, siendo las 15:00pm horas, el aspirante: EMANUEL VILCHER GUEVARA, asesorado por Ing. NELSON OSWALDO PÁJAREZ QUEVEDO; MSc. YANEE MARILIA BALCENO MENDOZA defiende en sesión pública presencial (  ) / a distancia (  ) la Tesis titulada: EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE OCS ADITIVOS PARA DISMINUIR EL TIEMPO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE, para obtener el Título Profesional de INGENIERO ZOOTECNISTA, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: MSc. WILBERTO ALVARADO CHUQUI

Secretario: Dr. MILTON JAIKER TAIGOSO VALTA

Vocal: MSc. SEGUNDO MENEÑO PORTOCARRERO VILLEGAS

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

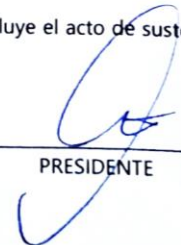
Aprobado (  ) por Unanimidad (  )/Mayoría (  ) Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 15:34pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:  
.....

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS .....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS .....	viii
REPORTE TURNITIN .....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS .....	x
ÍNDICE GENERAL .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
I. INTRODUCCIÓN .....	18
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	20
2.1. Ubicación del estudio .....	20
2.2. Diseño experimental .....	20
2.3. Obtención y transporte de la materia prima .....	22
2.4. Instalación de las cajas comporteras .....	22
2.4.1. Instalación de tratamiento 1 .....	23
2.4.2. Instalación de tratamiento 2 .....	23
2.4.3. Instalación de tratamiento 3 .....	24
2.4.4. Instalación de tratamiento 4 .....	24
2.4.5. Instalación de tratamiento 5 .....	25
2.4.6. Instalación de tratamiento 6 .....	26

2.4.7.	Instalación de tratamiento 7 .....	26
2.4.8.	Actividades adicionales en el proceso de compostaje .....	27
2.5.	Método de determinación de pH y temperatura .....	28
2.5.1.	Determinación de pH .....	28
2.5.2.	Determinación de temperatura .....	28
2.6.	Método de análisis físico del compost .....	28
2.7.	Método de análisis químico del compost .....	29
III.	RESULTADOS .....	30
3.1.	Comportamiento del pH y la temperatura durante las cuatro fases del compostaje (mesófila, termófila, enfriamiento y madurez) .....	30
3.1.1.	Comportamiento del pH .....	30
3.1.2.	Comportamiento de la temperatura .....	34
3.2.	Efecto de los aditivos en los parámetros físicos .....	38
3.2.1.	Granulometría .....	38
3.3.	Efecto de los aditivos en los parámetros químicos mediante análisis de laboratorio del compost .....	40
IV.	DISCUSIÓN .....	48
4.1.	Comportamiento del pH y la temperatura durante las cuatro fases del compostaje (mesófila, termófila, enfriamiento y madurez) .....	48
4.2.	Efecto de los aditivos en los parámetros físicos (granulometría y colorimetría) del compost .....	49
4.3.	Efecto de los aditivos en los parámetros químicos mediante análisis de laboratorio del compost .....	50
VI.	CONCLUSIONES .....	51
VII.	RECOMENDACIONES .....	52
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
	ANEXOS .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los tratamientos .....	21
<b>Tabla 2.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 1 .....	23
<b>Tabla 3.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 2 .....	24
<b>Tabla 4.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 3 .....	24
<b>Tabla 5.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 4 .....	25
<b>Tabla 6.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 5 .....	25
<b>Tabla 7.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 6 .....	26
<b>Tabla 8.</b> Composición en porcentaje y total del tratamiento 7 .....	27
<b>Tabla 9.</b> Comportamiento de pH en las cuatro fases del compostaje .....	30
<b>Tabla 10.</b> Comportamiento de temperatura en las 4 fases del compostaje .....	34
<b>Tabla 11.</b> Prueba de comparación de medias para determinar el efecto de los aditivos sobre la granulometría del compost (19 – 5 mm).....	38
<b>Tabla 12.</b> Efecto de los aditivos en pH, C.E, N, P, K, Carbono y M.O.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del centro experimental de la UNTRM – Chachapoyas .....	20
Figura 2. Distribución de los tratamientos.....	21
Figura 3. Equipo tamiz granulométrico .....	28
Figura 4. Gráfico de evolución del pH en la fase mesófila de elaboración de compost.....	31
Figura 5. Gráfico de evolución del pH en la fase termófila de elaboración de compost.....	31
Figura 6. Gráfico de evolución del pH en la fase de enfriamiento de elaboración de compost .....	32
Figura 7. Gráfico de evolución del pH en la fase de maduración de elaboración de compost .....	33
Figura 8. Gráfico de evolución de la temperatura en la fase mesófila de elaboración de compost .....	35
Figura 9. Gráfico de evolución de la temperatura en la fase termófila de elaboración de compost .....	36
Figura 10. Gráfico de evolución de la temperatura en la fase de enfriamiento de elaboración de compost.....	37
Figura 11. Gráfico de evolución de la temperatura en la fase de maduración de elaboración de compost.....	38
Figura 12. Gráfico del porcentaje de tamaño de partícula según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.....	39
Figura 13. Gráfico del porcentaje de pH según los tratamientos al culminar la elaboración de compost.....	40
Figura 14. Gráfico de la conductividad eléctrica según los tratamientos para la elaboración de compost.....	41
Figura 15. Gráfico del contenido de nitrógeno según los tratamientos para la elaboración de compost .....	42
Figura 16. Gráfico del contenido de P según los tratamientos para la elaboración de compost .....	43
Figura 17. Gráfico del contenido de K según los tratamientos para la elaboración de compost. ....	44

Figura 18. Gráfico del contenido de carbono según los tratamientos para la elaboración de compost .....45

Figura 19. Gráfico del contenido de Materia orgánica según los tratamientos para la elaboración de compost.....46

## RESUMEN

El uso irracional de fertilizantes químicos es un problema de gran intensidad ya que no solo degrada los suelos sino implica una gran contaminación medioambiental, razón por la cual es de suma importancia adoptar prácticas agrícolas sostenibles que permitan la preservación y recuperación del medioambiente; tales como la adopción del compostaje con adición de subproductos desechados de diversas industrias, razón por la cual en la presente investigación se pretendió evaluar cómo la incorporación de dos aditivos (sangre bovina y melaza) influye en la reducción del tiempo del proceso de compostaje, para tal fin se empleó el método Indore, el cual implicó la descomposición de una mezcla compuesta por restos vegetales y estiércol de animales, los cuales se humedecieron periódicamente para obtener un producto de alta calidad, se trabajó con siete tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7) y 2 repeticiones donde se evaluó, el pH, la temperatura, la granulometría, la conductividad eléctrica, el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, carbono y materia orgánica, obteniendo como resultados que la incorporación de sangre bovina y melaza, influyeron significativamente en el pH, la temperatura, la granulometría, la conductividad eléctrica y el contenido de potasio, sin embargo con respecto al contenido de nitrógeno, fosforo, carbono y materia orgánica no tuvieron un efecto significativo, por lo que se puede concluir que la adición de estos 2 insumos influyen positivamente en la reducción del tiempo del proceso de compostaje, sin embargo no existe diferencia significativa en el contenido de nitrógeno, fosforo, carbono y materia orgánica.

***Palabras clave:*** compost, melaza, sangre bovina, sostenible, medioambiente.



## ABSTRACT

The irrational use of chemical fertilizers is a problem of great intensity since it not only degrades the soil but also implies great environmental contamination, which is why it is of utmost importance to adopt sustainable agricultural practices that allow the preservation and recovery of the environment; such as the adoption of composting with the addition of discarded by-products from various industries, which is why the present research sought to evaluate how the incorporation of two additives (bovine blood and molasses) influences the reduction of the time of the composting process, to For this purpose, the Indore method was used, which involved the decomposition of a mixture composed of plant remains and animal manure, which were moistened periodically to obtain a high quality product. Seven treatments were used (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7) and 2 repetitions where the pH, temperature, granulometry, electrical conductivity, nitrogen, phosphorus, potassium, carbon and organic matter content were evaluated, obtaining as results that the incorporation of blood bovine and molasses, significantly influenced the pH, temperature, granulometry, electrical conductivity and potassium content, however with respect to the content of nitrogen, phosphorus, carbon and organic matter they did not have a significant effect, so it was It can be concluded that the addition of these 2 inputs positively influences the reduction of the composting process time, however there is no significant difference in the content of nitrogen, phosphorus, carbon and organic matter.

**Keywords:** compost, molasses, bovine blood, sustainable, environment.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el calentamiento global es considerado uno de los problemas más relevantes por el cual está atravesando el planeta; esto debido a la creciente emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y amoníaco ( $\text{CH}_3$ ) principalmente por actividades agrícolas y ganaderas (Watts, 2020).

Los bovinos son la especie que más contribuye con la emisión de  $\text{CH}_3$  y metano ( $\text{CH}_4$ ); esto debido a la fermentación producida por microorganismos del rumen (Króliczewska et al., 2023). Asimismo, los cerdos, las aves y otros animales, constituyendo todas estas especies más de un tercio de todas las emisiones agrícolas combinadas (Adegbeye et al., 2020).

En la región Amazonas la economía gira en torno a la agricultura y la crianza de animales menores y mayores, siendo la ganadería bovina la actividad más ejecutada en esta región, representando aproximadamente el 12% del Producto Bruto Interno (PBI) total (Vásquez, 2022) contando con una población de 157 166 cabezas de ganado vacuno (INEI, 2012), cuyas excretas presentan alta carga orgánica y bacteriana lo que conlleva un gran impacto ambiental.

El manejo inadecuado de excretas causa una considerable emisión de gases de efecto invernadero, implicando no sólo una pérdida de recursos; sino también contaminación agrícola difusa (Ren et al. 2020). Para reducir este impacto se han propuesto diversas medidas de mitigación, siendo una de ellas la elaboración de abonos orgánicos a través del compostaje, utilizando estiércol de ganado bovino, aves y cuy, acompañados de aditivos y material vegetativo (Chen et al. 2020).

Según Velasco-Velasco et al. (2020), el compostaje es el resultado de un proceso biológico en el cual los microorganismos descomponen la materia orgánica y la convierten en materiales estables de gran valor agrícola, conocidos como compost; dicho proceso consta principalmente de tres etapas: mesófila, termófila y enfriamiento (Rastogi et al. 2020).

Por lo general, el proceso de compostaje requiere un tiempo de 3 a 6 meses para su elaboración, dependiendo de los factores climáticos (Azurduy et al., 2016). La maduración del compost implica la descomposición de la materia orgánica y la

estabilización de los nutrientes, lo cual es crucial para asegurar que el producto final sea seguro y beneficioso para las plantas (Alvarez et al., 2021).

El tiempo de maduración del compostaje puede variar significativamente según diversos factores, tales como la naturaleza de materiales orgánicos, condiciones ambientales (temperatura, humedad, aireación) y la técnica de compostaje (Alves et al., 2024).

Según Guerrero (2021), el control de factores como la relación carbono/nitrógeno (C/N), la aireación y el manejo de la humedad es fundamental para optimizar el tiempo de maduración del compost. Adicional a ello, la humedad mantenida entre un 40 - 60%, es esencial para el crecimiento y actividad de microorganismos y el uso de aditivos microbianos podrían reducir el tiempo de compostaje (Rastogi et al., 2020).

Por tal motivo, la gestión adecuada de estos factores, lograrían obtener un compost maduro en un período de tiempo más corto, con características físicas y químicas deseadas (Aduvire, 2023). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar de la incorporación de dos aditivos (sangre bovina y melaza) para disminuir el tiempo del proceso de compostaje

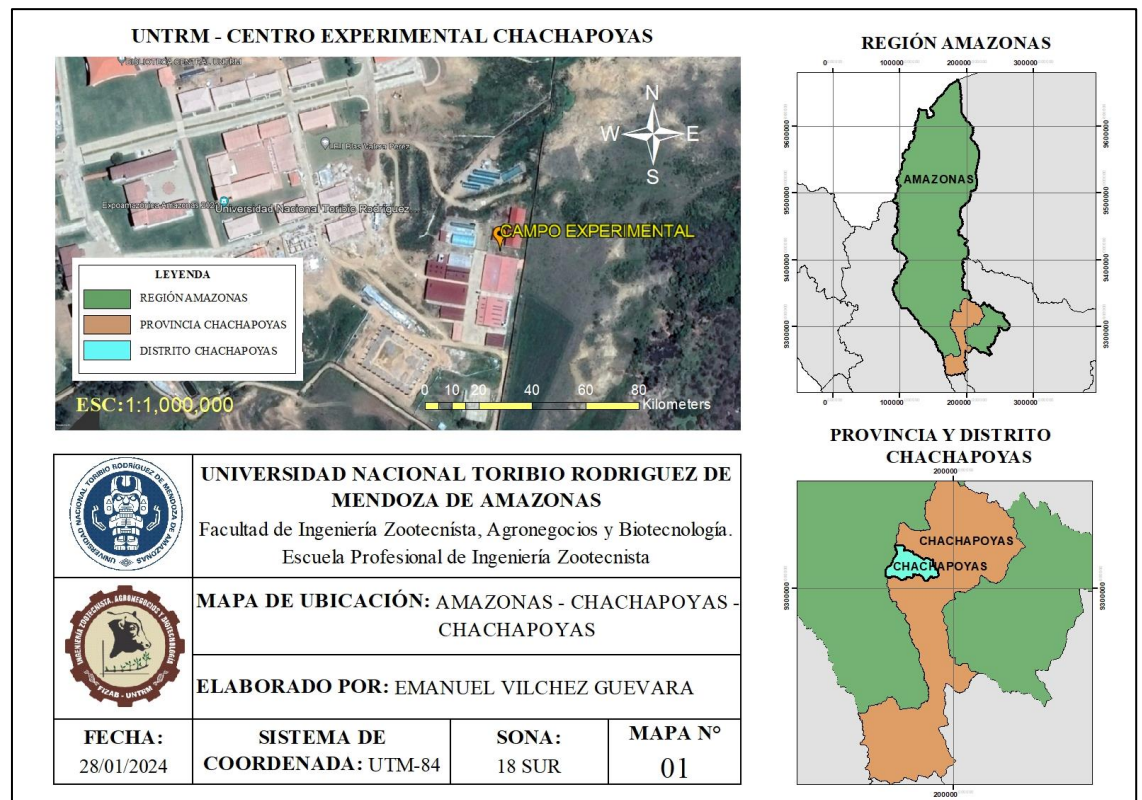
## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Chachapoyas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza – Amazonas (UNTRM), el cual se encuentra a una altitud de 1333 m.s.n.m. y dentro de las coordenadas 184420.15 metros Este y 9310088.50 metros Sur según Google Earth Pro.

#### Figura 1.

*Mapa de ubicación del centro experimental de la UNTRM – Chachapoyas*



### 2.2. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) el cual estuvo constituido por siete tratamientos, con 2 repeticiones para cada tratamiento (Tabla 1) y distribuidos aleatoriamente (Figura 2) de acuerdo a lo siguiente:

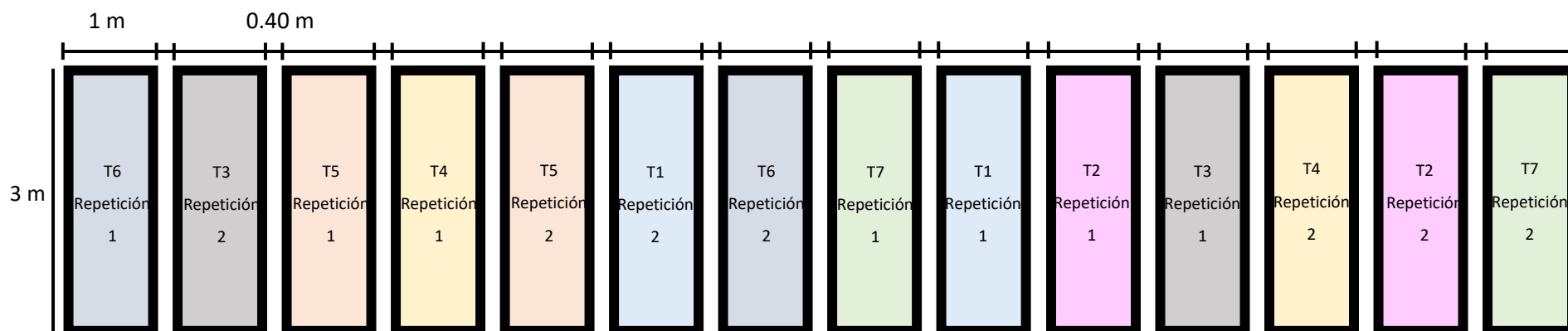
**Tabla 1.**

*Descripción de los tratamientos*

Tratamiento (T)	Descripción
<b>T1</b>	Compost producido a base de materia vegetal, estiércol de vacuno y melaza.
<b>T2</b>	Compost producido a base de materia vegetal, estiércol de vacuno y sangre bovina.
<b>T3</b>	Compost producido a base de materia vegetal, estiércol de aves (gallinas) y melaza.
<b>T4</b>	Compost producido a base de materia vegetal, estiércol de aves (gallinas) y sangre bovina.
<b>T5</b>	Compost producido a base de materia vegetal, estiércol de cuy y melaza.
<b>T6</b>	Compost producido a base de materia vegetal, estiércol de cuy y sangre bovina.
<b>T7</b>	Compost producido a base de materia vegetal y estiércol.

**Figura 2.**

*Distribución de los tratamientos*



### **2.3. Obtención y transporte de la materia prima**

#### **Estiércol fresco de cuy**

El estiércol de cuy fue recolectado de criaderos familiares en la ciudad de Chachapoyas y transportado en sacos de polipropileno hasta el sitio de implementación del proyecto.

#### **Estiércol fresco de aves**

Se recolectó estiércol en sacos de polipropileno del galpón de gallinas ponedoras de la Estación experimental Chachapoyas de la UNTRM.

#### **Estiércol fresco de bovinos**

Se recolectó estiércol en sacos de polipropileno del área de crianza de ganado bovino de la Estación experimental Chachapoyas de la UNTRM.

#### **Materia vegetal**

Se recolectó material de las distintas áreas verdes del campus universitario. Luego, un día antes del armado de las pilas de compostaje, todos los residuos vegetales fueron triturados utilizando una máquina picadora de forraje (Trapp, ES 500, Brasil).

#### **Sangre bovina**

La recolección de aproximadamente 50 litros de sangre bovina se realizó el mismo día de la preparación de las pilas de compostaje. Esta sangre fue transportada en baldes de plástico (20 litros) desde el Centro de Beneficio de Animales de Abasto en Chachapoyas hasta el sitio de ejecución del proyecto.

#### **Melaza**

La melaza fue adquirida en un productor del distrito de Molinopampa – provincia Chachapoyas y transportada en baldes de plástico (20 litros) al área donde se llevaría a cabo la investigación.

### **2.4. Instalación de las cajas comporteras**

Se construyeron catorce pilas de compostaje con dimensiones de 3 metros de largo, 1 metro de ancho y 1.5 metros de altura (Figura 2). Se utilizaron tablas recicladas, clavos de 2.5 pulgadas y listones de madera para la estructura, mientras que los techos fueron cubiertos con carrizos. En el centro de cada pila se colocaron dos tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de aproximadamente 0.80 metros de longitud, con perforaciones a lo largo, para regular la temperatura, mejorar la oxigenación y

permitir la salida de gases como el CO<sub>2</sub>, generado durante la descomposición de la materia orgánica. Entre cada pila se dejó un espacio de 0.40 metros para asegurar una adecuada ventilación.

Todas las cajas composteras tenían como base plástico, variando únicamente en la composición de la pila.

#### 2.4.1. Instalación de tratamiento 1

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol de vacuno, 60 kg de materia vegetal y 2.5 litros de aditivo (melaza), agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 1 se usó 225 kg de estiércol de vacuno, 7.5 litros de melaza, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza (Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Composición en porcentaje y total del tratamiento 1*

<b>Tratamiento 1</b>			
<b>Componente</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Melaza (Litros)</b>	7.5	2.5	1.73
<b>Ceniza</b>	20	20	4.62
<b>Estiércol de vacuno</b>	225	75	42.02
<b>Materia vegetal</b>	180	60	41.62
<b>Total</b>	432.5	157.5	100

#### 2.4.2. Instalación de tratamiento 2

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol de vacuno, 60 kg de materia vegetal y 2.5 litros de aditivo (sangre bovina), agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 2 se usó 225 kg de estiércol de vacuno, 7.5 litros de sangre bovina, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza (Tabla 3).

**Tabla 3.***Composición en porcentaje y total del tratamiento 2*

<b>Tratamiento 2</b>			
<b>Componente</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Sangre bovina (Litros)</b>	7.5	2.5	1.73
<b>Ceniza</b>	20	20	4.62
<b>Estiércol de vacuno</b>	225	75	42.02
<b>Materia vegetal</b>	180	60	41.62
<b>Total</b>	432.5	157.5	100

**2.4.3. Instalación de tratamiento 3**

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol de gallina, 60 kg de materia vegetal y 2.5 litros de aditivo (melaza), agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 3 se usó 225 kg de estiércol de gallina, 7.5 litros de melaza, 180 kg de materia orgánica y 20 kg de ceniza (Tabla 4).

**Tabla 4.***Composición en porcentaje y total del tratamiento 3*

<b>Tratamiento 3</b>			
<b>Componente</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Melaza (Litros)</b>	7.5	2.5	1.73
<b>Ceniza</b>	20	20	4.62
<b>Estiércol de gallinas</b>	225	75	42.02
<b>Materia vegetal</b>	180	60	41.62
<b>Total</b>	432.5	157.5	100

**2.4.4. Instalación de tratamiento 4**

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol de gallina, 60 kg de materia vegetal y 2.5 litros de aditivo (sangre bovina), agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 4



se usó 225 kg de estiércol de gallina, 7.5 litros de sangre bovina, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza (Tabla 4).

En el tratamiento 4 se usó 225 kg de estiércol de gallinas, 7.5 litros de sangre bovina, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza (Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Composición en porcentaje y total del tratamiento 4*

<b>Tratamiento 4</b>				
<b>Componente</b>		<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Sangre bovina (Litros)</b>		7.5	2.5	1.73
<b>Ceniza</b>		20	20	4.62
<b>Estiércol de gallinas</b>		225	75	42.02
<b>Materia vegetal</b>		180	60	41.62
<b>Total</b>		432.5	157.5	100

#### 2.4.5. Instalación de tratamiento 5

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol de cuy, 60 kg de materia vegetal y 2.5 litros de aditivo (melaza), agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 5 se usó 225 kg de estiércol de cuy, 7.5 litros de melaza, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza.

**Tabla 6.**

<b>Tratamiento 5</b>				
<b>Componente</b>		<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Melaza (Litros)</b>		7.5	2.5	1.73
<b>Ceniza</b>		20	20	4.62
<b>Estiércol cuy</b>		225	75	42.02
<b>Materia vegetal</b>		180	60	41.62
<b>Total</b>		432.5	157.5	100

*Composición en porcentaje y total del tratamiento 5*

#### 2.4.6. Instalación de tratamiento 6

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol de cuy, 60 kg de materia vegetal y 2.5 litros de aditivo (sangre bovina), agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 6 se usó 225 kg de estiércol de cuy, 7.5 litros de melaza, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza. En el tratamiento 6 se usó 225 kg de estiércol de cuy, 7.5 litros de sangre de ganado vacuno, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza.

**Tabla 7.**

*Composición en porcentaje y total del tratamiento 6*

<b>Tratamiento 6</b>			
<b>Componente</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Sangre bovina (Litros)</b>	7.5	2.5	1.73
<b>Ceniza</b>	20	20	4.62
<b>Estiércol de cuy</b>	225	75	42.02
<b>Materia vegetal</b>	180	60	41.62
<b>Total</b>	432.5	157.5	100

#### 2.4.7. Instalación de tratamiento 7

Estuvo conformada por 75 kg de estiércol (cuy, gallina, vacuno) previamente homogenizada y en proporciones iguales y 60 kg de materia vegetal agregadas sucesivamente hasta formar 9 capas; para finalizar se agregó 20 kilogramos de ceniza para evitar la proliferación de insectos y plagas e inhibir malos olores. En el tratamiento 7 se usó 225 kg de estiércol de cuy, 180 kg de materia vegetal y 20 kg de ceniza.

En el tratamiento 7 se usó 225 kg de estiércol (ave, gallina, cuy) en proporciones iguales, 180 kg de materia orgánica y 20 kg de ceniza.

**Tabla 8.***Composición en porcentaje y total del tratamiento 7*

<b>Tratamiento 7</b>			
<b>Componente</b>	<b>Peso inicial (kg)</b>	<b>Peso por capa (kg)</b>	<b>(%)</b>
<b>Ceniza</b>	20	20	4.71
<b>Estiércol</b>	225	75	52.94
<b>Materia vegetal</b>	180	60	42.35
<b>Total</b>	425	155	100

#### **2.4.8. Actividades adicionales en el proceso de compostaje**

##### **Volteo de pilas**

En la semana inicial, se llevaron a cabo volteos diarios. En las siguientes semanas se realizaron volteos una vez por semana con el propósito de homogenizar la mezcla, controlar olores, favorecer la aireación, lo cual resultó en el óptimo crecimiento de microorganismos. Esta práctica también contribuyó a mantener una temperatura propicia para una actividad microbiana efectiva y beneficiosa.

##### **Riego**

El riego se efectuó con agua utilizando una manguera, siguiendo estas consideraciones: durante el volteo de las pilas de compostaje, se realizaron pruebas de puño para evaluar el nivel de humedad. En ocasiones, se observó que la mezcla se deshacía, lo cual indicaba una falta de agua en el proceso. Dos semanas antes de finalizar el compostaje, se suspendió el riego para iniciar el período de secado del compost.

##### **Cernido y ensacado**

En esta etapa, se utilizó un tamiz con una malla de 0.5 cm de diámetro para separar el material fino y eliminar los residuos que no se descompusieron durante el compostaje. Luego, el compost (material fino) fue ensacado según los protocolos establecidos para su posterior análisis y aplicación en diversas áreas que requieren este tipo de fertilizante.

## 2.5. Método de determinación de pH y temperatura

### 2.5.1. Determinación de pH

La toma de datos se realizó a las 14 composteras dos veces al día (8:00 am y 6:00 pm) durante todo el proceso (2,5 meses) con el uso de un pH metro portátil (Modelo HI 99121, HI, Alemania), con punta cónica robusta diseñada para la penetración directa en el suelo y un rango de medición de pH de -2.00 a 16.00, con una resolución de 0.01 pH y una precisión de  $\pm 0.02$  pH.

### 2.5.2. Determinación de temperatura

La toma de datos se realizó a las 14 composteras dos veces al día (8:00 am y 6:00 pm) durante todo el proceso (2,5 meses) con un termómetro (Modelo ZL-260, BOECO, Alemania).

## 2.6. Método de análisis físico del compost

Para realizar el análisis de granulometría, primero se homogenizó la pila de compostaje. Luego, utilizando una balanza de precisión (AZ INSTRUMENT, AZ86031, China), se pesaron 1 kg de muestra de cada unidad experimental, realizando cinco repeticiones por unidad. Posteriormente, las muestras se sometieron a un proceso de tamizado con un equipo especializado (ELE International, TAM84072, Reino Unido) que incluía cinco tamices con diferentes tamaños de malla (3/4, 3/8, 4, 8 y 16). Este procedimiento permitió evaluar la distribución de tamaño de las partículas en el compost.

### Figura 3.

*Equipo tamiz granulométrico*



## **2.7. Método de análisis químico del compost**

Al finalizar el proceso de homogenizado y tamizado del compost, se extrajo una muestra de 1 kilogramo de cada repetición de tratamiento (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7). Estas muestras se colocaron en bolsas etiquetadas con el tratamiento y la repetición correspondientes. Posteriormente, las muestras se enviaron al Laboratorio de Investigación de Aguas y Suelos del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la UNTRM para los análisis de materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), nitrógeno (N) y carbono (C).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Comportamiento del pH y la temperatura durante las cuatro fases del compostaje (mesófila, termófila, enfriamiento y madurez).

##### 3.1.1. Comportamiento del pH

La Tabla 9 ilustra la variación del pH a lo largo de las cuatro etapas del proceso de compostaje para cada tratamiento experimental. En la fase mesófila (Figura 3), el tratamiento 6 presentó el pH más bajo con un valor de 4.6, seguido por los tratamientos 1 y 5 con valores de 4.8 y 5.1, respectivamente. El tratamiento 7 registró el pH más alto en esta fase.

Durante la fase termófila (Figura 4), el tratamiento 7 tuvo el pH más bajo con 7.20, seguido por los tratamientos 2 y 3 con valores de 7.9 y 8, respectivamente. Los tratamientos 4 y 5 mostraron los valores más altos de pH, con 8.3.

En la fase de enfriamiento (Figura 5), el tratamiento 2 mostró el pH más bajo con 5.2, seguido por los tratamientos 3 y 4 con valores de 5.3 y 5.47, respectivamente, mientras que el tratamiento 7 tuvo el pH más alto con 6.

En la fase de maduración (Figura 6), el tratamiento 2 presentó el pH más bajo con 6.2, seguido por los tratamientos 3 y 1 con valores de 6.3 y 6.4, respectivamente. El tratamiento 7 mostró el valor de pH más alto en esta fase, con 7.1.

**Tabla 9.**

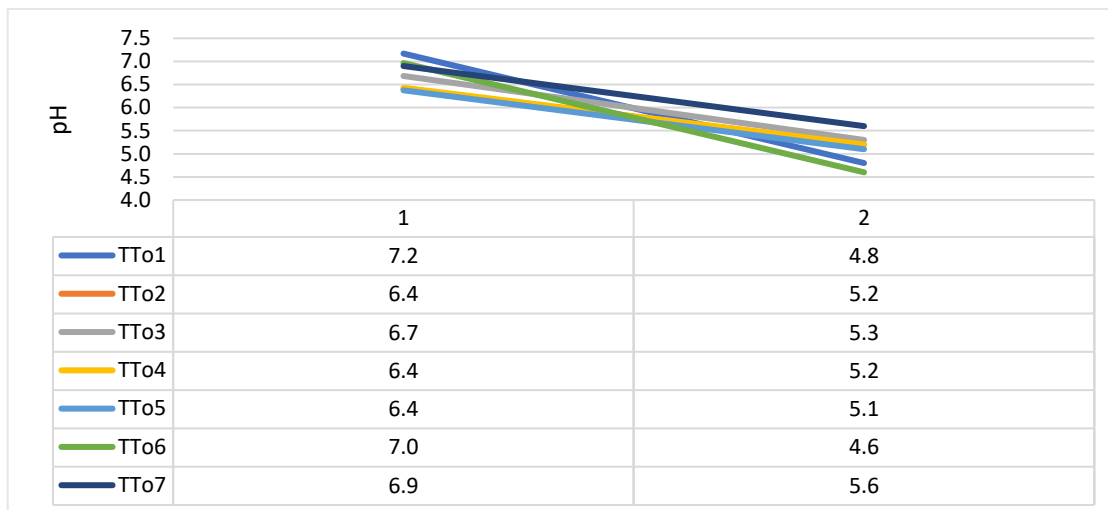
*Comportamiento de pH en las cuatro fases del compostaje*

TRATAMIENTO	FASES			
	Mesófila	Termófila	Enfriamiento	Maduración
T7	5.60 ± 0.64 <sup>d</sup>	7.20 ± 0.24 <sup>a</sup>	6.00 ± 0.20 <sup>b</sup>	7.10 ± 0.23 <sup>c</sup>
T6	4.60 ± 0.18 <sup>a</sup>	8.10 ± 0.28 <sup>bc</sup>	5.50 ± 0.30 <sup>a</sup>	6.50 ± 0.23 <sup>ab</sup>
T1	4.80 ± 0.02 <sup>a</sup>	8.10 ± 0.30 <sup>bc</sup>	5.40 ± 0.04 <sup>a</sup>	6.40 ± 0.19 <sup>ab</sup>
T5	5.10 ± 0.52 <sup>b</sup>	8.30 ± 0.15 <sup>c</sup>	5.53 ± 0.06 <sup>a</sup>	6.63 ± 0.21 <sup>b</sup>
T2	5.20 ± 0.19 <sup>bc</sup>	7.90 ± 0.24 <sup>b</sup>	5.20 ± 0.09 <sup>a</sup>	6.20 ± 0.17 <sup>a</sup>
T4	5.20 ± 0.33 <sup>bc</sup>	8.30 ± 0.23 <sup>c</sup>	5.47 ± 0.15 <sup>a</sup>	6.70 ± 0.13 <sup>b</sup>
T3	5.37 ± 0.01 <sup>c</sup>	8.00 ± 0.14 <sup>b</sup>	5.30 ± 0.30 <sup>a</sup>	6.30 ± 0.14 <sup>a</sup>

Letras diferentes en la misma columna representa diferencias significativas.

**Figura 4.**

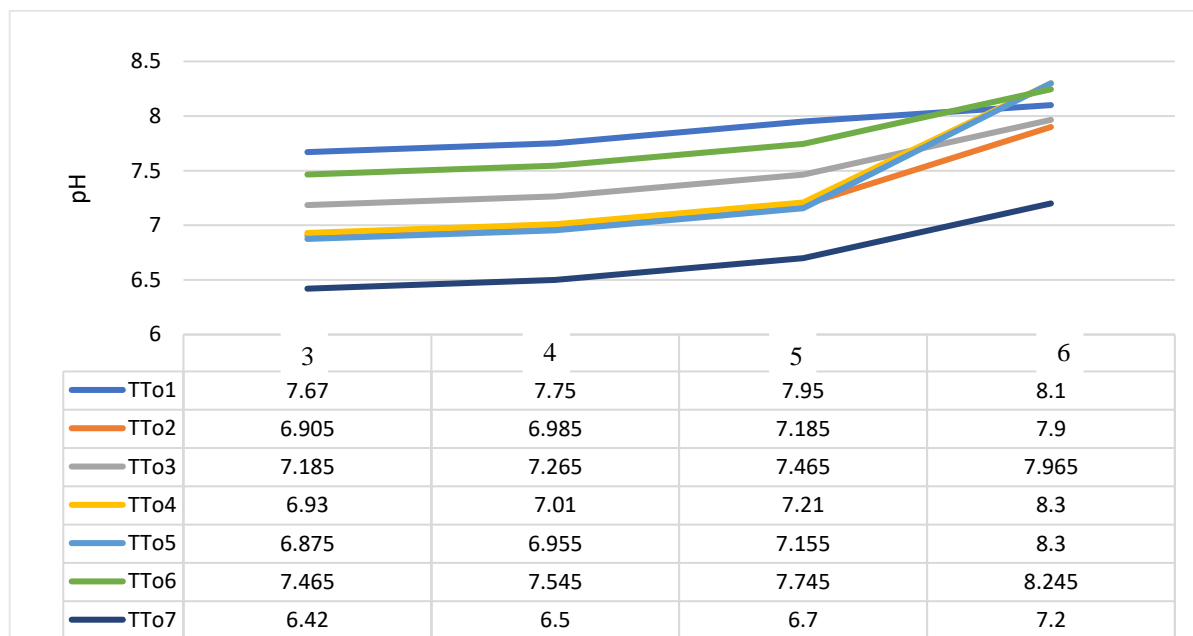
*Gráfico de evolución del pH en la fase mesófila de elaboración de compost*



*Nota:* En la figura 3, representa la variación del pH durante la fase mesófila entre la primera y segunda semana.

**Figura 5.**

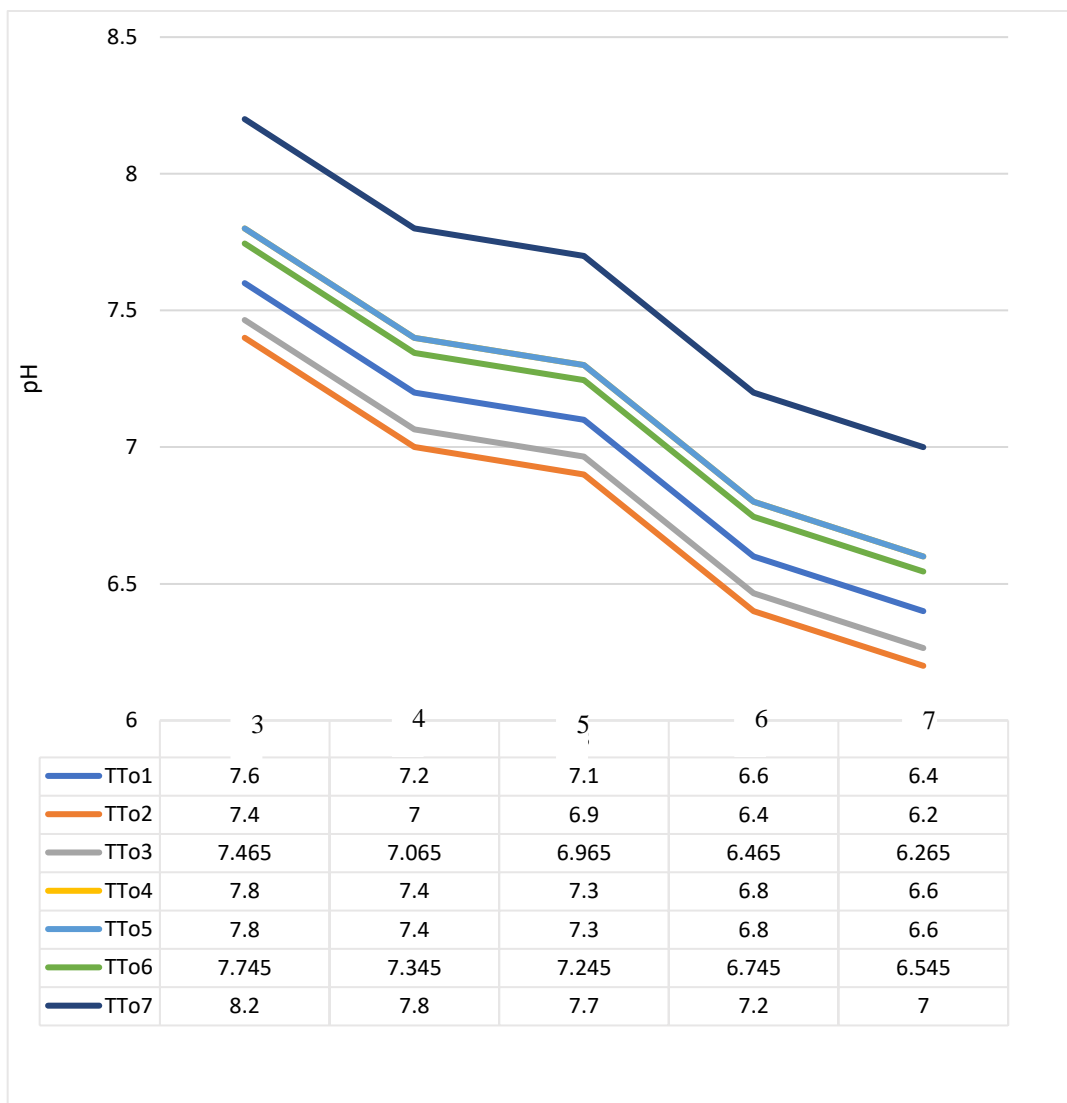
*Gráfico de evolución del pH en la fase termófila de elaboración de compost*



*Nota:* En la figura 4, representa la evolución del pH, en la cual se aprecia que todos los tratamientos mostraron una tendencia de incremento del pH entre la 3°, 4°, 5° y 6° semana, periodo que duro esta fase.

**Figura 6.**

*Gráfico de evolución del pH en la fase de enfriamiento de elaboración de compost*

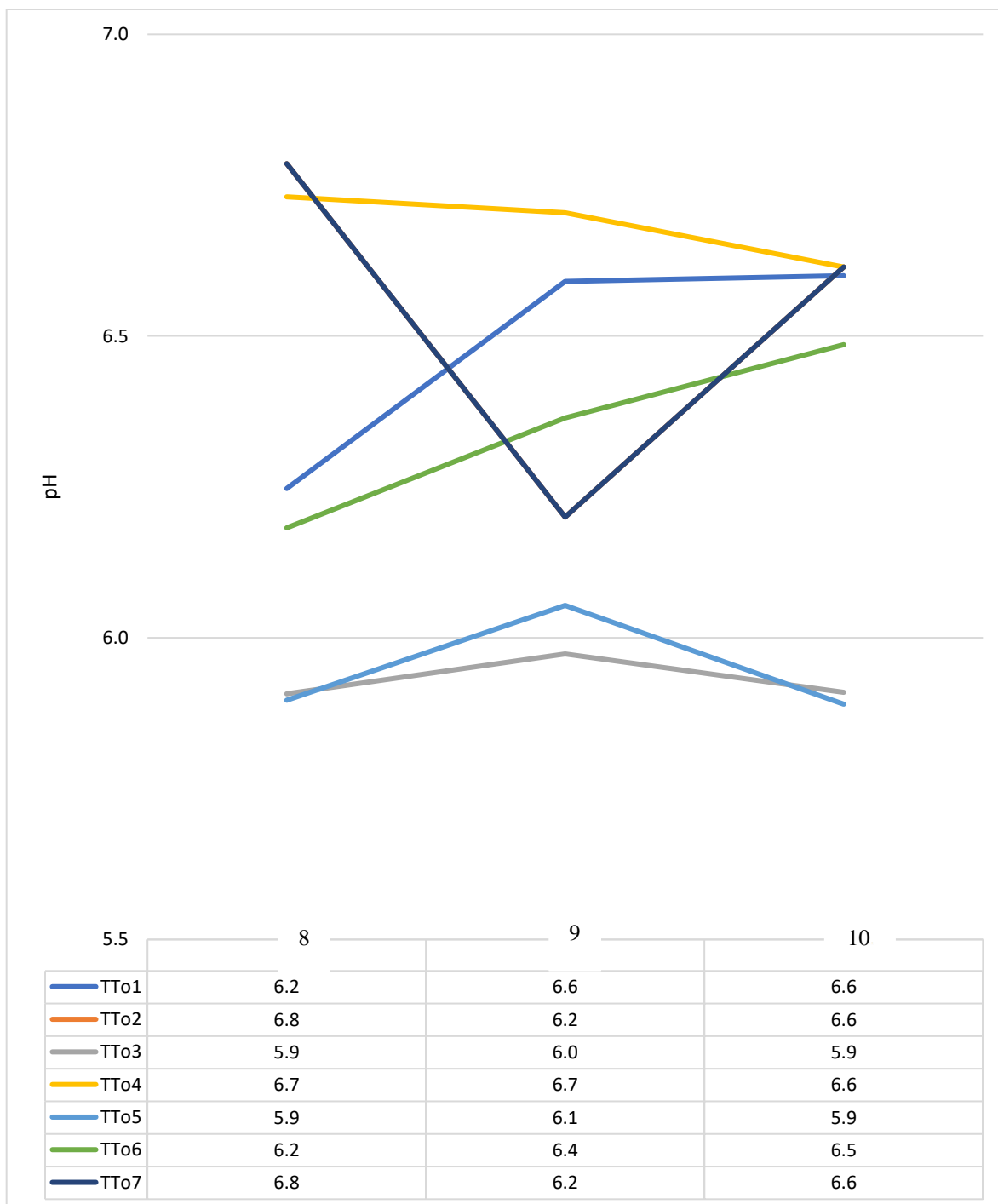


*Nota:* En la figura 5 representa la evolución del pH, en la cual se aprecia que todos los tratamientos en la fase de enfriamiento evidenciaron una tendencia decreciente del pH conforme se iba dando esta fase.



**Figura 7.**

*Gráfico de evolución del pH en la fase de maduración de elaboración de compost*



*Nota:* En la figura 6, representa la evolución del pH, en la cual se aprecia que todos los tratamientos en la fase maduración evidenciaron un comportamiento de estabilización del pH conforme se iba dando esta fase.

### 3.1.2. Comportamiento de la temperatura

La Tabla 10 muestra cómo varía la temperatura a lo largo de las cuatro fases del proceso de compostaje para cada tratamiento experimental. En la fase mesófila (Figura 7), el tratamiento 5 presentó la temperatura más alta, seguido por los tratamientos 6 y 4 con 29.7 y 27.2 °C, respectivamente, mientras que el tratamiento 1 tuvo la temperatura más baja con 23.17 °C.

Durante la fase termófila (Figura 8), el tratamiento 5 alcanzó el valor más alto con 72.48 °C, seguido por los tratamientos 3 y 6 con 71.36 y 67.69 °C, respectivamente. El tratamiento 1 tuvo el valor más bajo con 61.73 °C.

En la fase de enfriamiento (Figura 9), el tratamiento 5 presentó la temperatura más alta con 25.68 °C, seguido por los tratamientos 3 y 6 con 24.56 y 20.89 °C, respectivamente, mientras que el tratamiento 4 tuvo la temperatura más baja con 18.42 °C.

En la fase de maduración (Figura 10), el tratamiento 7 mostró la temperatura más alta con 32.83 °C, seguido por los tratamientos 5 y 6 con 32.33 y 27.54 °C, respectivamente. El tratamiento 1 tuvo la temperatura más baja en esta fase con 25.58 °C.

**Tabla 10.**

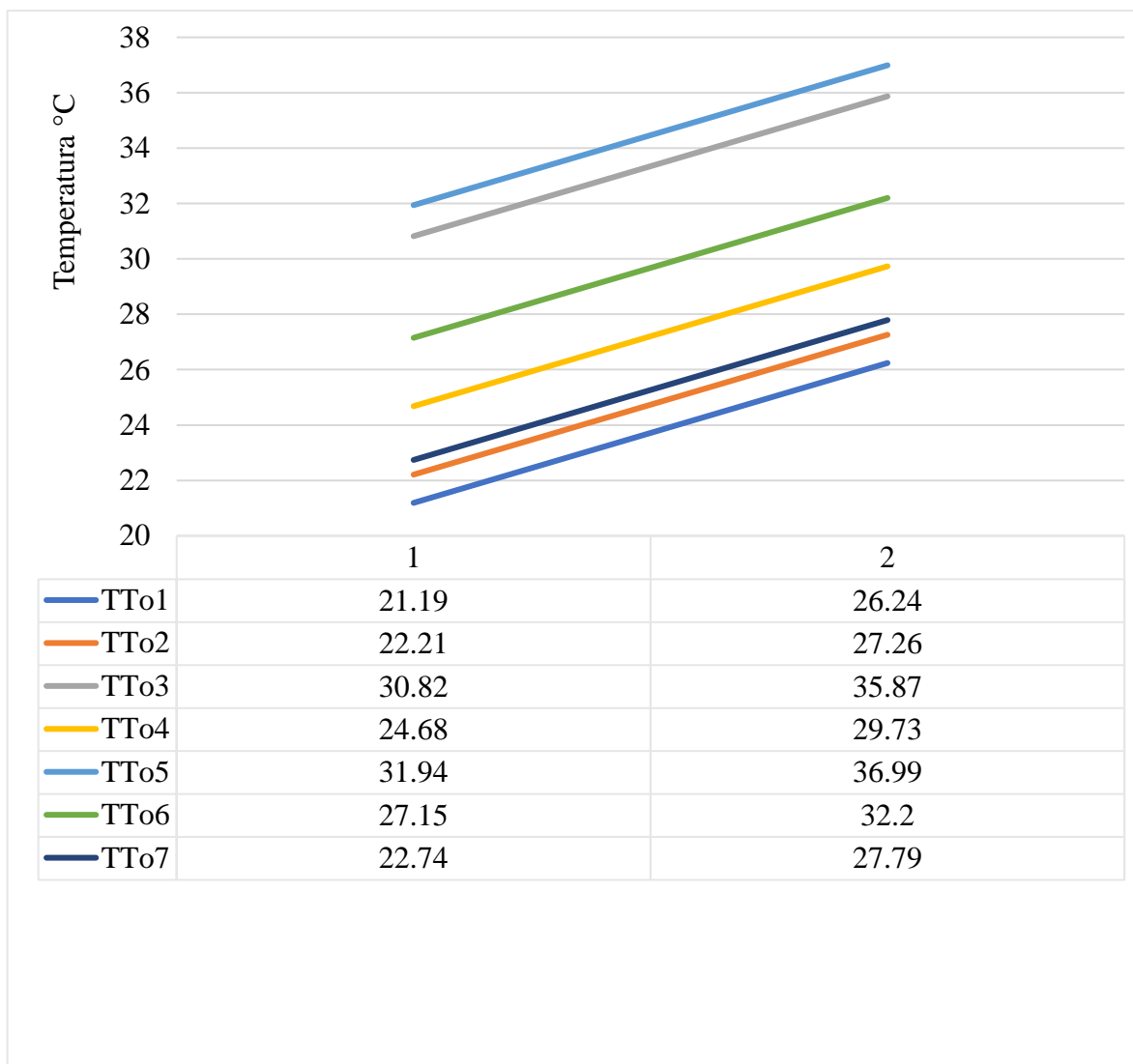
*Comportamiento de temperatura en las 4 fases del compostaje*

TRATAMIENTOS	FASES			
	Mesófila	Termófila	Enfriamiento	Maduración
T7	25.30 ± 0.44 <sup>ab</sup>	63.31 ± 2.49 <sup>c</sup>	17.68 ± 0.76 <sup>a</sup>	32.83 ± 1.13 <sup>g</sup>
T6	29.70 ± 3.22 <sup>d</sup>	67.69 ± 3.72 <sup>e</sup>	20.89 ± 0.11 <sup>d</sup>	27.54 ± 0.81 <sup>d</sup>
T1	23.17 ± 5.06 <sup>a</sup>	61.73 ± 2.16 <sup>a</sup>	18.93 ± 0.95 <sup>b</sup>	25.58 ± 3.57 <sup>b</sup>
T5	34.50 ± 7.64 <sup>f</sup>	72.48 ± 3.18 <sup>g</sup>	25.68 ± 0.51 <sup>e</sup>	32.33 ± 6.72 <sup>f</sup>
T2	24.40 ± 6.50 <sup>ab</sup>	62.75 ± 3.33 <sup>b</sup>	19.95 ± 1.34 <sup>c</sup>	26.60 ± 2.37 <sup>c</sup>
T4	27.20 ± 0.96 <sup>c</sup>	65.22 ± 3.53 <sup>d</sup>	18.42 ± 1.86 <sup>b</sup>	25.07 ± 2.05 <sup>a</sup>
T3	33.30 ± 1.39 <sup>e</sup>	71.36 ± 1.16 <sup>f</sup>	24.56 ± 0.40 <sup>e</sup>	31.21 ± 2.88 <sup>e</sup>

Letras diferentes en la misma columna representa diferencias significativas.

**Figura 8.**

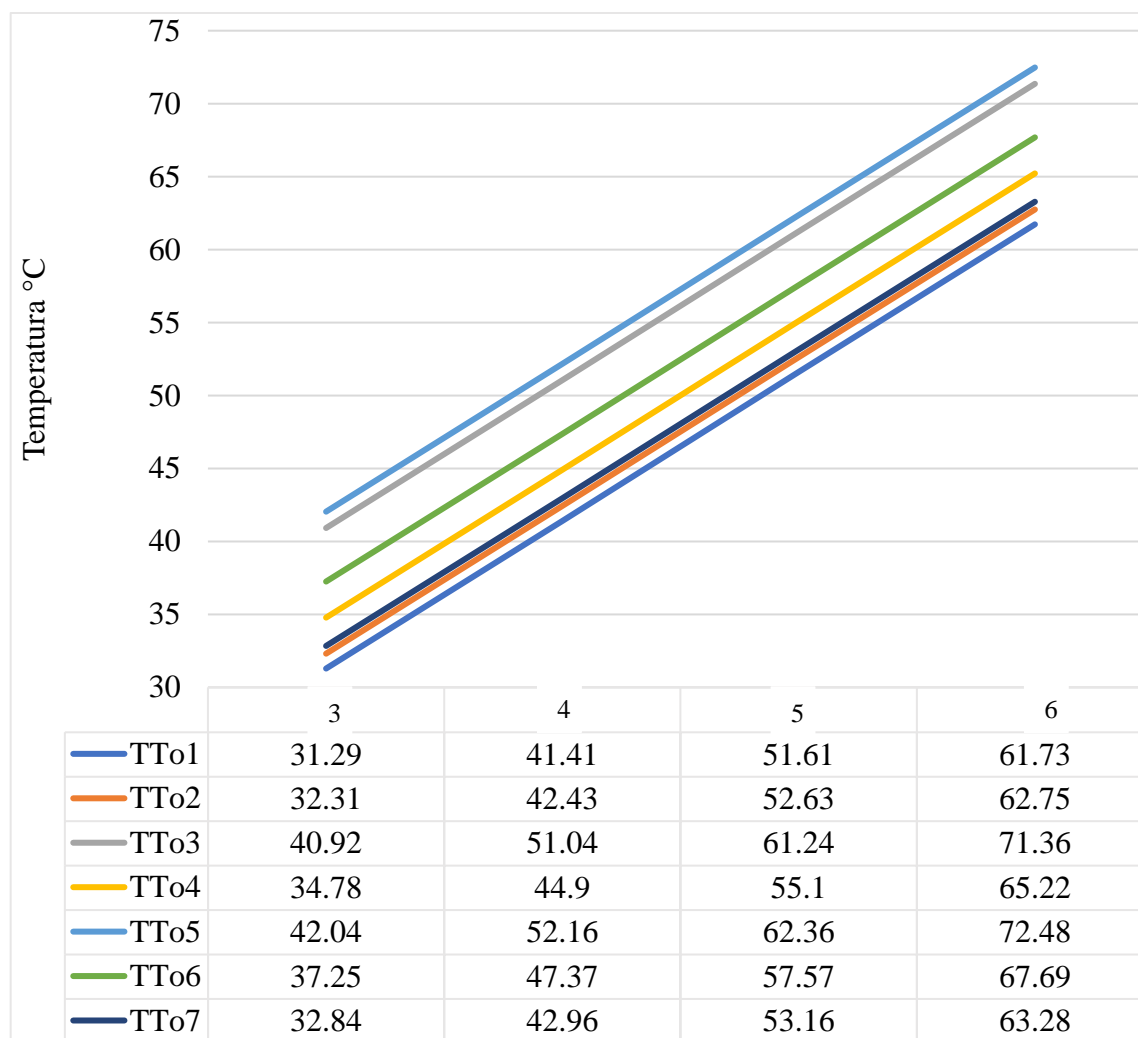
*Gráfico de evolución de la temperatura en la fase mesófila de elaboración de compost*



*Nota:* En la Figura 7, representa la evolución de temperatura, en la cual se aprecia que todos los tratamientos en la fase mesófila evidenciaron una tendencia de incremento de la temperatura conforme se iba dando esta fase.

**Figura 9.**

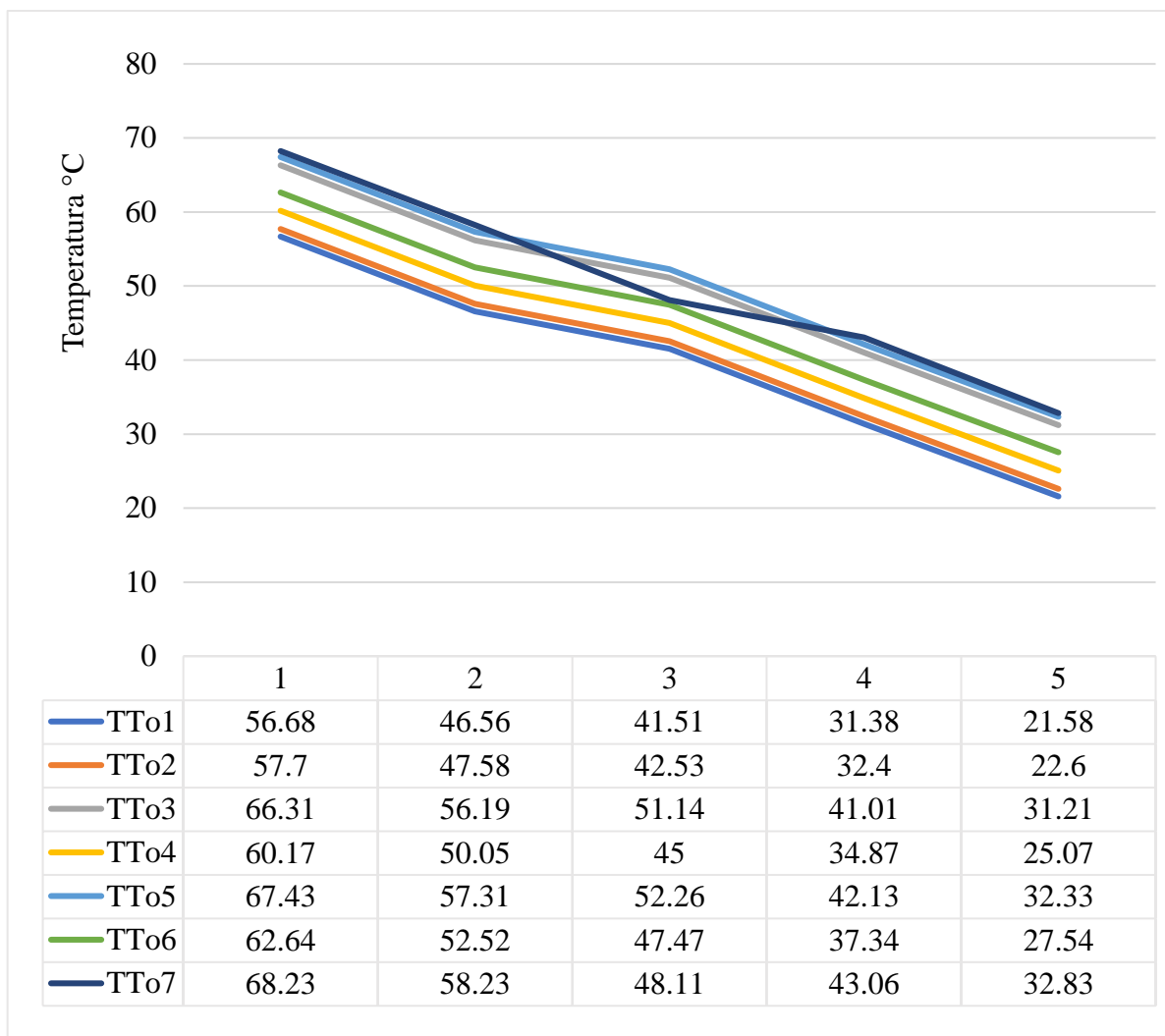
*Gráfico de evolución de la temperatura en la fase termófila de elaboración de compost*



*Nota:* En la figura 5, representa la evolución de temperatura, en la cual se aprecia que todos los tratamientos en la fase termófila evidenciaron una tendencia de incremento de la temperatura conforme se iba dando esta fase.

**Figura 10.**

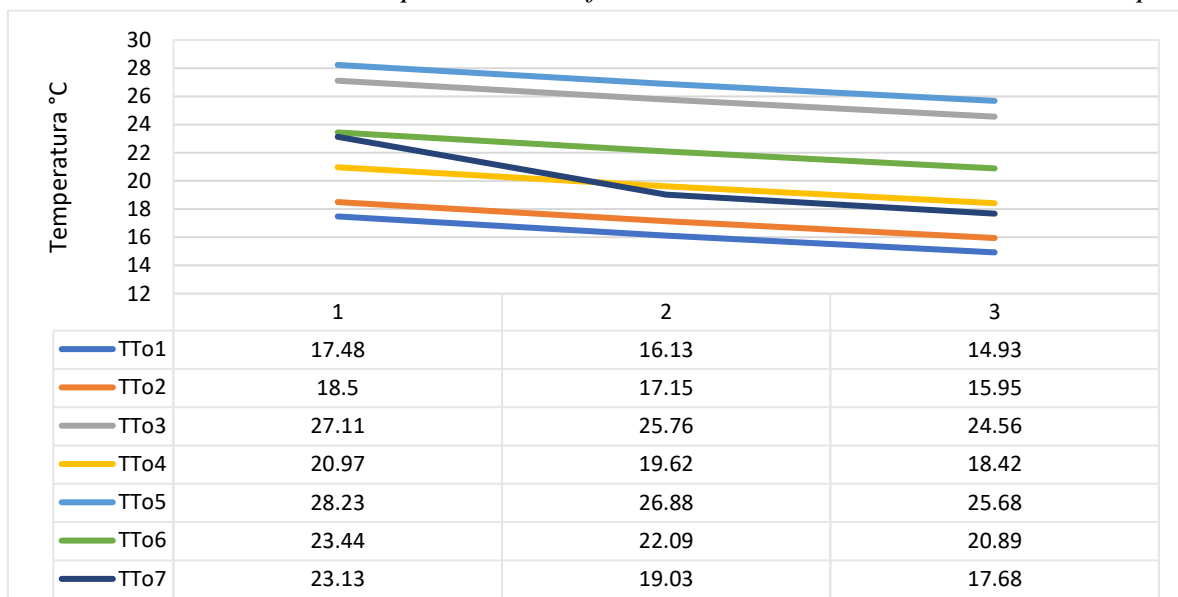
*Gráfico de evolución de la temperatura en la fase de enfriamiento de elaboración de compost*



*Nota:* En la figura 9, representa la evolución de temperatura, en la cual se aprecia que todos los tratamientos en la fase enfriamiento evidenciaron una tendencia decreciente en la temperatura conforme se iba dando esta fase.

**Figura 11.**

Gráfico de evolución de la temperatura en la fase de maduración de elaboración de compost



*Nota:* En la figura 10, representa la evolución de temperatura, en la cual podemos observar que todos los tratamientos en la fase enfriamiento evidenciaron una tendencia decreciente en la temperatura conforme se iba dando esta fase.

### 3.2. Efecto de los aditivos en los parámetros físicos

#### 3.2.1. Granulometría

En la granulometría (Tabla 11), los tratamientos que arrojaron los mayores porcentajes de tamaño de partícula en el rango de 19 – 5 mm fueron el T7, T4, T3 con 72.83%, 70.26% y 68.45%, respectivamente; siendo los tratamientos que arrojaron los porcentajes más bajos, T5 y T1 con 57.64% y 56.34% respectivamente.

**Tabla 11.**

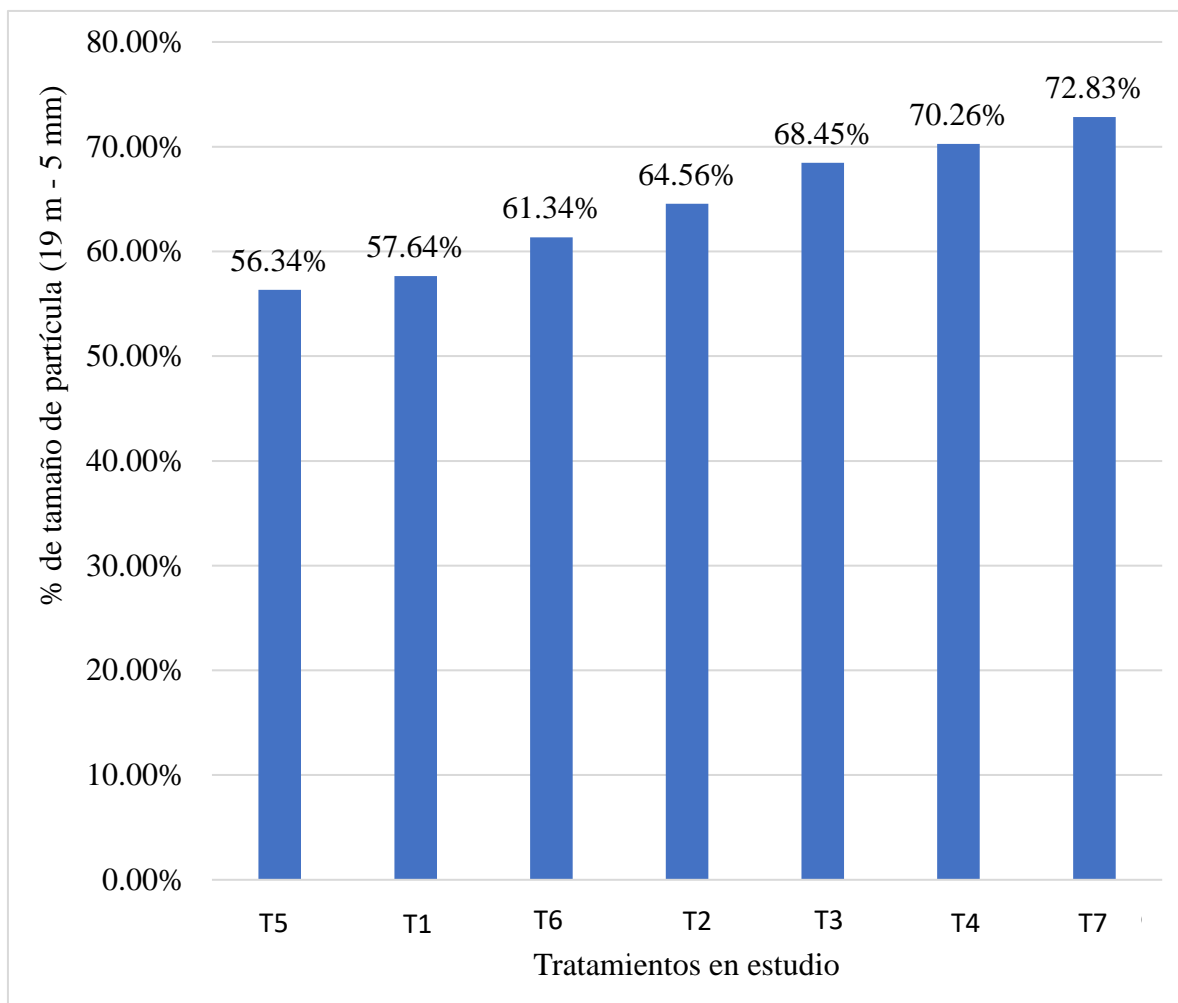
Prueba de comparación de medias para determinar el efecto de los aditivos sobre la granulometría del compost (19 – 5 mm).

Tratamientos	Granulometría
T7	0.73 ± 0.06 <sup>c</sup>
T6	0.61 ± 0.12 <sup>b</sup>
T1	0.58 ± 0.15 <sup>a</sup>
T5	0.56 ± 0.17 <sup>a</sup>
T2	0.65 ± 0.21 <sup>b</sup>
T4	0.70 ± 0.17 <sup>c</sup>
T3	0.68 ± 0.05 <sup>bc</sup>

Letras diferentes en la misma columna representa diferencias significativas.

**Figura 12.**

*Gráfico del porcentaje de tamaño de partícula según los tratamientos al culminar el proceso*



*de compostaje.*

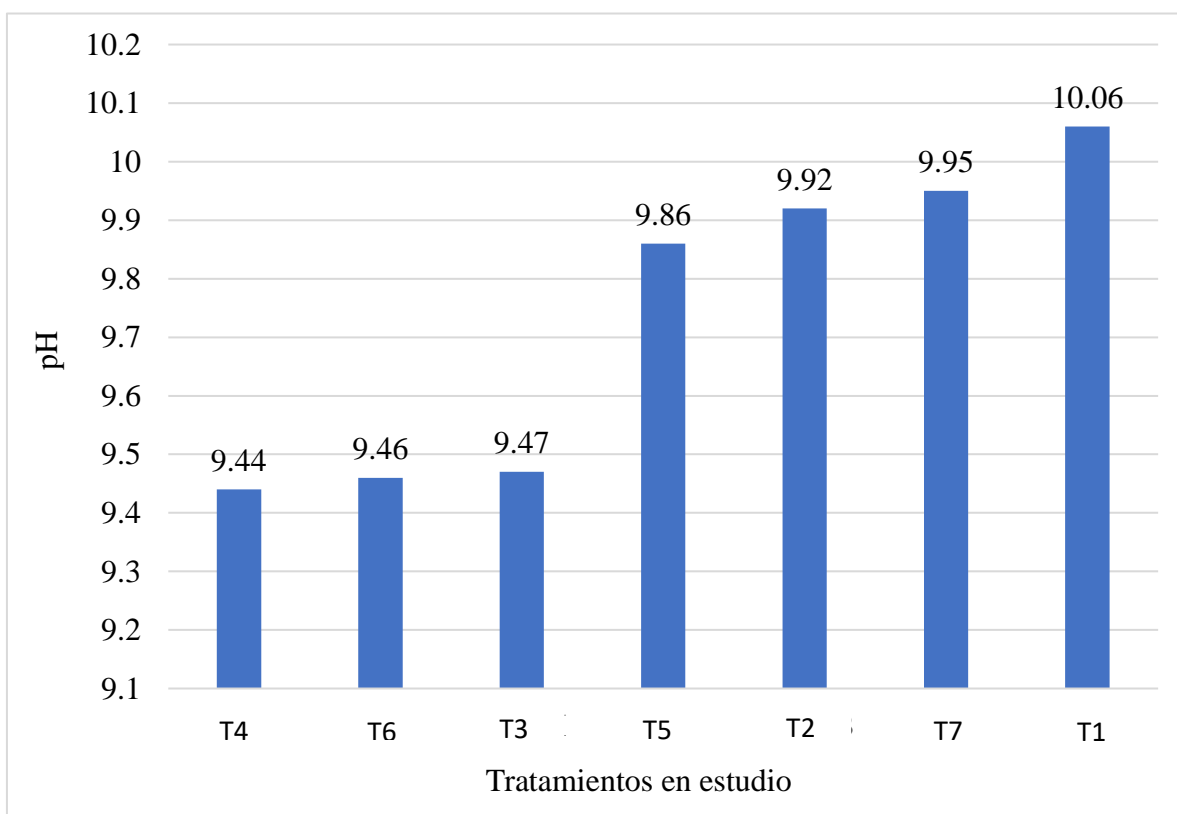
*Nota:* La figura 11, representa el tamaño de partícula en porcentaje obtenida de cada tratamiento al culminar el proceso de compostaje.

### 3.3. Efecto de los aditivos en los parámetros químicos mediante análisis de laboratorio del compost.

En cuanto al pH (Tabla 12), los tratamientos que registraron los valores más altos fueron T1, T7, T2 y T5 con 10.06, 9.95, 9.92 y 9.86, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. Por otro lado, los tratamientos con los valores de pH más bajos fueron T3, T6 y T4, con 9.47, 9.46 y 9.44, respectivamente (Figura 12).

**Figura 13.**

*Gráfico del porcentaje de pH según los tratamientos al culminar la elaboración de compost.*



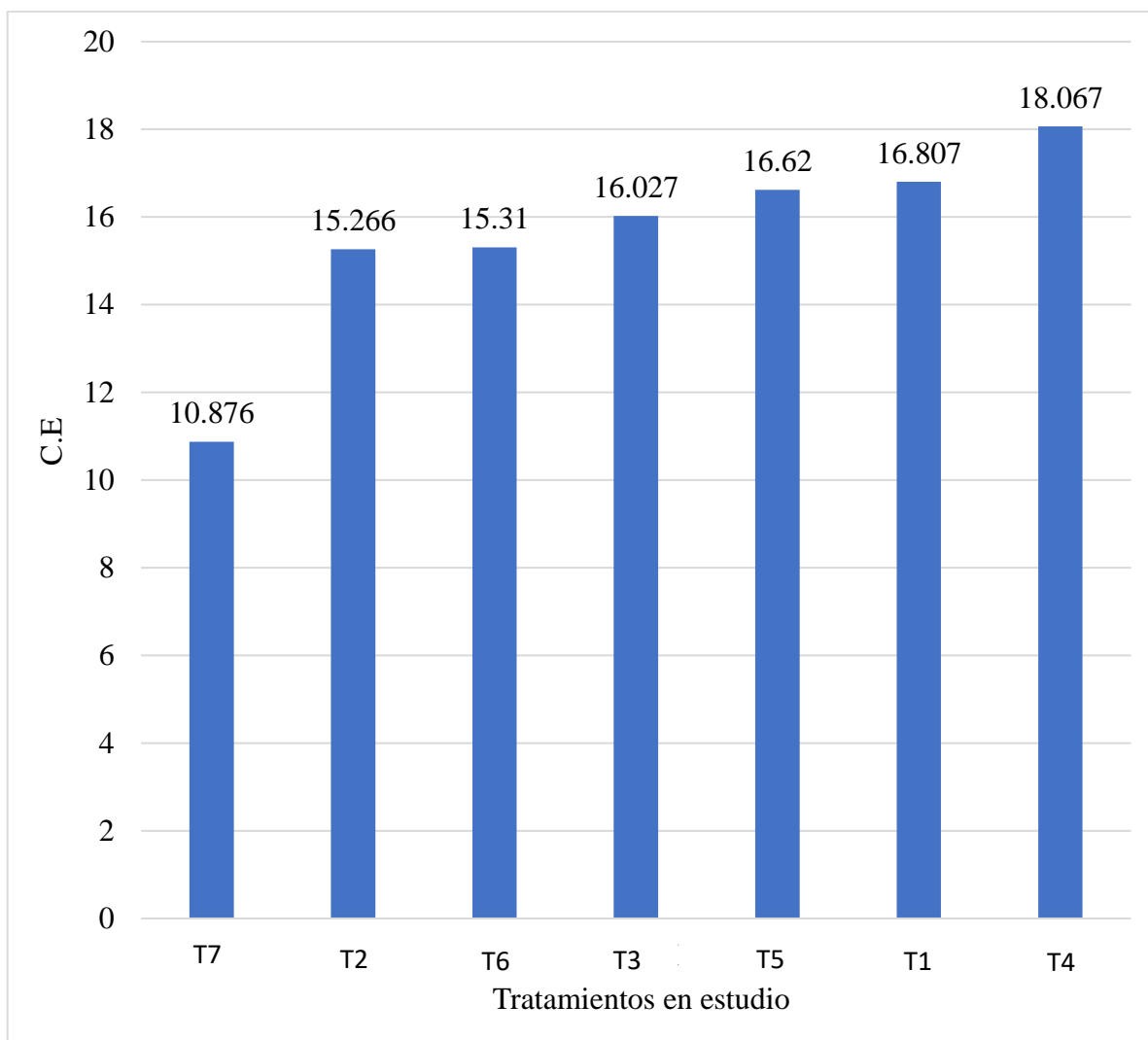
*Nota:* La figura 12, representa el porcentaje de pH según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

Para la conductividad eléctrica (C.E) (Tabla 12), los tratamientos que mostraron los valores más altos fueron T4, T1, T5, T3, T6 y T2 con 18.067, 16.807, 16.62, 16.027, 15.310 y 15.266, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. El tratamiento con el valor de C.E más bajo fue T7, con 10.876. (Figura 13)



**Figura 14.**

*Gráfico de la conductividad eléctrica según los tratamientos para la elaboración de compost.*

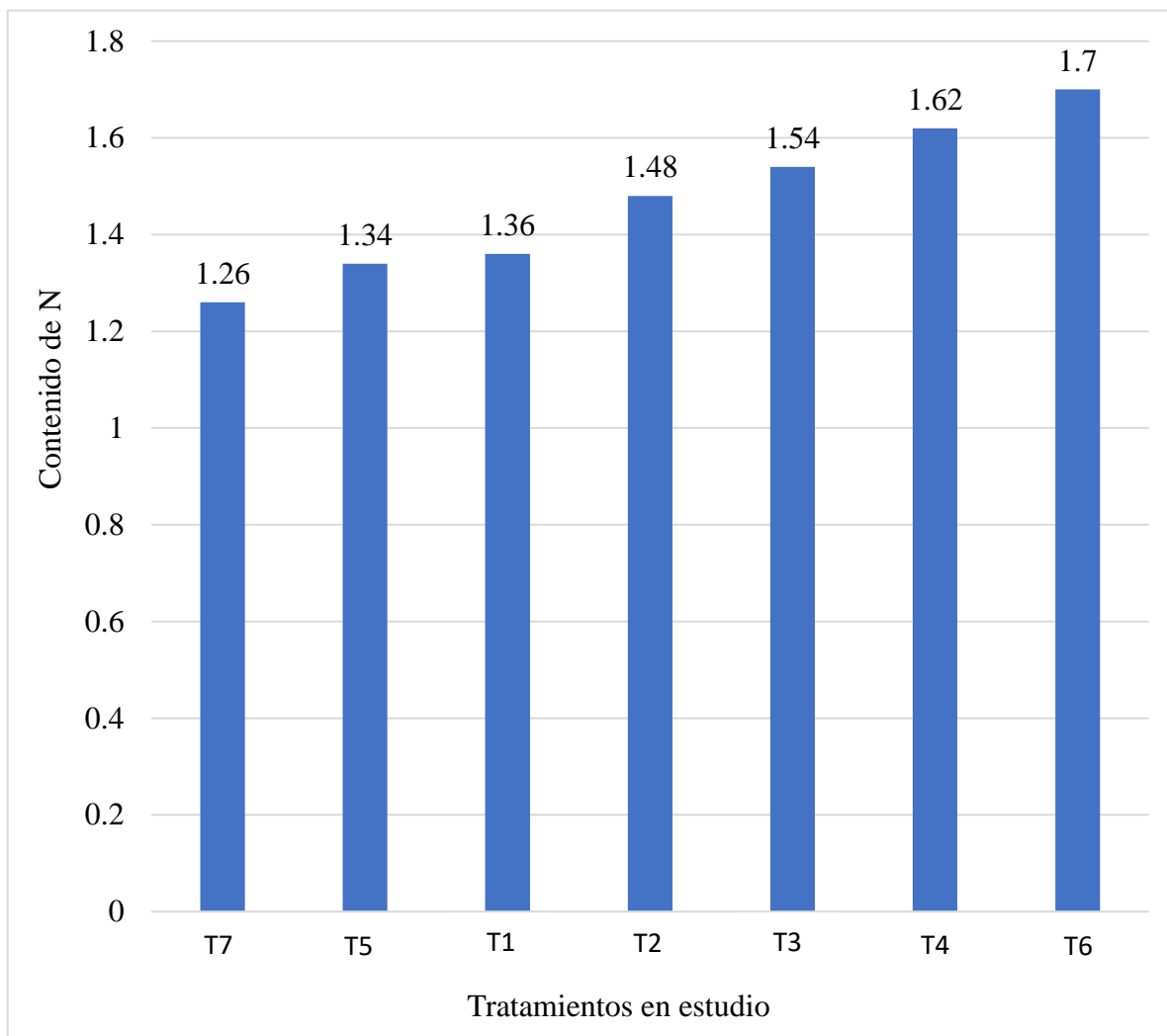


*Nota:* La figura 13, representa la conductividad eléctrica según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

Para el contenido de nitrógeno (N) (Tabla 12), muestra que todos los tratamientos fueron estadísticamente similares. Sin embargo, los tratamientos con los valores más altos de contenido de nitrógeno fueron T6, T4, T3 y T2 con 1.70, 1.62, 1.54 y 1.48, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos con los valores más bajos de contenido de nitrógeno fueron T1, T5 y T7 con 1.36, 1.34 y 1.26, respectivamente (Figura 14).

**Figura 15.**

*Gráfico del contenido de nitrógeno según los tratamientos para la elaboración de compost*

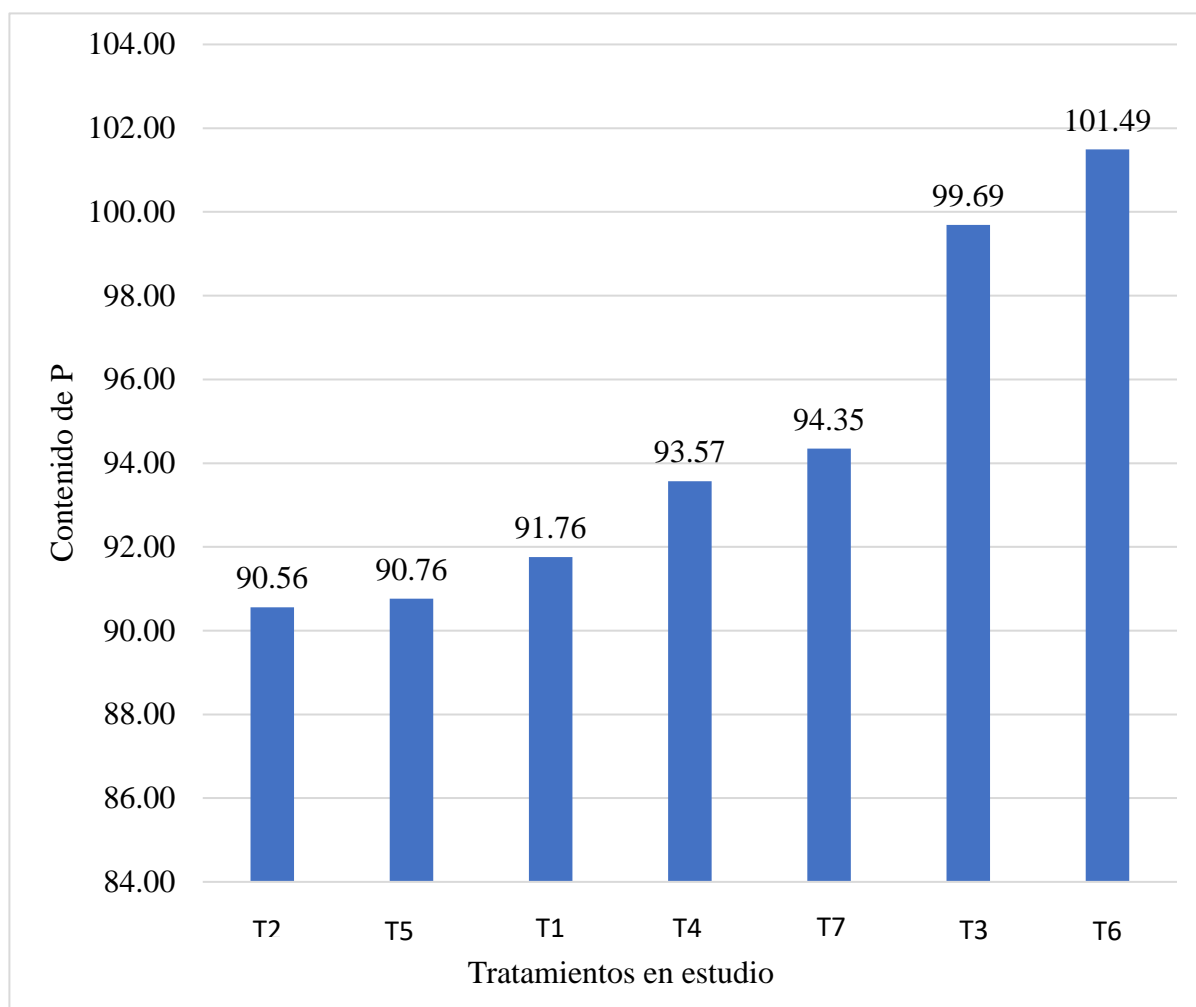


*Nota:* La figura 14, representa el contenido de N según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

Para el contenido de fósforo (P) (Tabla 12), todos los tratamientos fueron estadísticamente similares. Sin embargo, los tratamientos que mostraron los valores más altos de contenido de fósforo fueron T6, T3, T7 y T4 con 101.49, 99.69, 94.35 y 93.57, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos con los valores más bajos de contenido de fósforo fueron T1, T5 y T2 con 91.76, 90.76 y 90.56, respectivamente (Figura 15) .

**Figura 16.**

*Gráfico del contenido de P según los tratamientos para la elaboración de compost*

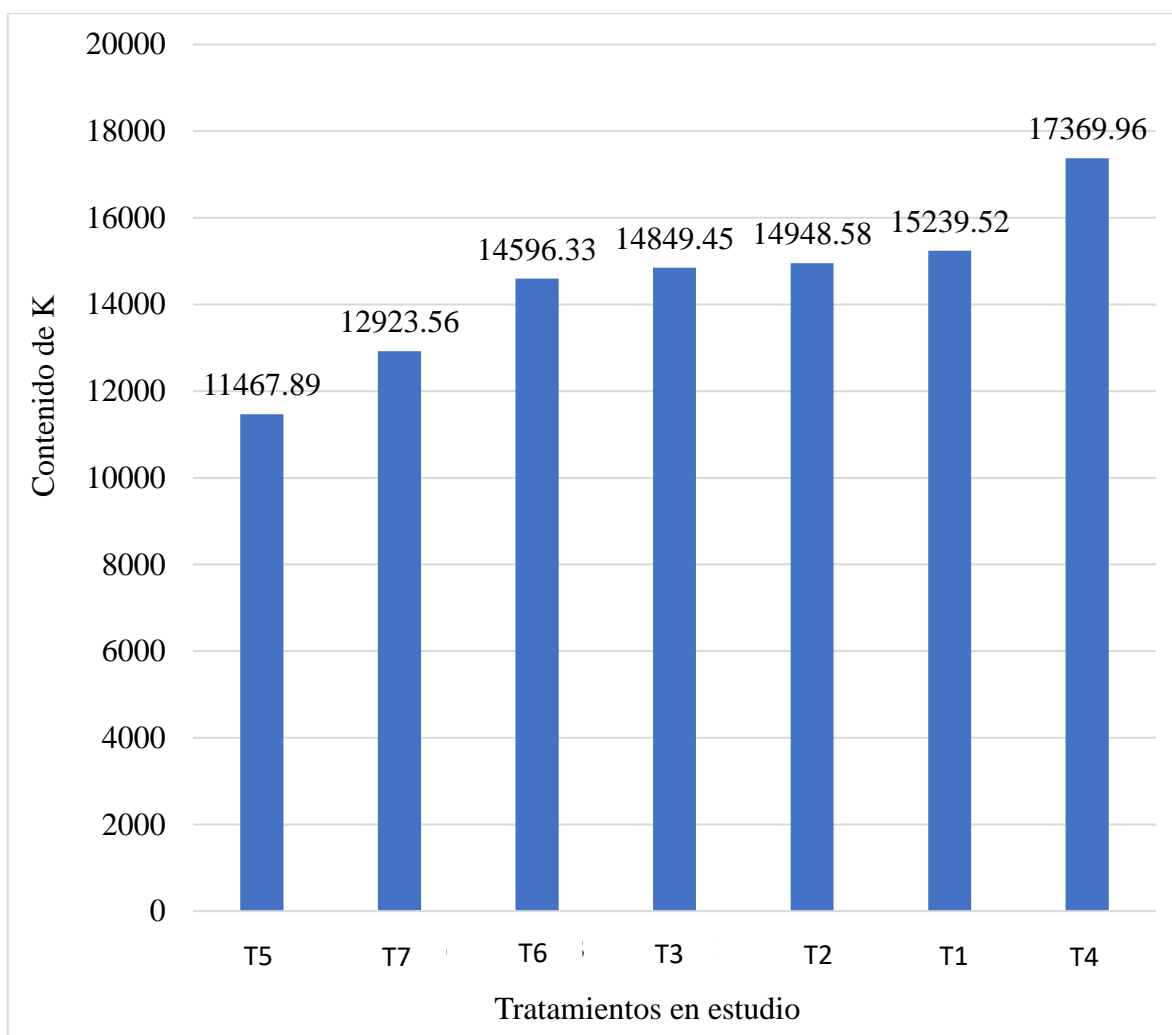


*Nota:* La figura 15, representa el contenido de P según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

Para el contenido de potasio (K) (Tabla 12), los tratamientos que registraron los valores más altos fueron T4, T1, T2, T3, T6 y T7 con 17369.96, 15239.52, 14948.58, 14849.45, 14596.33 y 12923.56, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. Por otro lado, el tratamiento que mostró el valor más bajo de contenido de potasio fue T5 con 11467.89 (Figura 16).

**Figura 17.**

*Gráfico del contenido de K según los tratamientos para la elaboración de compost.*

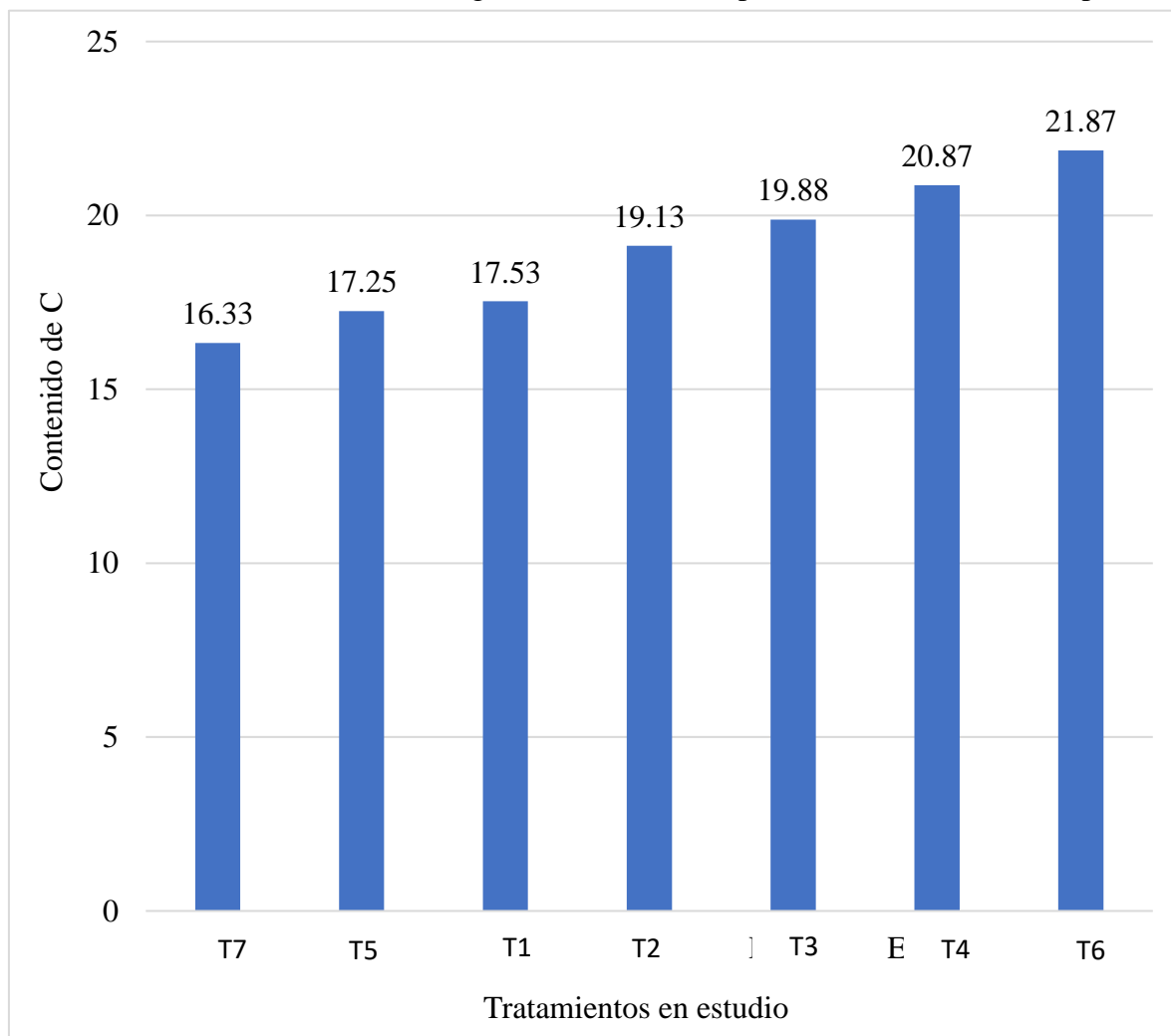


*Nota:* La figura 16, representa el contenido de K según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

Para el contenido de carbono (C) (Tabla 12), los tratamientos con los valores más altos de contenido de carbono fueron T6, T4, T3 y T2 con 21.87, 20.87, 19.88 y 19.13, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos con los valores más bajos de contenido de carbono fueron T1, T5 y T7 con 17.53, 17.25 y 16.33, respectivamente (Figura 17).

**Figura 18.**

Gráfico del contenido de carbono según los tratamientos para la elaboración de compost

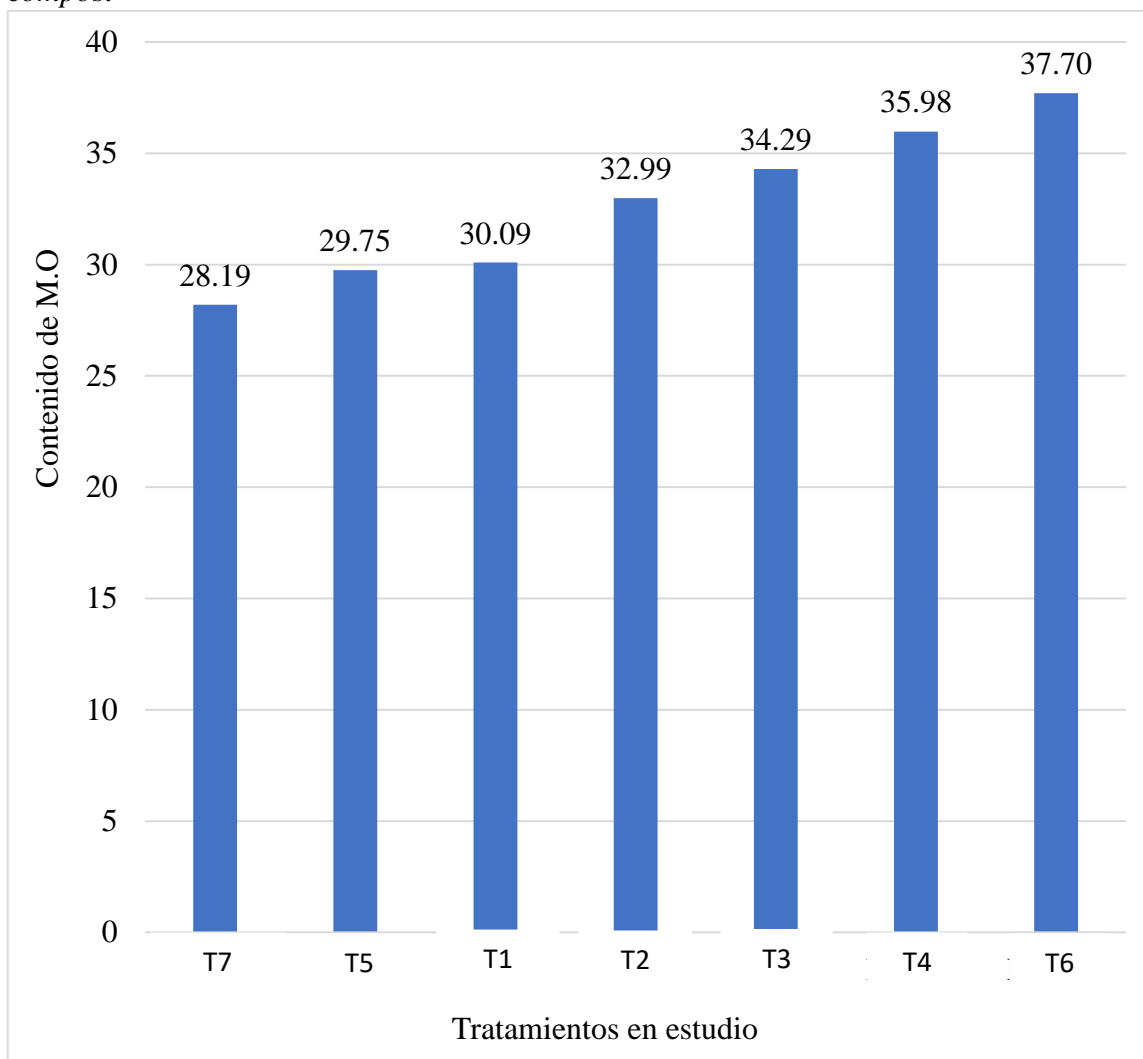


*Nota:* La figura 17, representa el contenido de carbono según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

Para el contenido de materia orgánica (M.O.) (Tabla 12), los tratamientos que mostraron los valores más altos fueron T6, T4, T3 y T2 con 37.70, 35.98, 34.29 y 32.99, respectivamente. Por otro lado, los tratamientos con los valores más bajos de contenido de materia orgánica fueron T1, T5 y T7 con 30.09, 29.75 y 28.19, respectivamente Figura 18.

**Figura 19.**

*Gráfico del contenido de Materia orgánica según los tratamientos para la elaboración de compost*



*Nota:* La figura 118, representa el contenido de M.O. según los tratamientos al culminar el proceso de compostaje.

**Tabla 12.***Efecto de los aditivos en pH, C.E, N, P, K, Carbono y M.O.*

Tratamientos	PARÁMETROS						
	pH	C.E	N	P	K	Carbono	M.O
T7	9.95 ± 0.02 <sup>b</sup>	10.88 ± 1.7 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.1 <sup>a</sup>	94.35 ± 3.9 <sup>a</sup>	12923.6 ± 180.9 <sup>ab</sup>	16.33 ± 1.3 <sup>a</sup>	28.19 ± 2.1 <sup>a</sup>
T6	9.46 ± 0.13 <sup>a</sup>	15.31 ± 0.4 <sup>ab</sup>	1.70 ± 0.4 <sup>a</sup>	101.5 ± 1.9 <sup>a</sup>	14596.3 ± 114.2 <sup>ab</sup>	21.87 ± 4.6 <sup>a</sup>	37.70 ± 7.9 <sup>a</sup>
T1	10.06 ± 0.34 <sup>b</sup>	16.81 ± 2.9 <sup>ab</sup>	1.36 ± 0.5 <sup>a</sup>	91.76 ± 4.2 <sup>a</sup>	15239.5 ± 306.0 <sup>ab</sup>	17.53 ± 6.6 <sup>a</sup>	30.09 ± 1.4 <sup>a</sup>
T5	9.86 ± 0.11 <sup>b</sup>	16.62 ± 2.8 <sup>ab</sup>	1.34 ± 0.1 <sup>a</sup>	90.77 ± 0.1 <sup>a</sup>	11467.9 ± 123.1 <sup>a</sup>	17.25 ± 0.5 <sup>a</sup>	29.75 ± 0.8 <sup>a</sup>
T2	9.92 ± 0.08 <sup>b</sup>	15.27 ± 4.8 <sup>ab</sup>	1.48 ± 0.1 <sup>a</sup>	90.57 ± 0.8 <sup>a</sup>	14948.6 ± 50.6 <sup>ab</sup>	19.13 ± 0.6 <sup>a</sup>	32.99 ± 1.1 <sup>a</sup>
T4	9.45 ± 0.25 <sup>a</sup>	18.07 ± 3.6 <sup>b</sup>	1.62 ± 0.1 <sup>a</sup>	93.57 ± 0.5 <sup>a</sup>	17369.9 ± 23.5 <sup>b</sup>	20.87 ± 1.2 <sup>a</sup>	35.97 ± 2.1 <sup>a</sup>
T3	9.47 ± 0.14 <sup>a</sup>	16.03 ± 3.4 <sup>ab</sup>	1.54 ± 0.1 <sup>a</sup>	99.69 ± 7.4 <sup>a</sup>	14849.4 ± 198.8 <sup>ab</sup>	19.88 ± 0.7 <sup>a</sup>	34.29 ± 1.2 <sup>a</sup>

pH: Potencial hidrógeno, CE: Conductividad eléctrica, N: Nitrógeno, P: Fósforo, K: Potasio, C: Carbono, MO: Materia orgánica. Letras diferentes en la misma columna representan diferencias estadísticas significativas

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Comportamiento del pH y la temperatura durante las cuatro fases del compostaje (mesófila, termófila, enfriamiento y madurez).

#### A. pH:

Durante las primeras etapas de un proceso de compostaje efectivo, los microorganismos actúan sobre los componentes orgánicos más susceptibles a la descomposición, lo cual conduce a una reducción gradual de los niveles de pH según Ayilara *et al.*, (2020). Este proceso implica la liberación de ácidos orgánicos como resultado de la descomposición de la materia orgánica más fácilmente degradable como afirma el autor (Sayara *et al.*, 2020)

En esta investigación, el tratamiento 7 mostró un mayor nivel de pH (5.6), lo cual podría atribuirse a la ausencia de aditivos como la melaza o sangre bovina esto se debe a que, tanto la melaza como la sangre bovina, por tener altos contenidos de azúcar y proteína, aceleran el crecimiento bacteriano, generando un incremento de los procesos enzimáticos según Suong *et al.*, (2020), por otro lado Czarnecka-Komorowska *et al.*, (2022), quien nos dice que, durante el proceso de compostaje se desarrollan diversos procesos, los cuales alteran el pH, esto se debe a que al incrementarse la carga bacteriana en el sustrato, se producen una serie de procesos metabólicos, los cuales inician la transformación de los complejos carbonados en ácidos grasos, lo que genera un descenso en el pH, el cual normalmente se da en la fase mesófila; por otro lado, Gurtler *et al.*, (2018), nos dicen que, en la fase termófila, el pH tiende a incrementarse, pudiendo llevar a valores superiores a 8.0, esto debido a la generación de amoníaco; del mismo modo, Mishra *et al.*, (2023) nos refieren que, en la fase de enfriamiento, se siguen desarrollando procesos de degradación, sobre todo de celulosa, sin embargo, en esta fase, el pH desciende nuevamente. Finalmente, Michiels *et al.*, (2021), nos dicen que en la etapa de maduración, se producen una serie de procesos secundarios de condensación y polimerización de los compuestos ricos de carbono, precursores de los ácidos húmicos y fúlvicos.



## **B. Temperatura:**

Durante las dos etapas iniciales del proceso de compostaje, el tratamiento 5 y 3 mostró un rendimiento destacado en cuanto a temperatura, debido a la adición de melaza y sangre bovina respectivamente. Estos ingredientes son ricos en azúcares y carbohidratos, favoreciendo un considerable aumento en la población bacteriana durante las fases iniciales del compostaje Sharma *et al.*, (2020). Este fenómeno se debe a que estos sustratos actúan como nutrientes, estimulando el crecimiento bacteriano y sus correspondientes procesos metabólicos, lo que resulta en incrementos significativos de temperatura Li *et al.*, (2020), tal como indica Stewart-Wade, (2020). Por otro lado, Jairath *et al.*, (2023) indican que el tipo de sustrato utilizado en la elaboración del compost está estrechamente relacionado con los incrementos de temperatura observados.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Sánchez *et al.*, (2017), quienes señalan que en las diferentes fases del compostaje existen cambios marcados de temperatura. En la fase mesófila, la temperatura aumenta hasta los 45°C debido al incremento de la actividad microbiana que estimula el crecimiento de bacterias mesófilas. Posteriormente, en la fase termófila, la temperatura puede alcanzar hasta 70°C, favoreciendo el crecimiento de bacterias termófilas, que son excelentes degradadoras de compuestos complejos como la celulosa y la lignina (cita). La fase de enfriamiento se caracteriza por una disminución de la temperatura hasta alrededor de 40°C, y finalmente, en la fase de maduración, la temperatura desciende a un rango de 20°C a 25°C.

### **4.2. Efecto de los aditivos en los parámetros físicos (granulometría y colorimetría) del compost.**

Los tratamientos T7, T4 y T3 mostraron los mejores porcentajes de tamaño de partícula (68%) de 5 a 19 mm, estos resultados permiten concluir que los compost obtenidos tienen un tamaño de partícula adecuado, convirtiéndolos en excelentes abonos para su aplicación en campo, tal como lo corrobora Czarnecka-Komorowska *et al.*, (2022), quienes indican que el tamaño óptimo de un compost

es mayor a 5 mm, ya que un tamaño inferior puede ocasionar problemas de compactación en el suelo, restringiendo el flujo de aire y provocando la acumulación de agua. Asimismo, Sánchez *et al.*, (2017) sostienen que una de las condiciones para determinar un buen proceso de compostaje es el tamaño de partícula alcanzado, el cual debe estar en el rango de 5 mm a 20 mm. Del mismo modo, Camacho Macedo, (2017) afirma que el tamaño de partícula del compost debe ser mayor de 5 mm, ya que esto favorece el crecimiento de las raíces, mejora la aireación del suelo y el flujo del agua.

#### **4.3. Efecto de los aditivos en los parámetros químicos mediante análisis de laboratorio del compost**

Durante el análisis de los tratamientos evaluados, no se observaron diferencias estadísticamente significativas, salvo en los parámetros de pH y conductividad eléctrica, donde se detectó una leve disparidad. Estos hallazgos sugieren que los aditivos utilizados tuvieron un impacto relevante principalmente en el tiempo requerido para la maduración del compost. Estudios similares han mostrado variabilidad en los resultados de compostaje. Por ejemplo, Camacho Macedo (2017) investigó compost elaborado con subproductos del camal de Huaraz, obteniendo rangos de pH (9.6 – 9.43) y conductividad eléctrica (6.7 ds/m – 5.50 ds/m), entre otros parámetros. Además, Sánchez *et al.*, (2017) indican valores ideales para compost, incluyendo pH (7.0 – 8.0) y materia orgánica (>20%). Rodríguez Flores, (2022) propone valores óptimos diferentes, como pH (4.5 – 6.0) y contenido de nitrógeno (3491.05 mg/kg – 9727.65 mg/kg), mientras que Bujaico Aliaga, (2018) presenta rangos específicos para compost de residuos de camal y materiales vegetales, como pH (8.8 – 7.8) y contenido de materia orgánica (60.4% - 68.4%).

## **VI. CONCLUSIONES**

- Existen diferencias significativas de los valores de pH en los tratamientos debido a que los aditivos afectaron los tiempos de duración de las fases termófila y de enfriamiento del compost. En particular, el tratamiento T7 mostró temperaturas más altas al final de la fase termófila y al inicio de la fase de enfriamiento en comparación con los otros tratamientos, concluyendo que sí que hubo una diferencia de aproximadamente una semana en los tiempos necesarios para completar el compostaje entre el T7 y los demás tratamientos.
- La adición de los dos aditivos afectó el tamaño de las partículas del compost (9 – 15 mm). Los tratamientos estudiados mostraron un tamaño de partícula más pequeño que el T7, aunque los tratamientos T4 y T3 arrojaron valores estadísticamente similares a T7, con medidas de 0.7026 y 0.6845 mm respectivamente.
- Los aditivos utilizados durante la producción del compost no tuvieron un impacto significativo en los parámetros químicos del compost obtenido. Se observó una diferencia estadística solo en el pH, la conductividad eléctrica y el contenido de potasio. En contraste, los contenidos de nitrógeno, fósforo, carbono y materia orgánica mostraron similitudes estadísticas entre todos los tratamientos, incluyendo el T7.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Es esencial cuando se planifica realizar compostaje, considerar las características de los materiales a utilizar, ya que el resultado final dependerá en gran medida de la materia prima empleada. Por lo tanto, sugiero la trituración o el corte de los materiales antes de su utilización, ya que esto favorecerá el proceso de descomposición y facilitará la actividad de los microorganismos involucrados.
- Es importante realizar volteos en el compost de forma regular, ya que la aireación es esencial para regular las altas temperaturas. Estas altas temperaturas son producidas por un proceso anaeróbico que puede resultar perjudicial, ya que puede eliminar microorganismos, comprometiendo la eficacia del compostaje.
- Es necesario llevar a cabo investigaciones para evaluar el impacto de diversos aditivos orgánicos, como la melaza, la sangre bovina, entre otros, con el objetivo de mejorar la calidad del compost y reducir el tiempo necesario para el proceso. Es esencial considerar las proporciones adecuadas de estos aditivos para evitar desequilibrios durante el compostaje.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegbeye, M. J., Reddy, P. R. K., Obaisi, A. I., Elghandour, M. M. M. Y., Oyebamiji, K. J., Salem, A. Z. M., ... & Camacho-Díaz, L. M. (2020). Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations-An overview. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118319.
- Aguilar-Paredes, A., Valdés, G., Araneda, N., Valdebenito, E., Hansen, F., & Nuti, M. (2023). Microbial community in the composting process and its positive impact on the soil biota in sustainable agriculture. *Agronomy*, 13(2), 542.
- Ale Ayala, I. M. (2023). Elaboración de compost con estiércol de vacuno y de pollo, más paleta seca de *Opuntia ficus indica*, bajo tres relaciones carbono/nitrógeno.
- Álvarez-Sánchez, A. R., Llerena-Ramos, L. T., & Reyes-Pérez, J. J. (2021). Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Alves, D., Villar, I., & Mato, S. (2024). Community composting strategies for biowaste treatment: methodology, bulking agent and compost quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(7), 9873-9885.
- Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 7(4), 369-388.
- Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*, 12(11), 4456.
- Chen, H., Awasthi, S. K., Liu, T., Duan, Y., Ren, X., Zhang, Z., Pandey, A., & Awasthi, M. K. (2020). Effects of microbial culture and chicken manure biochar on compost maturity and greenhouse gas emissions during chicken manure composting. *Journal of Hazardous Materials*, 389(November), 121908. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121908>
- Bujaico Aliaga, B. M. (2018). Influencia del uso de residuos de camal, materiales vegetales y estiércol en la calidad de compost. Provincia de Chupaca – Junín 2017. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5129>
- Camacho Macedo, M. S. (2017). Compostaje de subproductos derivados del sacrificio y

- faenado de ganado del camal municipal de Huaraz, utilizando diferentes sustratos. Repositorio Institucional Digital - UNASAM. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2014>
- Czarnecka-Komorowska, D., Tomasiak, M., Thakur, V. K., Kostecka, E., Rydzkowski, T., Jursa-Kulesza, J., Bryll, K., Mysłowski, J., & Gawdzińska, K. (2022). Biocomposite composting based on the sugar-protein condensation theory. *Industrial Crops and Products*, 183, 114974. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114974>
- Guerrero Caro, R. B. (2021). Determinación de la relación c/n óptima para la obtención de un compost de buena calidad de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Independencia–Huaraz–Ancash, 2017–2019.
- Gurtler, J. B., Doyle, M. P., Erickson, M. C., Jiang, X., Millner, P., & Sharma, M. (2018). Composting To Inactivate Foodborne Pathogens for Crop Soil Application: A Review. *Journal of Food Protection*, 81(11), 1821-1837. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-217>
- Hongzhi, M., Huang, X., Xu, D., Shao, Q., Li, Q., Wang, H., & Ren, L. (2022). Determining the Effects of Compost Substitution on Carbon Sequestration, Greenhouse Gas Emission, Soil Microbial Community Changes, and Crop Yield in a Wheat Field. *Life*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/life12091382>
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario (INEI). [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1057/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1057/libro.pdf)
- Jairath, G., Verma, A. K., Rani, D., Marappan, G., Bs, Y., Singh, B., Mal, G., Gopinath, D., Sharma, R., Katoch, S., Rialch, A., & Singh, P. (2023). Self-fermented agro-wastes as antioxidant enriched maize grain replacer for sustainable animal feeding. *Journal of Cleaner Production*, 427, 139223. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139223>
- Króliczewska, B., Pecka-Kielb, E., & Bujok, J. (2023). Strategies used to reduce methane emissions from ruminants: controversies and issues. *Agriculture*, 13(3), 602
- Li, Y., Chen, Z., Peng, Y., Huang, W., Liu, J., Mironov, V., & Zhang, S. (2022). Deeper insights into the effects of substrate to inoculum ratio selection on the relationship of kinetic parameters, microbial communities, and key metabolic pathways during the anaerobic digestion of food waste. *Water Research*, 217, 118440.
- Michiels, F., Hubo, L., & Geeraerd, A. (2021). Why mass allocation with representative

allocation factor is preferential in LCA when using residual livestock products as organic fertilizers. *Journal of Environmental Management*, 297, 113337. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113337>

MINCETUR. (2017). REPORTE REGIONAL DE COMERCIO Exportaciones Sector – Producto. In *Dirección General De Investigación Y Estudios Sobre Comercio Exterior* (pp. 1–4). [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/estadisticas\\_y\\_publicaciones/estadisticas/reporte\\_regional/RRC\\_Amazonas\\_2017.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/reporte_regional/RRC_Amazonas_2017.pdf)

Mishra, M., Shukla, S., Mishra, A., Zohra, F., Singh, S., Kushwaha, A., Goswami, L., & Upadhyay, N. (2023). Chapter 12—Biotechnological interventions in the valorization of the organic waste. En C. M. Hussain, A. Kushwaha, R. N. Bharagava, & L. Goswami (Eds.), *Bio-Based Materials and Waste for Energy Generation and Resource Management* (Vol. 5, pp. 357-385). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91149-8.00002-8>

Morocho, M. (2012). Alternativas de manejo para reducir el impacto contaminante de las excretas bovinas en los establos lecheros [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. In *Universidad Politécnica de Chimborazo*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2111/1/17T1105.pdf>

Peng, L., Tang, R., Wang, G., Ma, R., Li, Y., Li, G., & Yuan, J. (2023). Effect of aeration rate, aeration pattern, and turning frequency on maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102997.

Rastogi, M., Nandal, M., & Khosla, B. (2020). Microbes as vital additives for solid waste composting. *Heliyon*, 6(2), e03343. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03343>

Raul, L., Apostol, T., & Stan, C. (2023, October). Optimizing Composting Efficiency and Odor Control in Intensive Tunnel Composting Systems: A Case Study of the Arad County Composting Facility. In *2023 11th International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM)* (pp. 1-5). IEEE.

Ren, X., Wang, Q., Li, R., Chang, C. C., Pan, J., & Zhang, Z. (2020). Effect of clay on greenhouse gas emissions and humification during pig manure composting as supported by spectroscopic evidence. *Science of the Total Environment*, 737, 139712. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139712>

Revuelta, M. (2018). Evaluación del proceso y viabilidad de compostaje con sangre bovina

- y estiércol generados en una planta de beneficio animal (Issue 3). Tesis para título, Universidad de la Costa – CUC Departamento.
- Rodriguez Flores, T. S. (2022). Influencia de los microorganismos benéficos y biofertilizantes en la calidad de compost a partir de los residuos orgánicos del distrito de Marcará – 2020. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5494>
- Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*, 69, 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1838.
- Sharma, P., Gaur, V. K., Kim, S. H., & Pandey, A. (2020). Microbial strategies for bio-transforming food waste into resources. *Bioresource technology*, 299, 122580.
- Suong, N. T. M., Paengkoum, S., Purba, R. A. P., & Paengkoum, P. (2022). Optimizing anthocyanin-rich black cane (*Saccharum sinensis* Robx.) silage for ruminants using molasses and iron sulphate: A sustainable alternative. *Fermentation*, 8(6), 248.
- Stewart-Wade, S. M. (2020). Efficacy of organic amendments used in containerized plant production: Part 2 – Non-compost-based amendments. *Scientia Horticulturae*, 260, 108855. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108855>
- Thomas, A. R., Arulraj, P. R., Kranert, M., & Philip, L. (2020). Investigation on greenhouse gas emissions and compost dynamics during in-vessel co-composting of septage and mixed organic wastes. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1675–1690. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02450-z>
- Velasco-Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J. ., & Parkinson, R. (2016). Emisión de amoniaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad*, 9(8), 45–51.
- Yaman, C. (2020). Monitoring of biochemical parameters and ghg emissions in bioaugmented manure composting. *Processes*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/PR8060681>



## ANEXOS

En el anexo 1, que contiene la prueba de comparación de medias (TUKEY) el análisis de varianza (ANOVA) para examinar la variación del pH durante la fase mesófila de diferentes tratamientos de compostaje, se aprecia que el valor de P (0.000) es menor que 0.05, lo que indica que las distintas combinaciones de materiales utilizadas en la elaboración del compost afectaron significativamente el pH durante la fase mesófila.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T6	3	4,6000			
T1	3	4,8000			
T5	3		5,1000		
T2	3		5,2000	5,2000	
T4	3		5,2000	5,2000	
T3	3			5,3667	
T7	3				5,6000
Sig.		,206	,847	,380	,102

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	2,031	6	,339	37.421	,000
Dentro de grupos	,127	14	,009		
Total	2,158	20			

En el anexo 2, que contiene la prueba de comparación de medias (TUKEY) y el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento del pH en la fase termófila de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que afirmar que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento del pH en la fase termófila.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T2	3	6,2000		
T3	3	6,3000		
T1	3	6,4000	6,4000	
T6	3	6,5000	6,5000	
T5	3		6,6333	

T4	3	6,7000	
T7	3		7,1000
Sig.		,075	,075 1,000

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	2,546	6	,424	42,429	,000
Dentro de grupos	,140	14	,010		
Total	2,686	20			

En el anexo 3, que contiene la prueba de comparación de medias (TUKEY) y el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento del pH en la fase de enfriamiento de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento del pH en la fase de enfriamiento.

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	1,626	6	,271	20,321	,000
Dentro de grupos	,187	14	,013		
Total	1,812	20			

En el anexo 4, que contiene la prueba de comparación de medias (TUKEY) y el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento del pH en la fase de maduración de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento del pH en la fase de maduración.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T2	3	5,2000	
T3	3	5,3000	
T1	3	5,4000	
T4	3	5,4667	
T6	3	5,5000	
T5	3	5,5333	
T7	3		6,0000
Sig.		,097	1,000

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	1,172	6	,195	10,798	,000
Dentro de grupos	,253	14	,018		
Total	1,426	20			

**Anexo 5.** Análisis de Varianza para determinar el efecto de la temperatura en la fase mesófila de elaboración de compost.

En el anexo 5, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento de la temperatura en la fase mesófila de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento de la temperatura en la fase mesófila.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
T1	3	23,17					
T2	3		24,40				
T7	3		25,30				
T4	3			27,20			
T6	3				29,70		
T3	3					33,30	
T5	3						34,50
Sig.		1,000	,134	1,000	1,000	1,000	1,000

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	351,391	6	58,565	389,199	,000
Dentro de grupos	2,107	14	,150		
Total	353,498	20			

**Anexo 6.** Análisis de Varianza para determinar el efecto de la temperatura en la fase termófila de elaboración de compost.

En el anexo 6, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento de la temperatura en la fase termófila de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que

podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento de la temperatura en la fase termófila.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
T1	3	61,73						
T2	3		62,75					
T7	3			63,31				
T4	3				65,22			
T6	3					67,69		
T3	3						71,36	
T5	3							72,48
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	327,944	6	54,657	1669,777	,000
Dentro de grupos	,458	14	,033		
Total	328,402	20			

**Anexo 7.** Análisis de Varianza para determinar el efecto de la temperatura en la fase de enfriamiento de elaboración de compost.

En el anexo 7, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento de la temperatura en la fase de enfriamiento de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento de la temperatura en la fase de enfriamiento.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
T4	3	25,07						
T1	3		25,58					
T2	3			26,60				
T6	3				27,54			
T3	3					31,21		
T5	3						32,33	
T7	3							32,83
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	195,573	6	32,596	2022,775	,000
Dentro de grupos	,226	14	,016		
Total	195,799	20			

**Anexo 8.** Análisis de Varianza para determinar el efecto de la temperatura en la fase de maduración de elaboración de compost.

En el anexo 8, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el comportamiento de la temperatura en la fase de maduración de los diferentes tratamientos en la elaboración de compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el comportamiento de la temperatura en la fase de maduración.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
T7	3	17,68				
T4	3		18,42			
T1	3		18,93			
T2	3			19,95		
T6	3				20,89	
T3	3					24,56
T5	3					25,68
Sig.		1,000	,077	1,000	1,000	,987

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	146,352	6	24,392	626,814	,000
Dentro de grupos	,545	14	,039		
Total	146,897	20			

**Anexo 9.** Análisis de Varianza para determinar el efecto de los aditivos sobre la granulometría del compost (19 – 5 5m).

En el anexo 9, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre la granulometría del compost (19 – 5 mm), podemos observar que el P Valor (0.013) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el tamaño de la partícula del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T5	3	,5634		
T1	3	,5764		
T6	3		,6134	
T2	3		,6456	
T3	3		,6845	,6845
T4	3			,7026
T7	3			,7283
Sig.		,125	,120	

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	,149	6	,025	3,221	,013
Dentro de grupos	,108	14	,008		
Total	,256	20			

**Anexo 10.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de pH de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.

En el anexo 10, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (pH) del compost, podemos observar que el P Valor (0.000) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (pH) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T4	3	9,4467	
T6	3	9,4600	
T3	3	9,4700	
T5	3		9,8600
T2	3		9,9167
T7	3		9,9500
T1	3		10,0633
Sig.		1,000	,502

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	1,295	6	,216	12,768	,000

Dentro de grupos	,237	14	,017
Total	1,531	20	

**Anexo 11.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de C.E de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.

En el anexo 11, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (C.E) del compost, podemos observar que el P Valor (0.031) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost, si tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (C.E) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T7	3	10,8767	
T2	3	15,2667	15,2667
T6	3	15,3100	15,3100
T3	3	16,0267	16,0267
T5	3	16,6200	16,6200
T1	3	16,8067	16,8067
T4	3		18,0667
Sig.		,058	,700

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	93,782	6	15,630	3,292	,031
Dentro de grupos	66,467	14	4,748		
Total	160,249	20			

**Anexo 12.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de N de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.

En el anexo 12, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (Contenido de Nitrógeno) del compost, podemos observar que el P Valor (0.070) es  $> 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost no tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (Contenido de Nitrógeno) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T7	3	1,2600
T5	3	1,3367
T1	3	1,3567

T2	3	1,4800
T3	3	1,5367
T4	3	1,6167
T6	3	1,6967
Sig.		,088

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	,456	6	,076	2,547	,070
Dentro de grupos	,418	14	,030		
Total	,875	20			

**Anexo 13.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de P de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.

En el anexo 13, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (Contenido de fósforo) del compost, podemos observar que el P Valor (0.217) es  $> 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost no tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (Contenido de fósforo) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T2	3	90,5667
T5	3	90,7667
T1	3	91,7567
T4	3	93,5700
T7	3	94,3500
T3	3	99,6867
T6	3	101,4933
Sig.		,330

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	340,687	6	56,781	1,607	,217
Dentro de grupos	494,737	14	35,338		
Total	835,424	20			

**Anexo 14.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de K de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.



En el anexo 14, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (Contenido de potasio) del compost, podemos observar que el P Valor (0.043) es  $< 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost si tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (Contenido de potasio) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T5	3	11467,8967	
T7	3	12923,5567	12923,5567
T6	3	14596,3267	14596,3267
T3	3	14849,4467	14849,4467
T2	3	14948,5800	14948,5800
T1	3	15239,5200	15239,5200
T4	3		17369,9567
Sig.		,238	,118

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	62380243,832	6	10396707,305	2,991	,043
Dentro de grupos	48655842,207	14	3475417,301		
Total	111036086,039	20			

**Anexo 15.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de C de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.

En el anexo 15, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (Contenido de Carbono) del compost, podemos observar que el P Valor (0.073) es  $> 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost no tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (Contenido de Carbono) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T7	3	16,3267
T5	3	17,2500
T1	3	17,5300
T2	3	19,1300
T3	3	19,8800
T4	3	20,8667

T6	3	21,8667
Sig.		,095

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	74,581	6	12,430	2,508	,073
Dentro de grupos	69,391	14	4,957		
Total	143,972	20			

**Anexo 16.** Análisis de Varianza para determinar el contenido de M.O de los tratamientos en estudio para la elaboración de compost.

En el anexo 16, donde se muestra el análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto de los aditivos sobre el parámetro químico (Contenido de Materia Orgánica) del compost, podemos observar que el P Valor (0.072) es  $> 0.05$ , por lo que podemos inferir que las diferentes combinaciones de insumos para la elaboración del compost no tuvieron un efecto sobre el parámetro químico (Contenido de Materia Orgánica) del compost.

Tratamientos en estudio	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T7	3	28,1900
T5	3	29,7500
T1	3	30,0967
T2	3	32,9900
T3	3	34,2867
T4	3	35,9767
T6	3	37,7000
Sig.		,096

	$\Sigma$ de C	GL	MC	F	Sig.(P)
Entre grupos	222,471	6	37,078	2,527	,072
Dentro de grupos	205,452	14	14,675		
Total	427,923	20			

**Anexo 17. Obtención de material vegetal**



**Anexo 18. Picado de material vegetal**



**Anexo 19. Delimitación de área**



**Anexo 20. Construcción de cajas**



**Anexo 21. Incorporación de aditivo**



**Anexo 22. Incorporación de ceniza**



**Anexo 23.** Volteo de pila compostera



**Anexo 24.** Regado de pilas composteras



**Anexo 25.** Pila compostera



**Anexo 26.** Medición de temperatura



**Anexo 27.** Análisis de granulometría



**Anexo 28.** Compost finalizado

