

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**EFFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY EN LA CALIDAD DEL COMPOST DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS DEL ASENTAMIENTO HUMANO  
KAHUACHI, PILLCO MARCA, HUÁNUCO**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por:**

**LEIDY FABIOLA SOLORZANO CHAVEZ**

**Tingo María – Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 072-2024-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 25 de junio de 2024, a horas 10:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:


**“EFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY EN LA CALIDAD DEL COMPOST DE RESIDUOS ÓRGANOS DOMICILIARIOS DEL ASENTAMIENTO HUMANO KAHUACHI, PILLCO MARCA, HUÁNUCO”**


Presentado por el Bachiller: **SOLORZANO CHAVEZ, LEIDY FABIOLA** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “MUY BUENA”.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 08 de julio de 2024

  
Ing. MSc. **FRANKLIN DIONISIO MONTALVO**  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. **SANDRA L. ZAVALA GUERRERO**  
MIEMBRO

  
Blgo. MSc. **CÉSAR AUGUSTO GOZME SULCA**  
MIEMBRO



  
Dr. **VICTOR M. BETETA ALVARADO**  
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 214 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	------------------------------------	--------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY EN LA CALIDAD DEL COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS DEL ASENTAMIENTO HUMANO KAHUACHI, PILLCO MARCA, HUÁNUCO	LEIDY FABIOLA SOLORZANO CHAVEZ	<b>19 %</b> <b>Diecinueve</b>

Tingo María, 12 de julio de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menachó Mallqui  
JEFE

C.C. Archivo

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



### EFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY EN LA CALIDAD DEL COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS DEL ASENTAMIENTO HUMANO KAHUACHI, PILLCO MARCA, HUÁNUCO

**Autor** : SOLORZANO CHAVEZ LEIDY FABIOLA

**Asesor** : Dr. BETETA ALVARADO VÍCTOR MANUEL

**Programa de investigación** : Ciencia y Tecnología Ambientales

**Línea de investigación** : Bioproducción; aditivos, combustible, fertilizantes y otros

**Eje temático** : Producción de compost

**Lugar de ejecución** : Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco

**Duración** : 6 meses

**Financiamiento** : FEDU: 0 soles

: PROPIO: 3394.7 soles

: OTROS: 0 soles

Tingo María – Perú

2024

## DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones y oportunidades que me brinda para mi crecimiento profesional.

A mis padres, Orlando Solórzano Soto y Marisol Chávez Espinoza por brindarme su apoyo y amor en cada etapa de mi vida y ser el motivo de mis logros.

A mis abuelos Heraclides Chávez y Blanca Espinoza, por su cariño y apoyo moral en todo momento.

A mis hermanos Edith, Misael y Nataly por depositar su confianza en mí, y nunca haber dudado de lo que puedo lograr, y por su cariño durante esta etapa de mi vida.

A mis mejores amigas Saadyah, Carol, Diana y Mitzy, por su amistad incondicional, experiencias compartidas, conocimientos dentro y fuera de aulas, y ese cariño especial que me ayudó siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida, por protegerme, por fortalecerme física y psicológicamente y guiarme durante mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y su plana de docentes por contribuir en mi formación profesional.

A mi asesor, Dr. Beteta Alvarado VÍCTOR MANUEL, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su apoyo, guía, exigencia y orientación para el desarrollo de la presente investigación.

A los miembros del jurado de tesis por los aportes y orientaciones para el desarrollo de la presente investigación.

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.Objetivo general.....	2
1.2.Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.Antecedentes.....	3
2.1.1. Internacional .....	3
2.1.2. Nacional.....	4
2.2. Marco teórico .....	6
2.2.1.Composición del estiércol de cuy .....	6
2.2.2.Clasificación de residuos sólidos .....	7
2.2.3.Proceso de compostaje .....	8
2.2.4.Calidad del compost.....	10
2.3. Marco conceptual.....	11
2.3.1.Estiércol de cuy .....	11
2.3.2.Compostaje.....	11
2.3.3.Compost .....	12
2.3.4.Calidad de compost .....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Lugar de ejecución.....	13
3.1.1.Ubicación política .....	13
3.1.2.Ubicación geográfica .....	13
3.1.3.Características generales de la zona.....	15
3.2. Materiales y equipos .....	15
3.2.1.Producción del compost.....	15
3.2.2. Análisis del compost.....	15
3.2.3. Programas de computador .....	16

3.3. Criterios de estudio .....	16
3.3.1. Nivel de investigación .....	16
3.3.2. Tipo de investigación.....	16
3.3.3. Método de investigación.....	16
3.3.4. Diseño de investigación.....	17
3.3.5. Variables en estudio .....	17
3.3.6. Análisis estadístico .....	18
3.4. Metodología.....	18
3.4.1. Características fisicoquímicas que presenta el estiércol de cuy .....	18
3.4.2. Calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y toxicidad ..	21
3.4.3. Influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y efecto fitotóxico .....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1. Características fisicoquímicas que presenta el estiércol de cuy .....	32
4.2. Calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios.....	33
4.2.1. Composición y características fisicoquímicas de los residuos orgánicos domiciliarios .....	33
4.2.2. Proceso de compostaje.....	35
4.2.3. Características fisicoquímicas del compost de residuos orgánicos domiciliarios ..	38
4.2.4. Contenido de nutrientes del compost de residuos orgánicos domiciliarios .....	39
4.2.5. Reactividad del compost de residuos orgánicos domiciliarios .....	39
4.2.6. Efecto fitotóxico del compost de residuos orgánicos domiciliarios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca .....	40
4.3. Influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios .....	42
4.3.1. Proceso de compostaje.....	42

4.3.2. Influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas .....	45
4.3.3. Contenido de nutrientes de las compostas .....	57
4.3.4. Reactividad de las compostas .....	64
4.3.5. Efecto fitotóxico .....	67
V. CONCLUSIONES .....	71
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	72
VII. REFERENCIAS .....	73
ANEXOS .....	76

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Requisitos fisicoquímicos del compost, según la Norma Chilena 2880.....	10
2. Contenido de nutrientes, según la FAO (2014) .....	11
3. Actividad respiratoria máximas, según la Norma Austriaca (1991).....	11
4. índice de germinación, según la norma mexicana (2011) .....	11
5. Coordenadas geográficas del lugar de ejecución.....	13
6. Coordenadas geográficas del Laboratorio de Suelos de la UNAS .....	14
7. Cantidad de materia prima a compostar en cada tratamiento .....	24
8. Cantidad porcentual de materia prima a compostar en cada tratamiento .....	24
9. Análisis fisicoquímico del estiércol de cuy .....	32
10. Composición de residuos orgánicos domiciliarios .....	34
11. Análisis fisicoquímico de los residuos orgánicos domiciliarios .....	35
12. Características fisicoquímicas del compost obtenido del T0.....	38
13. Contenido de nutrientes del compost obtenido del T0 .....	39
14. Calidad del compost obtenido del T0, en base al efecto fitotóxico. ....	42
15. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk de los parámetros fisicoquímicos de cada tratamiento .....	46
16. Análisis de varianza de la densidad aparente de los tratamientos .....	47
17. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> ) de los tratamientos .....	47
18. Análisis de varianza de la humedad de los tratamientos .....	49
19. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la humedad (%) de los tratamientos .....	49
20. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica de los tratamientos .....	51
21. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la conductividad eléctrica de los tratamientos.....	51
22. Análisis de varianza del pH de los tratamientos .....	53

23. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al pH de los tratamientos .....	53
24. Análisis de varianza del contenido de materia orgánica de los tratamientos.....	55
25. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la materia orgánica (%) de los tratamientos .....	55
26. Resumen de la calidad del compost obtenido, en base a sus características fisicoquímicas. .....	56
27. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk del contenido de nutrientes de cada tratamiento	57
28. Análisis de varianza del fósforo de los tratamientos .....	58
29. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al fósforo (%) de los tratamientos .....	58
30. Análisis de varianza del Nitrógeno de los tratamientos.....	60
31. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al nitrógeno (%) de los tratamientos .....	60
32. Análisis de varianza del Potasio de los tratamientos .....	62
33. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al potasio (%) de los tratamientos .....	62
34. Resumen de la calidad del compost obtenido, en base a su contenido de nutrientes .....	63
35. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk de la reactividad del compost (AT4) .....	64
36. Análisis de varianza de la reactividad de los tratamientos .....	65
37. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la reactividad (%) de los tratamientos .....	65
38. Resumen de la calidad del compost obtenido, en base a su reactividad.....	66
39. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para el índice de germinación. ....	67
40. Análisis de varianza del Índice de germinación de los tratamientos .....	69
41. Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al Índice de germinación de los tratamientos .....	69
42. Resumen de la calidad del compost obtenido, en base al efecto fitotóxico.....	70
43. Medición diaria de la temperatura de las compostas .....	77
44. Medición del pH durante el proceso de compostaje.....	91

45. Medición de la humedad del proceso de compostaje .....	92
46. Índice de germinación de los tratamientos .....	101
47. Generación de estiércol de cuy. ....	103

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación del lugar de ejecución de la investigación.....	14
2. Mapa de ubicación del Laboratorio de Suelos de la UNAS .....	15
3. Diseño experimental de la investigación .....	17
4. Composteras instaladas en el lugar de ejecución .....	25
5. Comportamiento de la temperatura del T0, en función de los días de compostaje .....	36
6. Comportamiento del pH del T0, en función de los días de compostaje .....	37
7. Comportamiento de la humedad del T0, según los días de compostaje .....	38
8. Reactividad del compost de residuos orgánicos domiciliarios .....	40
9. Porcentaje de germinación relativa del T0 .....	40
10. Crecimiento radicular relativo del T0.....	41
11. Índice de germinación del T0 .....	41
12. Comportamiento de la temperatura en los tratamientos de compost, en función de los días de compostaje .....	42
13. Comportamiento del pH en los tratamientos de compost, en función de los días de compostaje.....	43
14. Comportamiento de la humedad en los tratamientos de compost, en función de los días de compostaje.....	44
15. Densidad aparente ( $\text{Kg/m}^3$ ) del compost obtenido de los tratamientos .....	48
16. Humedad (%) del compost obtenido de los tratamientos .....	50
17. Conductividad eléctrica (dS/m) del compost obtenido de los tratamientos. ....	52
18. pH del compost obtenido de los tratamientos.....	54
19. Materia orgánica (%) del compost obtenido de los tratamientos .....	56
20. Fósforo (%) del compost obtenido de los tratamientos .....	59
21. Nitrógeno (%) del compost obtenido de los tratamientos .....	61
22. Potasio (%) del compost obtenido de los tratamientos.....	63
23. Reactividad del compost obtenido de los tratamientos .....	66

24. Porcentaje de germinación relativa del compost obtenido de los tratamientos.....	67
25. Porcentaje de crecimiento radicular relativo del compost obtenido de los tratamientos....	68
26. Índice de germinación del compost obtenido de los tratamientos.....	70
27. Charla a los socios que participaron en la investigación.....	104
28. Entrega de costal y balde para la recolección del estiércol de cuy y los residuos orgánicos .....	104
29. Pesado de los residuos orgánicos domiciliarios generados.....	105
30. Separación de los residuos recolectados para determinar su composición.....	105
31. Muestra de estiércol de cuy y residuos orgánicos domiciliarios antes del proceso de compostaje.....	106
32. Muestras colocadas a 105°C durante 24 horas para determinar la humedad.....	106
33. Medición de pH con el multiparámetro en el laboratorio de la UNAS.....	107
34. Proceso de digestión para determinar el contenido de nutrientes.....	107
35. Medición de la humedad cada 15 días, durante el proceso de compostaje.....	108
36. Volteo de compost.....	108
37. Medición de temperatura de las composteras.....	109
38. Medición de pH cada 15 días, durante el proceso de compostaje.....	109
39. Medición de la conductividad eléctrica cada 15 días, durante el proceso de compostaje	110
40. Desarrollo del test de germinación.....	110
41. Medición de la reactividad del compost obtenido de los tratamientos.....	111
42. Permiso para el uso del laboratorio de calidad de suelos.....	112
43. Invitación para la supervisión de ejecución de la investigación.....	113
44. Resultado del análisis del estiércol de cuy y residuos orgánicos domiciliarios.....	114
45. Resultado de los análisis a las muestras del compost obtenido de los tratamientos.....	115

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar el efecto del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en el Asentamiento Humano “Kahuachi”, para ello se realizaron 3 tratamientos y un testigo, variando la dosis del estiércol de cuy para cada tratamiento. El tratamiento testigo (T0) estuvo compuesto por 100% de residuos orgánicos domiciliarios, el tratamiento 1 (T1) con un 20% de estiércol de cuy + 80% de residuos orgánicos domiciliarios, el tratamiento 2 (T2) compuesto por 30% de estiércol de cuy + 70% de residuos orgánicos domiciliarios y el tratamiento 3 (T3) con un 40% de estiércol de cuy + 60% de residuos orgánicos domiciliarios. Para determinar el efecto, primero se caracterizó el estiércol de cuy obteniéndose un pH de 9,23; la conductividad fue 7,30 dS/m; MO de 54,170% y el contenido de nutrientes de N, P y K fueron 1,736%; 0,354% y 1,015%, respectivamente. Durante los 135 días que duró el proceso de compostaje, se controló los parámetros de humedad, temperatura y pH, para lo cual se realizaron análisis en el laboratorio de Suelos de la UNAS cada 15 días. El tratamiento testigo (T0) presentó mayor valor de humedad (%), y controlar dicho parámetro permitió evitar que se generen malos olores; el comportamiento de la temperatura permitió afirmar que el compost de todos los tratamientos pasó por la fase mesófila, termófila, enfriamiento y maduración, y que la temperatura máxima lo alcanzó el tratamiento 3 (T3) con 56,68°C debido a la actividad microbiológica presente; controlar el pH permitió determinar cuando el compost estaba dentro de los rangos de la Norma Chilena 2880. También se determinó la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios, siendo de clase B, ello en base a sus características fisicoquímicas de acuerdo con los valores establecidos por la Norma Chilena. En base al contenido de nutrientes, solo el porcentaje de Potasio no cumple con lo establecido por la FAO. De acuerdo con su reactividad e índice de germinación, el compost aún no está dentro de los rangos establecidos, ya que su reactividad supera el valor máximo de la Norma Austriaca, y el porcentaje del índice de germinación es menor a lo establecido por la Norma Mexicana. Por último, se determinó la influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios, siendo favorable, y resaltando que según su reactividad los tratamientos 1 y 2, son de buena calidad de acuerdo con la Norma Austriaca, y con respecto al índice de germinación los tratamientos 2 y 3 son de Tipo “A” según lo establecido por la Norma Mexicana.

**Palabras claves:** compost, estiércol de *Cavia porcellus*, residuos orgánicos, calidad, reactividad.

## **The Effect of Guinea Pig Manure on the Quality of Compost from Organic Waste from Homes in the Town of Kahuachi, Pillco Marco, Huanuco**

### **Abstract**

This research was carried out with the purpose of evaluating the effect of guinea pig manure on the quality of the compost from organic waste from homes in the town of Kahuachi, [Peru]. In order to do this, three treatments and a control were used with varying doses of guinea pig manure for each treatment. The control treatment (T0) was made up of 100% organic waste from homes, treatment 1 (T1) was 20% guinea pig manure + 80% organic waste from homes, treatment 2 (T2) [was] made up of 30% guinea pig manure + 70% organic waste from homes, and treatment 3 (T3) was 40% guinea pig manure + 60% de organic waste from homes. In order to determine the effect, first the guinea pig manure was characterized, obtaining a pH of 9.23, the conductivity was 7.30 dS/m, [an] OM of 54.170%, and the content of the nutrients for N, P and K were 1.736%, 0354%, and 1.015%, respectively. During the 135 days that the composting process lasted, the humidity, temperature, and pH parameters were controlled, for which an analysis was done in the soil laboratory of the UNAS (acronym in Spanish) every fifteen days. The control treatment (T0) presented the greatest humidity value (%), and controlling said parameter allowed for the generation of bad odors to be avoided. Controlling the behavior of the temperature allowed for the affirmation that the compost from all of the treatments went through the mesophilic, thermophilic, cooling, and maturation phases. The maximum temperature was achieved with treatment 3 (T3), at 56.68°C, due to the microbiological activity [that was] present. Controlling the pH allowed for a determination of when the compost was within the ranges of Chilean standard 2880. The quality of the compost from the organic waste from homes was determined, with it being from class “B,” based on the physicochemical characteristics, according to the values established by the Chilean standard. Based on the nutrient content, just the potassium percentage did not comply with that established by the FAO (acronym in Spanish). According to the reactivity and germination index, the compost was still not within the established ranges, since the reactivity surpassed the maximum value from the Austrian standard and the germination index percentage was lower than that established by the Mexican standard. Finally, the influence of the guinea pig manure on the quality of the compost from the organic waste from homes was determined to be favorable, and it stood out that according to the reactivity of treatments 1 and 2, they were of good quality, according to the Austrian standard. With respect to the germination index of treatments 2 and 3, they were type “A,” according to that established by the Mexican standard.

**Keywords:** compost, manure from *Cavia porcellus*, organic waste, quality, reactivity.

## I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, se generan anualmente más de 2000 millones de toneladas de residuos sólidos municipales, y el 44% son residuos orgánicos, pero solo un 5,5% de estos residuos se composta (Gómez, 2018).

Según el MINAM (2016), en el año 2014 en el Perú se generó más de 7 millones de toneladas de residuos, del cual más de la mitad fue residuos orgánicos municipales, sin embargo, es mínimo el porcentaje de los residuos orgánicos que vienen siendo aprovechados, y esto conlleva a generar impactos negativos al ambiente.

La problemática ambiental de la falta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos también se presenta en el Asentamiento Humano “Kahuachi”, distrito de Pillco Marca, Huánuco. Por otro lado, muchos de los pobladores se dedican a la crianza de cuy en sus hogares. El estiércol de cuy es un problema, ya que no es aprovechada, de lo contrario, es vertido a aire libre y en los alrededores del canal de agua del Asentamiento Humano, liberando metano ( $\text{CH}_4$ ) y líquidos contaminantes con nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). También, los socios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, acostumbran a colocar todos sus residuos en una sola bolsa y/o contenedor, combinando los residuos orgánicos y el estiércol de cuy con otros tipos de residuos, y como consecuencia se tiene la contaminación ambiental (emisión de gases de efecto invernadero), malos olores y presencia de mosquitos en el hogar. Una buena opción para contrarrestar esta problemática es la producción de compost a partir de residuos orgánicos en el Asentamiento Humano “Kahuachi”.

Esta investigación surge frente a la falta de aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios y los que genera la crianza de cuy. Para ello, se propone como una gran alternativa de solución el compostaje, además se obtendría abono orgánico rico en nutrientes para el suelo. Con la finalidad de obtener un compost de calidad se va a realizar 3 tratamientos, variando la dosis del estiércol de cuy para cada tratamiento, para lo cual se planteó el siguiente problema ¿Cuál es el efecto del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco?; teniendo como hipótesis que el efecto del estiércol de cuy es positivo en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios.

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco.

### **1.2. Objetivos específicos**

Determinar las características fisicoquímicas que presenta el estiércol de cuy del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco.

Determinar la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y efecto fitotóxico del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco

Determinar la influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y efecto fitotóxico del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacional

Sinche (2022), en su investigación titulada “Efecto del porcentaje de estiércol de cuy y estiércol de conejo en el proceso de compostaje de los residuos sólidos domiciliarios de la cabecera parroquial San Luis, Riobamba, Ecuador”, elaboró dos pilas en un espacio cerrado: residuos orgánicos domiciliarios + estiércol de cuy+ aserrín (P1) y residuos orgánicos domiciliarios + estiércol de conejo + aserrín (P2), del cual el 65% fue de residuos domiciliarios, 10 % de aserrín y 25% de estiércol. Para ello, caracterizó los residuos a compostar siendo 9,81 el pH del estiércol de cuy, el clima en Riobamba es regularmente frío, durante el proceso de compostaje Sinche controló los parámetros de humedad y temperatura. El autor concluye que el compost obtenido de las dos pilas es de calidad. También resalta que el de la pila 1 fue mejor ya que presentó mayor contenido de macronutrientes y las concentraciones de metales pesados fueron bajas. Por otro lado, el mayor índice de germinación también fue del compost obtenido de la pila 1 (residuos orgánicos domiciliarios + estiércol de cuy+ aserrín).

Flores et al (2018), realizaron una investigación en la Parroquia “Loreto” que pertenece al Cantón de Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador, con la finalidad de identificar la clase y también la cantidad de microorganismos que se desarrollan en cada proceso de compostaje, para ello usó 4 tipos de estiércol animal con tramo de avena: vaca (*Bos taurus*), gallinaza (*Gallus gallus*), cuy (*Cavia porcellus*), oveja (*Ovis aries*), y el testigo solo tramo de avena; la temperatura promedio en la que se llevó a cabo esta investigación fue de 14,25°C. Flores concluye que el compost a base de estiércol de gallinaza tuvo mayor contenido de microelementos (Mn,Cu,Zn), el compost obtenido de estiércol de cuy y vaca tuvieron la mayor población de bacterias esporulantes y estos resultan beneficiosos para el cultivo de plantas y del estiércol de oveja presentó mayor contenido de macroelementos. También menciona que la temperatura final del compost obtenido de los diferentes tipos de estiércol aplicados presentó valores similares.

Jara (2017), en su investigación que lleva por título “Oportunidades de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador” menciona que la identificación y caracterización de los residuos en la provincia de Chimborazo le permitió saber que tienen contenidos óptimos de nutrientes que pudieron ser aprovechados en el compostaje, en esta provincia predomina el clima ecuatorial de alta montaña y su temperatura oscila desde los 10°C hasta 26°C. El investigador resalta que durante el proceso de compostaje se presentó una intensa actividad biodegradativa y que el compost alcanzó la calidad promedio. Se basó en dos experimentos, ello lo realizó en base a la composición. El primero el proceso de compostaje se lleva a cabo en condiciones ideales, es decir los residuos estaban segregados. En cambio, en el segundo el proceso se llevó a cabo en condiciones a la realidad, es decir los residuos no estaban segregados. Carbonell concluye que los compost elaborados en condiciones ideales superan los índices de calidad con respecto a estabilización, higienización y su contenido en metales pesados; y el compost obtenido en condiciones reales son adecuados para ser usados como sustituto parcial de turba de semilleros.

### **2.1.2. Nacional**

Leiva et al (2018), en su estudio de investigación enfocado en la producción de compost, a partir de residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y de cuy en Bagua, Amazonas, este lugar presenta una temperatura que generalmente oscila desde los 9°C hasta 23°C. Determinaron las características fisicoquímicas del compost, los investigadores aplicaron tres tratamientos: El primer tratamiento fue compost elaborado a partir de residuos orgánicos domiciliarios (57%) + estiércol de vacuno (30%) + aserrín (13%); segundo tratamiento fue compost elaborado a partir de residuos orgánicos domiciliarios (57%) + estiércol de cuy (30%) + aserrín (13%); el último tratamiento fue a partir de residuos orgánicos domiciliarios (57%), estiércol de vacuno(15%) + estiércol de cuy (15%) + aserrín (13%); los tres tratamientos se realizaron en cajas composteras y en un espacio cerrado. En base a la Norma Chilena 2880, el primer tratamiento es considerado como compost de calidad A, mientras que los demás tratamientos presentan un compost de calidad B. También determinaron el rendimiento de cada tratamiento, siendo mayor los rendimientos del segundo y tercer tratamiento en comparación con el primer tratamiento.

Damián (2018), desarrolló una investigación en la cual aplicó tres tratamientos aceleradores para producir compost con los residuos orgánicos del mercado “Los Cedros”, Chorrillos, Lima. Se planteó como objetivo determinar la calidad del compost que obtuvo en cada tratamiento, para ello realizó la medición de los parámetros físicos, químicos y

también el contenido de nutrientes del compost. También, determinó el contenido de micronutrientes (magnesio, calcio y sodio). El proceso de compostaje se llevó a cabo en cajas de madera, y se aplicó tres tratamientos, en el testigo solo se usó residuos orgánicos del mercado. Mientras que, en el primer tratamiento se usó como fuente generadora a la levadura, en el segundo tratamiento aplicó bacterias de lactobillus, y en el tercer tratamiento usó estiércol de cuy. El investigador, aplicó las diferentes fuentes generadoras con la finalidad de acelerar el proceso de producción del compost. Como parte de su investigación realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos para ello usó el Anova de un factor, y también la prueba de Duncan. Después de realizar una comparación de los tratamientos, el autor menciona que, el mejor tratamiento es aquel que usó como fuente generadora al estiércol de cuy. Esto también lo confirmó al aplicarlo en la siembra de la planta de rabanito.

Chasquero (2019), realizó una investigación en la provincia de Jaén, Cajamarca con la finalidad de analizar la reactividad del compost de pulpa de café y de estiércol de cuy, mediante dos fases: campo y laboratorio. En la primera fase se instaló las pilas de compost que fueron cubiertas con un techo de plástico para ser protegido de la lluvia y el sol, 1 pila de pulpa de café y otra pila de pulpa de café con estiércol de cuy. En la segunda fase que se llevó a cabo en el laboratorio se analizaron los parámetros fisicoquímicos del compost (pH, conductividad eléctrica, densidad y humedad). La investigadora aplicó un diseño completamente aleatorizado, y para cada pila realizó tres repeticiones. En esta investigación, concluye que la reactividad del compost de ambas pilas se estabilizó antes de la octava semana con valores que no superan los 7 mg O<sub>2</sub>/g MS que establece la “Guía para el tratamiento Biomecánico de los Residuos Sólidos”, según la Normatividad Austriaca. En la pila con pulpa de café el valor fue de 3,12 mg O<sub>2</sub>/g MS y en la pila de pulpa de café con estiércol de cuy fue de 2,17 mg O<sub>2</sub>/g MS. Con respecto a la calidad del compost, ambos son de buena calidad. Sin embargo, es importante resaltar que el compost de pulpa de café con estiércol de cuy presentó mejores valores como 0,46 % de nitrógeno; 106,72 ppm de fósforo; 1243,28 ppm en potasio; carbono 5,33 %; materia orgánica 9,19 % y una capacidad de intercambio catiónico de 60,07.

Paredes et al (2020), en su estudio de investigación en el Valle de Condebamba, Cajamarca en los Andes del Norte Peruano, realizaron nueve compostajes a partir de residuos vegetales y pecuarios: gallinaza, estiércol de bovino, cuyinaza; los cuales fueron mezclados con rastrojo de maíz, bagazo de caña y viruta. La temperatura media anual del Valle de Condebamba es 19,5°C. En primer lugar, caracterizaron la materia prima a usar. Durante el proceso de compostaje controlaron el pH, temperatura y humedad. Concluyendo que los nueve

productos finales presentaron altos contenidos de materia orgánica y nitrógeno; y que son de buena calidad, siendo mejores los que se obtuvieron a partir de cuyinaza y gallinaza. Por otro lado, las compostas obtenidas resultaron libres de Salmonellas, lo cual es beneficioso para los cultivos.

Gómez (2018), realizó una investigación que lleva por título “Estudio comparativo de la composición química elemental de compost a base de tres tipos de estiércol, Arequipa”, en la cual obtuvo tres tipos de compost con tres tipos de estiércol: cuy, alpaca y gallinaza. T1: residuos domésticos (86%) + estiércol de cuy (14%), T2: residuos domésticos (86%) + estiércol de alpaca (14%) y T3: residuos domésticos (86%) + estiércol de gallinaza (14%). Gómez obtuvo como resultado que el pH estuvo dentro del rango adecuado, el compost de cuy y alpaca presentaron una humedad adecuada. Por último, la relación C/N fue óptimo en los tres compost obtenidos.

Mendoza (2021), en su estudio de investigación en Cerro de Pasco, Huánuco elaboró compost con un 90 % de residuos orgánicos municipales + 10% estiércol de cuy, durante el proceso la temperatura más alta que alcanzó fue 49,4; con respecto al pH empezó siendo alcalino con un 8,5; al finalizar el proceso de compostaje termina con un valor cercano al neutro (7,86); humedad de 35,07 %; 0,85 de N; 0,8 de P y K ; el autor menciona y recomienda que el proceso debe ser monitoreado en los parámetros de temperatura, humedad y pH durante todo el proceso de compostaje.

La Cruz (2019), en su investigación elaboró compost a base de residuos orgánicos domiciliarios, en Huancayo a una temperatura este proceso fue durante 183 días y la temperatura más alta que alcanzó fue 52°C, mientras que el pH empezó con un valor de 7,50 y se elevó por unos días siendo alcalino, pero finalmente terminó con un valor cercano al neutro (7,17) y la humedad terminó con un 35%. Con respecto al contenido de nutrientes: 0,98% de N; 1,7 % de K y 0,59%de P.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Composición del estiércol de cuy**

Pérez (2018) menciona que el estiércol de cuy se utiliza de muchas maneras, especialmente en la producción de fertilizantes orgánicos, debido a su alto contenido de nutrientes, especialmente oligoelementos. El estiércol de cuy es uno de los mejores, ya que tiene las ventajas de no oler, no atraer moscas y estar en forma de polvo. Es muy importante

utilizar este fertilizante orgánico en los cultivos y de forma limpia y que no afecte al medio ambiente.

La concentración promedio de elementos químicos del estiércol de cuy es 1,5% nitrógeno, 0,7% P y 1,7% K. El estiércol mejora las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. Para mayores beneficios se deben aplicar después de la descomposición o fermentación y preferiblemente cuando la humedad del suelo sea la adecuada (Pérez,2018).

Según la FAO (2014), son residuos producto de la crianza de cuy, y son una fuente de abono orgánico rico en nutrientes para ser aplicados a las plantas, y con ello se puede mejorar o potenciar las características fisicoquímicas del suelo. Lo que hace falta es aprovechar estos residuos para generar productos de calidad como compost, bokashi y biodiesel.

#### **2.2.1.1. Ventajas de usar estiércol de cuy**

Según Pérez (2018), los beneficios de usar estiércol de cuy son los siguientes:

- Apoya la fertilidad del suelo.
- Este tipo de fertilizante no contamina el suelo.
- Se obtiene una cosecha completa.
- Se consigue una buena cosecha.
- Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- No tiene mal olor, por lo que no atrae moscas

#### **2.2.2. Clasificación de residuos sólidos**

Según el MINAM (2017), es cualquier objeto, material o elemento que ya cumplió su vida útil y termina siendo desechado; también incluye desechos que se encuentran en fase sólida o semisólida. Teniendo en cuenta su origen, los residuos sólidos son clasificados en:

a) Residuos domiciliarios: Este tipo de residuos se genera en los hogares, y se puede encontrar a los restos de verdura, la poda de los jardines, restos de comida. Estos residuos tienen un gran potencial para poder aprovecharlas, y de tal manera combatir la contaminación ambiental en el país.

b) Residuo comercial: Son aquellos residuos que se generan en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, entre ellos: restaurantes, tiendas, mercados, bares, bancos, oficinas de trabajo, entre otros lugares.

c) Residuo de limpieza pública y espacios públicos: Estos residuos son resultado de la limpieza de las calles, en ellas podemos encontrar una gran variedad de residuos desde orgánicos hasta plásticos, generalmente lo observamos al transitar por las calles, parques y otras áreas públicas.

d) Residuo industrial: Son residuos que se generan producto de las actividades de las industriales como la minería, pesquera, energética y entre otros.

Residuo de las actividades de construcción: Son residuos generados en las actividades de las obras civiles como edificios, carreteras y entre otros.

e) Residuo agropecuario: Residuos producto de las actividades pecuarias y agrícolas.

### **2.2.2.1. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

Se pueden aprovechar los residuos sólidos orgánicos mediante su valorización:

Las operaciones de valorización de desechos incluyen su uso como combustible o como otro medio de generación de energía, su compostaje y transformaciones biológicas para su posterior uso en el tratamiento del suelo, lo que produce beneficios para la agricultura o mejoras ecológicas (Sinche, 2022).

### **2.2.3. Proceso de compostaje**

Es un proceso aerobio del cual se obtiene compost, para realizar dicho proceso se debe de tener en cuenta sus fases y factores.

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

Según el ESF (2018), en el proceso de compostaje ocurren las siguientes fases:

**Fase mesófila:** Inicialmente el proceso de compostaje empieza a temperatura ambiente, pero transcurrido unos días o incluso horas su temperatura empieza a aumentar, y llega a alcanzar los 45°C. Esto se debe a que en esta fase mediante la actividad microbiana los microorganismos presentes generan calor y para ello usan como fuente al C y N. También produce ácidos orgánicos, y la descomposición de compuestos que son solubles como es el caso de los azúcares. Como en esta fase se produce ácidos orgánicos, el pH puede bajar hasta 4°C. Generalmente, esta fase puede ser de dos días como mínimo y máximo ocho días.

**Fase termófila o de higienización:** Durante esta fase se presentan elevadas temperaturas, incluso mayores a 45°C, esto se debe principalmente a la presencia de bacterias termófilas que terminaron reemplazando a las bacterias mesófilas. Las bacterias de esta fase se encargan de degradar la celulosa y la lignina, de esta manera facilitan la degradación de aquellas fuentes que son más complejas. Con respecto al pH, durante esta fase sube su valor. Esto se debe principalmente a que las bacterias han transformado el nitrógeno en amoníaco. Cuando alcanza los 60°C, se presencia de aquellas bacterias que descomponen compuestos de Carbono complejos como hemicelulosas y ceras. La duración de esta fase puede ser de días o incluso puede tardar meses.

**Fase de enfriamiento:** En esta fase la temperatura disminuye hasta 40-45°C, y los microorganismos mesófilos vuelven, y por ende el pH desciende, pero generalmente se mantiene alcalino. La degradación de los polímeros presentes continua en esta fase, y también aparecen algunos hongos que son notables. Se requiere de varias semanas para que termine esta fase, aunque se suele confundir con la última fase del compostaje (maduración).

**Fase de maduración:** Esta fase tarda meses, y en él se forman ácidos húmicos y fúlvicos, la temperatura suele ser ambiente.

### 2.2.3.2. Factores durante el proceso de compostaje

(Bohórquez, 2019), afirma que se debe tener en cuenta que el compostaje es un proceso aerobio de materia orgánica, en la cual interactúan diferentes agentes microbianos como hongos y bacterias, por ello es importante considerar los siguientes factores para la obtención de un compost de calidad:

**Oxígeno:** La respiración de los microorganismos es importante, por ello es necesario controlar y mantener una aireación óptima durante el proceso de compostaje. También se tiene en cuenta la aireación con la finalidad de que la biomasa no se encharque o se compacte. Este factor va a variar en todo el proceso.

**Humedad:** Al empezar el proceso de compostaje la humedad debe estar oscilando un valor de 50%, con la finalidad de incrementar las poblaciones microbianas de la materia prima. Si la humedad es mayor que el 60% la oxigenación del material se va a ver afectada, causando malos olores. Para controlar este factor se puede aplicar el método del puño. Para eso también se tiene en cuenta el tamaño de las partículas.

**Temperatura:** Este factor es importante debido a las reacciones bioquímicas de las células de los organismos, la temperatura condiciona estas reacciones durante el proceso de compostaje, para que el proceso no tarde tanto tiempo es recomendable controlar este parámetro y evitar que la temperatura disminuya mucho. Se debe tener en cuenta que, si la temperatura es mayor, entonces será alta la velocidad en la que se descompone la materia orgánica.

**pH:** Es un buen indicador de una óptima descomposición de residuos orgánicos, se debe considerar que este factor depende de la aireación, ya que este le permite regular su valor, el cual debe ser mayor de 7,5.

**Tamaño de partícula:** Para que el compost se desarrolle en mejores condiciones es recomendable que el tamaño de partículas este entre 1 y 5 cm, ya que cuanto menor sea el tamaño de las partículas de la materia a compostar, mayor será la relación superficie/volumen, y con ello mayor actividad microbiana.

#### 2.2.4. Calidad del compost

##### 2.2.4.1. Norma Chilena 2880

**Tabla 1.** Requisitos fisicoquímicos del compost, según la Norma Chilena 2880

Parámetro	Clase A	Clase B
Densidad aparente	$\leq 700 \text{ kg/m}^3$	
Olor	No malos olores	
Humedad	$>30\%$ y $<45\%$	
Conductividad eléctrica	$< 3 \text{ dS/m}$	$\geq 3 \text{ dS/m}$ y $\leq 8 \text{ dS/m}$
pH	$> 5$ y $\leq 8,5$	
Materia orgánica	$\geq 20\%$	
Nutriente: Nitrógeno total	$\geq 0.5\%$	

### 2.2.4.2. Manual de compostaje del agricultor (FAO)

**Tabla 2.** Contenido de nutrientes, según la FAO (2014)

Parámetro	Valor
Fosforo	0,1% – 1,0%
Potasio	0,3% – 1,0%

### 2.2.4.3. Normatividad Austriaca

**Tabla 3.** Actividad respiratoria máximas, según la Norma Austriaca (1991)

Parámetro	Valor máximo
Actividad de respiración en 4 días (AT <sub>4</sub> ) en mg O <sub>2</sub> / g MS	7

### 2.2.3.4. Norma Mexicana

**Tabla 4.** Índice de germinación, según la norma mexicana (2011)

Parámetro	Tipo de composta		
	A	B	C
Fitotoxicidad (IG)	IG>=85%	IG>=75%	IG>=60%

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Estiércol de cuy

El estiércol es un desecho animal que se produce cuando los animales digieren los alimentos que comen. De hecho, entre el 60 y el 80 % de lo que comen los animales se elimina a través del estiércol. La calidad del estiércol depende tipo de residuo y del manejo del estiércol antes de su aplicación (Pérez, 2018).

### 2.3.2. Compostaje

Es un proceso que se lleva a cabo de forma aeróbica, con intervención de microorganismos ya que también es un proceso biológico, ellos actúan sobre la materia biodegradándola, entre ellos está residuos sólidos orgánicos, restos de cosecha, residuos producto de la crianza de animales. Este proceso permite obtener abono para la agricultura (MINAM, 2018).

### **2.3.3. Compost**

Es un producto que se obtiene a partir de materia orgánica, este material pasa por un proceso biológico con la intervención de diferentes microorganismos. La composta es rica en nutrientes, se usa en la jardinería y en la agricultura. También es usado como enmienda como una de las técnicas de remediación y recuperación de suelos (Damián, 2018).

### **2.3.4. Calidad de compost**

El concepto de calidad es difícil de definir porque tiene en cuenta muchos factores. Siempre se debe evaluar la calidad del compost basándose en las características que se derivan de un tratamiento respetuoso con el medio ambiente, acorde con una gestión racional de residuos y que tienen como objetivo obtener un producto destinado a su uso en el suelo o como substrato (Castillo, 2019).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación política

a) Recolección de residuos orgánicos domiciliarios a compostar y producción de compost se realizó en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

b) Análisis del compost, las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

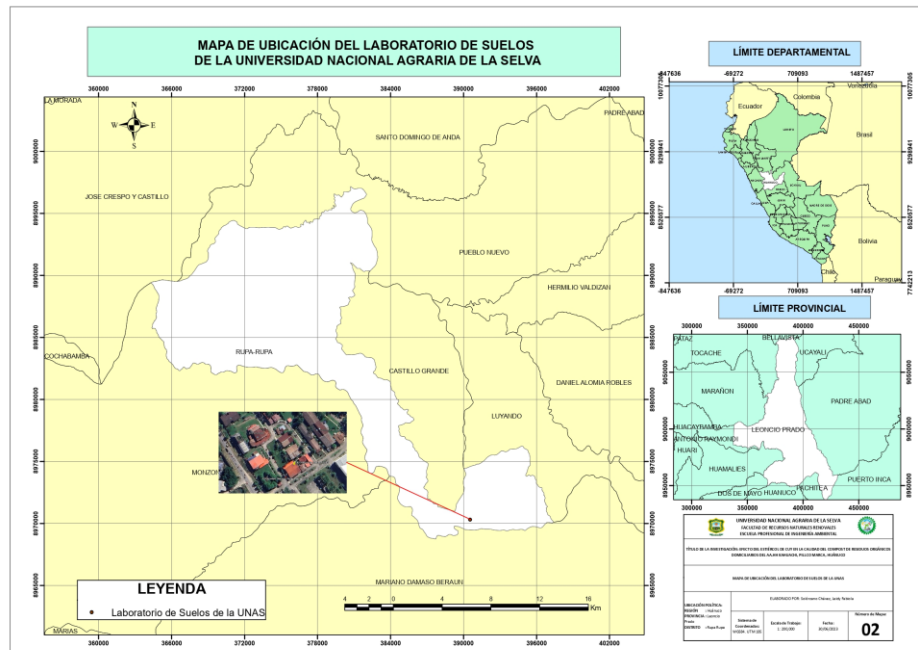
##### 3.1.2. Ubicación geográfica

a) Recolección de residuos orgánicos domiciliarios a compostar y producción de compost, se encuentran en el sistema de coordenadas UTM WGS 84 de la zona 18S.

**Tabla 5.** Coordenadas geográficas del lugar de ejecución

Lugar de ejecución	Coordenada		Altitud (m.s.n.m)
	Este	Norte	
AA. HH “Kahuachi” (Recolección de los residuos orgánicos domiciliarios)	362448,88 m E	8900146,36 m S	1914
Jr. Orquídeas #114 Asociación de vivienda-San Juan de Vichaycoto (Producción del compost)	364536,00 m E	8892333,00 m S	1978





**Figura 2.** Mapa de ubicación del Laboratorio de Suelos de la UNAS

### 3.1.3. Características generales de la zona

#### 3.1.3.1. Clima

Según el SENAMHI (2020), el distrito de Pillco Marca posee un clima de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año.

#### 3.1.3.2. Temperatura

En el distrito de Pillco Marca se presenta en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C durante el año, y los acumulados anuales de lluvias puede alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente (SENAMHI,2020).

### 3.2. Materiales y equipos

#### 3.2.1. Producción del compost

a) Materiales: 20 baldes, guantes, 20 sacos polipropilenos, bolsas herméticas, 20 composteras tipo contenedores, balanza de mano, balanza gramera, malla, 20 recipientes de helado, liga, y cuaderno de campo.

b) Insumos: residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de cuy.

#### 3.2.2. Análisis del compost

a) Materiales: crisoles, varilla, vasos, recipientes cristalizados de porcelana, matraz balón, agua destilada, tubos de ensayo, termómetro digital marca deltatrak código 11047, guantes, mascarillas, cuaderno, lapicero

b) Equipos: Balanza analítica marca cp digital precisión código 602206340010, Estufa marca P-SELECTA código 2000210, digestor, unidad de destilación de nitrógeno marca Buchi código , pH-metro potencial marca Biolab código 602259260015, Espectrofotómetro marca genesys 10S UV-Vis código 602239530001.

c) Reactivos: Catalizador para nitrógeno, ácido clorhídrico, ácido sulfuro

### **3.2.3. Programas de computador**

Software Microsoft office y Rstudio versión 4,2,3

## **3.3. Criterios de estudio**

### **3.3.1. Nivel de investigación**

La presente investigación es de nivel explicativo, porque el objetivo general fue determinar el efecto del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco; y como lo define (Hernandez et al,2014), los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

### **3.3.2. Tipo de investigación**

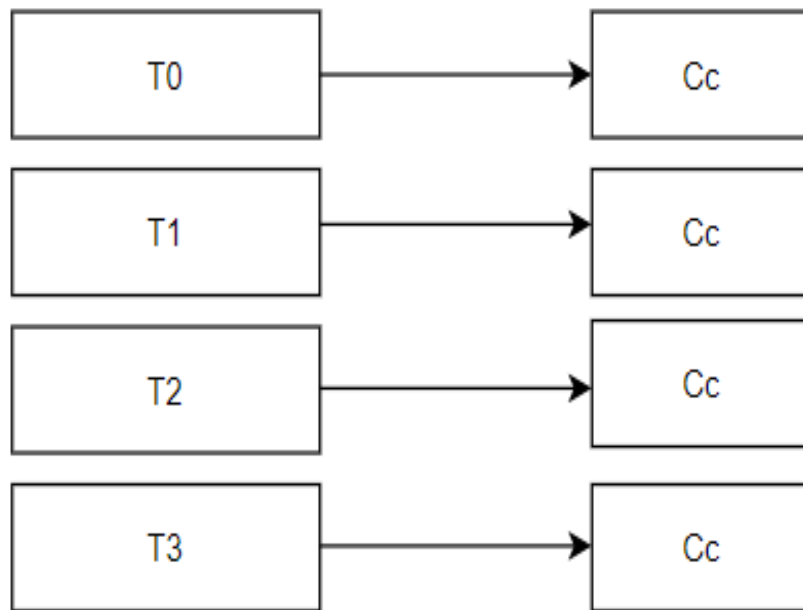
La presente investigación es de tipo experimental, en el cual se va a comprobar la hipótesis de que la aplicación de estiércol de cuy en la composta de residuos orgánicos domiciliarios mejora su calidad en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y fitotoxicidad. Para ello, se realizó 3 tratamientos, variando la dosis del estiércol de cuy para cada tratamiento.

### **3.3.3. Método de investigación**

La investigación se realizó mediante el método experimental, en el cual se comprobó la hipótesis de que la aplicación de estiércol de cuy en la composta de residuos orgánicos domiciliarios mejora su calidad en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y fitotoxicidad. Para ello, se realizaron 3 tratamientos, variando la dosis del estiércol de cuy para cada tratamiento ello se detalla en las tablas 8 y 9.

### 3.3.4. Diseño de investigación

El tipo de diseño de investigación fue experimental, completamente al azar (DCA) constituido por 3 tratamientos y 1 testigo, y 5 repeticiones por cada tratamiento, con un total de 20 unidades experimentales.



**Figura 3.** Diseño experimental de la investigación

**Donde:**

- Tratamiento 0 (T0): 100% de residuos orgánicos domiciliarios.
- Tratamiento 1 (T1): 20% de estiércol de cuy + 80% de residuos orgánicos domiciliarios
- Tratamiento 2 (T2): 30% de estiércol de cuy + 70% de residuos orgánicos domiciliarios
- Tratamiento 3 (T3): 40% de estiércol de cuy + 60% de residuos orgánicos domiciliarios
- Cc: Calidad del compost de residuos orgánicos

### 3.3.5. Variables en estudio

a) Variable dependiente: Calidad de compost de residuos orgánicos domiciliarios

- b) Variable independiente: Estiércol de cuy
- c) Variable interviniente: Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca, Huánuco.

### 3.3.6. Análisis estadístico

Mediante el software Rstudio versión 4,2,3. se aplicó una prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk a los datos obtenidos de las repeticiones de cada tratamiento, ello con la finalidad de determinar si la distribución fue normal. También se aplicó un Anova y la prueba de Tukey a los promedios obtenidos de cada tratamiento, esto con la finalidad de determinar la influencia del estiércol en la calidad del compost en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, índice de germinación y reactividad.

## 3.4. Metodología

### 3.4.1. Características fisicoquímicas que presenta el estiércol de cuy

En primer lugar, se coordinó con 20 socios del Asentamiento Humano “Kahuachi” que se dedican a la crianza de cuy en sus hogares, y se les destinó 1 saco de polipropileno vacío para la disposición del estiércol de cuy, cada saco fue codificado. Se recolectó 3 veces durante 1 semana, y fue llevado hasta el Jr. Orquídeas #114 Asociación de vivienda-San Juan de Vichaycoto, Pillco Marca, donde se registró el peso de cada saco. Luego, se mezcló y se aplicó el método del cuarteo hasta obtener una muestra de 0,500 Kg, la cual fue trasladada al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para realizar los siguientes análisis:

**pH:** Se determinó diluyendo 10g de estiércol de cuy en 20 ml de agua destilada, para ello se homogenizó con la varilla durante 1 hora, y se tomó el valor con el pHmetro potencial (Sánchez, 2015).

**Conductividad eléctrica:** Primero se diluyó una muestra de 10 g de estiércol de cuy en 20 ml de agua destilada, se homogenizó durante 2 horas y se procedió a filtrar. En este extracto acuoso producto del filtrado se introdujo el multiparámetro portátil, y se esperó unos minutos hasta que el valor se estabilice el valor de la conductividad (Sánchez, 2015).

**Humedad:** Se aplicó el método gravimétrico. Para ello se pesó el crisol en una balanza analítica, y luego se le añadió 4 g de la muestra de estiércol de cuy ( $P_0$ ). Seguidamente, se colocó la muestra en la estufa a 105 °C durante 24 horas, transcurrido dicho

tiempo se retiró la muestra de la estufa y se dejó enfriar para posteriormente pesarlo, de tal manera se obtuvo el peso seco al cual se le resto el peso del crisol ( $P_f$ ) (Sánchez, 2015).

Se determinó el porcentaje de humedad de los residuos orgánicos domiciliarios mediante la siguiente ecuación:

$$HR (\%) = \frac{(P_0 - P_f)}{(P_f)} \times 100 \text{ ----- (1)}$$

**Donde:**

$HR$  = Humedad relativa

$P_0$  = Muestra de estiércol húmedo

$P_f$  = Peso del crisol

**Contenido de materia orgánica:** Se pesó 5 g de estiércol de cuy en un crisol, esto se introdujo a la mufla a una temperatura de 375°C y se retiró después de 12 horas (Sánchez, 2015). Luego, se pesó en una balanza analítica y se aplicó la siguiente fórmula:

$$Mo (\%) = \frac{\text{Peso de muestra inicial} - \text{Peso de muestra despues de calentar}}{\text{Peso de muestra despues de calentar}} \text{ ----- (2)}$$

**Potasio disponible:** Se determinó mediante espectrofotometría de absorción o emisión atómica, para ello, primero se pesó una muestra de 5 gr en un vaso de plástico, seguido se le agregó 25 ml de Acetato de amonio 1N pH 7,0 y se agitó durante 15 minutos. Después, se filtró hasta obtener el extracto, del cual se tomó la lectura en el espectrofotómetro de absorción (Sánchez, 2015). Para el cálculo de potasio se aplicó la siguiente ecuación:

$$K (\%) = \frac{(C - C_b) \times V_t \times F}{10000 \times V_a \times G} \text{ ----- (3)}$$

**Donde:**

$C$  = mg/L en la alícuota de muestra analizada

$C_b$  = mg/L de K en el blanco

$V_t$  = Volumen total del extracto (mL)

$V_a$  = Volumen de la alícuota (mL)

$F$  = Factor de dilución

$G$  = Peso de la muestra (g)

**Fósforo disponible:** Para ello se aplicó el método de Olsen. Primero se colocó 2g de muestra de estiércol seco en un frasco de agitación, este frasco contenía 100 mg de carbón activado con 20 mL de solución extractante ( $\text{NaHCO}_3$  0,5M; pH 8,5); después se agitó durante 30 minutos, y se filtró. Del extracto se colocó 3mL en un tubo de ensayo, seguidamente se agregó 10 mL de solución de trabajo y se homogenizó para luego obtener los datos de transmitancia en un espectrofotómetro. También se realizó una curva patrón para el fósforo (Sánchez, 2015).

$$P = LC \times FD \text{ ----- (4)}$$

**Donde:**

$P$  = miligramos de P por Kg de suelo

$LC$  = Lectura en curva de calibración

$FD$  = Factor de dilución

Para calcular el factor de dilución se aplica la siguiente ecuación:

$$FD = \frac{\text{Volumen de extractante (mL)}}{\text{Peso del compost (g)}} \times \frac{\text{Volumen de reacción de color (mL)}}{\text{Volumen de alícuota (mL)}} \text{ ----- (5)}$$

**Nitrógeno total:** Para determinar este parámetro se utilizó el método Kjeldahl. Primero, se sometió 1 g de muestra de estiércol seco a proceso de digestión y se colocó en un balón micro Kjeldahl de 100mL al cual se le añadió 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Luego, se colocó en digestión hasta que se aclaró la muestra, se pasó por un proceso de enfriamiento en el cual se añadió agua destilada (aproximadamente 15 ml). Después, a la muestra enfriada se le añadió el indicador de fenolftaleína en una unidad de destilación y se tituló con hidróxido de sodio hasta que el color fue rojo (indica la neutralización de la acidez) claro. En una solución de ácido bórico se colocó el destilado, y se tituló con ácido clorhídrico hasta que el indicador fue de color rojo violeta (Sánchez, 2015). Para el cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$N = \text{Miliequivalente de N} \times 0,014 \times 100 \text{ ----- (6)}$$

**Donde:**

N = Porcentaje de nitrógeno en la muestra

Miliequivalente de N = mL de ácido gastado en la titulación /  
normalidad del ácido.

### **3.4.2. Calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y toxicidad**

#### **3.4.2.1. Composición física y características fisicoquímicas de los residuos orgánicos domiciliarios**

Se coordinó con 20 socios del Asentamiento Humano “Kahuachi” para que participen en la investigación, y para ello se les brindó una pequeña charla sobre los residuos orgánicos a compostar y se les destinó 1 balde codificado a cada socio para que coloquen sus residuos orgánicos domiciliarios, los residuos fueron recolectados diariamente durante 7 días, y trasladados al Jr. Orquídeas #114 Asociación de vivienda-San Juan de Vichaycoto, Pillco Marca, en donde se registró el peso de cada balde codificado. Para determinar la composición física y porcentual de los residuos orgánicos domiciliarios se usó la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales (2019).

Con respecto a las características fisicoquímicas de los residuos orgánicos domiciliarios recolectados, mediante el método del cuarteo se obtuvo una muestra de 0.500 Kg, la cual se trasladó al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para realizar los siguientes análisis:

**Humedad:** Se aplicó el método gravimétrico. Para ello se pesó el crisol en una balanza analítica, y luego se le añadió 4 g de la muestra de residuos orgánicos domiciliarios húmeda ( $P_0$ ). Seguidamente, se colocó la muestra en la estufa a 105 °C durante 24 horas, transcurrido dicho tiempo se retiró la muestra de la estufa y se dejó enfriar para posteriormente pesarlo, de tal manera se obtuvo el peso seco al cual se le resto el peso del crisol ( $P_f$ ) (Sánchez, 2015).

Se determinó el porcentaje de humedad de los residuos orgánicos domiciliarios mediante la siguiente ecuación:

$$HR (\%) = \frac{(P_0 - P_f)}{(P_f)} \times 100 \text{ ----- (7)}$$

**Donde:**

*HR* = Humedad relativa

*P<sub>0</sub>* = Muestra de residuos orgánicos húmedo

*P<sub>f</sub>* = Peso del crisol

**pH:** Se trituró una muestra de 20 g de residuos orgánicos domiciliarios en 40 ml de agua destilada y se homogenizó con la varilla durante 1 hora, finalmente se tomó el valor con el pH-metro potencial (Sánchez, 2015).

**Conductividad eléctrica:** Se trituró una muestra de 20 g en 40 ml de agua destilada, y el extracto obtenido fue filtrado, luego se homogenizó con la varilla durante 1 hora para tomar el valor introduciendo el multiparámetro portátil (Sánchez, 2015).

**Contenido de materia orgánica:** Se pesó 5 g de residuos orgánicos domiciliarios en un crisol, esto se introdujo a la mufla a una temperatura de 375°C y se retiró después de 12 horas (Sánchez, 2015). Luego, se pesó en una balanza analítica y se aplicó la siguiente fórmula:

$$M_o (\%) = \frac{\text{Peso de muestra inicial} - \text{Peso de muestra después de calentar}}{\text{Peso de muestra después de calentar}} \text{ ----- (8)}$$

**Potasio disponible:** Se determinó mediante espectrofotometría de absorción o emisión atómica, para ello, primero se pesó una muestra de 5 gr en un vaso de plástico, seguido se le agregó 25 ml de Acetato de amonio 1N pH 7,0 y se agitó durante 15 minutos. Después, se filtró hasta obtener el extracto, del cual se tomó la lectura en el espectrofotómetro de absorción (Sánchez, 2015). Para el cálculo de potasio se aplicó la siguiente ecuación:

$$K (\%) = \frac{(C - C_b) \times V_t \times F}{10000 \times V_a \times G} \text{ ----- (9)}$$

**Donde:**

*C* = mg/L en la alícuota de muestra analizada

*C<sub>b</sub>* = mg/L de K en el blanco

*V<sub>t</sub>* = Volumen total del extracto (mL)

$V_a$  = Volumen de la alícuota (mL)

$F$  = Factor de dilución

$G$  = Peso de la muestra (g)

**Fósforo disponible:** Para ello se aplicó el método de Olsen. Primero se colocó 2g de muestra de estiércol seco en un frasco de agitación, este frasco contenía 100 mg de carbón activado con 20 mL de solución extractante ( $\text{NaHCO}_3$  0,5M; pH 8,5); después se agitó durante 30 minutos, y se filtró. Del extracto se colocó 3mL en un tubo de ensayo, seguidamente se agregó 10 mL de solución de trabajo y se homogenizó para luego obtener los datos de transmitancia en un espectrofotómetro. También se realizó una curva patrón para el fósforo (Sánchez, 2015).

$$P = LC \times FD \text{ ----- (10)}$$

**Donde:**

$P$  = miligramos de P por Kg de suelo

$LC$  = Lectura en curva de calibración

$FD$  = Factor de dilución

Para calcular el factor de dilución se aplica la siguiente ecuación:

$$FD = \frac{\text{Volumen de extractante (mL)}}{\text{Peso del compost (g)}} \times \frac{\text{Volumen de reacción de color (mL)}}{\text{Volumen de alícuota (mL)}} \text{ ----- (11)}$$

**Nitrógeno total:** Para determinar este parámetro se utilizó el método Kjeldahl. Primero, se sometió 1 g de muestra de estiércol seco a proceso de digestión y se colocó en un balón micro Kjeldahl de 100mL al cual se le añadió 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Luego, se colocó en digestión hasta que se aclaró la muestra, se pasó por un proceso de enfriamiento en el cual se añadió agua destilada (aproximadamente 15 ml). Después, a la muestra enfriada se le añadió el indicador de fenolftaleína en una unidad de destilación y se tituló con hidróxido de sodio hasta que el color fue rojo (indica la neutralización de la acidez) claro. En una solución de ácido bórico se colocó el destilado, y se tituló con ácido clorhídrico hasta que el indicador fue de color rojo violeta (Sánchez, 2015). Para el cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$N = \text{Miliequivalente de N} \times 0,014 \times 100 \text{ ----- (12)}$$

**Donde:**

N = Porcentaje de nitrógeno en la muestra

Miliequivalente de N = mL de ácido gastado en la titulación /  
normalidad del ácido.

**3.4.2.1.1. Proceso de compostaje**

Picado de los residuos orgánicos domiciliarios recolectados: Todos los residuos fueron picados a un tamaño no mayor de 20 mm, y después de ello fueron mezclados.

Armado de las composteras: Se instalaron 5 composteras tipo contenedor con 10 Kg, para cada tratamiento. Cada una de las composteras fueron codificadas de acuerdo al tratamiento y número de repetición. La cantidad de residuos orgánicos y estiércol de cuy variaron de acuerdo a los tratamientos.

**Tabla 7.** Cantidad de materia prima a compostar en cada tratamiento

Materia prima	T0	T1	T2	T3
ROD	10 Kg	8 Kg	7 Kg	6 Kg
EC	-	2 Kg	3 Kg	4 Kg
Total	10 Kg	10 Kg	10 Kg	10 Kg

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** Cantidad porcentual de materia prima a compostar en cada tratamiento

Materia prima	T0	T1	T2	T3
ROD	100%	80%	70%	60%
EC	-	20%	30%	40%
Total	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

**Donde:**

ROD = Residuos orgánicos domiciliarios

EC = Estiércol de cuy



**Figura 4.** Composteras instaladas en el lugar de ejecución

La base de las composteras tuvo orificios por el cual drenaron los lixiviados producto del proceso de compostaje, y también tenían una inclinación de 3 cm. Las composteras tenían 35 cm de ancho, 51 cm de largo y 28 cm de altura.

c) Monitoreo y control: Se determinó el pH y humedad cada dos semanas y para ello se llevaba una muestra de 15g de cada compostera al Laboratorio de Suelos de la UNAS. El monitoreo de temperatura se realizó todos los días a las 9:30 a.m con un termómetro digital, durante todo el proceso de compostaje. Los volteos se realizaron cuando la temperatura sobrepasaba los 40°C.

#### **3.4.2.2. Características fisicoquímicas del compost de residuos orgánicos domiciliarios**

**Densidad aparente:** Se aplicó el método del cilindro metálico. Primero se registraron los datos del cilindro como su altura, diámetro y su peso vacío. Luego se llenó con muestra de compost, y se cubrió con un papel, dicho papel fue pesado. Se colocó en la estufa durante 48 horas a 105°C, después de ello se dejó enfriar durante 1 hora y se registró su peso (Sánchez, 2015). Finalmente, para el cálculo de la densidad se aplicó las siguientes ecuaciones:

$$V_{cil} = \pi \times r^2 \times h \text{ ----- (13)}$$

**Donde:**

$V_{cil}$  = volumen del cilindro (m<sup>3</sup>)

$\pi$  = 3,1416

$r$  = radio del cilindro (m)

$h$  = altura del cilindro (m)

Luego se determinó la densidad aparente:

$$Pa = \frac{W_{seco} \text{ (Kg)}}{V_{cil} \text{ (m}^3\text{)}} \text{ ----- (14)}$$

**Donde:**

$Pa$  = Densidad aparente (Kg/m<sup>3</sup>)

$W_{seco}$  = Peso seco de compost (Kg)

$V_{cil}$  = Volumen del cilindro (m<sup>3</sup>)

**Humedad relativa y masa seca:** Se aplicó el método gravimétrico. Seguido a ello se determinó el porcentaje de masa seca (MS) mediante las siguientes ecuaciones (Sánchez,2015).

$$HR (\%) = \frac{(P_0 - P_f)}{(P_f)} \times 100 \text{ ----- (15)}$$

**Donde:**

$HR$  = Humedad relativa

$P_0$  = Muestra de residuos orgánicos húmedo

$P_f$  = Peso del crisol

$$MS (\%) = 100 - HR \text{ ----- (16)}$$

**Donde:**

$MS$  = Masa seca

$HR$  = Humedad relativa

**Temperatura:** Este parámetro se controló a lo largo del proceso de compostaje, teniendo en cuenta que el compost es adecuado cuando pasa el proceso de maduración, se consideró que la temperatura del compost se estabilice con valores alrededor de la temperatura ambiente.

**Conductividad eléctrica:** Se diluyó una muestra de compost en agua destilada (relación 1:2), y se agitó durante 2 horas para ser filtrado. En este extracto acuoso producto del filtrado se introdujo el multiparámetro portátil para obtener el valor de la conductividad eléctrica del compost (Sánchez, 2015).

**pH:** En un vaso precipitado se diluyó una muestra de 10g de compost en 20 ml de agua destilada (relación 1:2), se agitó durante una hora, y finalmente se realizará la lectura con el pH-metro (Sánchez, 2015).

**Contenido de materia orgánica:** Se pesó 5 g de compost en un crisol, esto se introdujo a la mufla a una temperatura de 375°C y se retiró después de 12 horas (Sánchez, 2015). Luego, se pesó en una balanza analítica y se aplicó la siguiente fórmula:

$$Mo (\%) = \frac{\text{Peso de muestra inicial} - \text{Peso de muestra despues de calentar}}{\text{Peso de muestra despues de calentar}} \text{-----} (17)$$

### 3.4.2.3. Contenido de nutrientes

**Potasio disponible:** Se determinó mediante espectrofotometría de absorción o emisión atómica, para ello, primero se pesó una muestra de 5 gr en un vaso de plástico, seguido se le agregó 25 ml de Acetato de amonio 1N pH 7,0 y se agitó durante 15 minutos. Después, se filtró hasta obtener el extracto, del cual se tomó la lectura en el espectrofotómetro de absorción (Sánchez, 2015). Para el cálculo de potasio se aplicó la siguiente ecuación:

$$K (\%) = \frac{(C-Cb) \times Vt \times F}{10000 \times Va \times G} \text{-----} (18)$$

**Donde:**

C = mg/L en la alícuota de muestra analizada

Cb = mg/L de K en el blanco

Vt = Volumen total del extracto (mL)

Va = Volumen de la alícuota (mL)

$F$  = Factor de dilución

$G$  = Peso de la muestra (g)

**Fósforo disponible:** Para ello se aplicó el método de Olsen. Primero se colocó 2g de muestra de estiércol seco en un frasco de agitación, este frasco contenía 100 mg de carbón activado con 20 mL de solución extractante ( $\text{NaHCO}_3$  0,5M; pH 8,5), después se agitó durante 30 minutos, y se filtró. Del extracto se colocó 3mL en un tubo de ensayo, seguidamente se agregó 10 mL de solución de trabajo y se homogenizó para luego obtener los datos de transmitancia en un espectrofotómetro. También se realizó una curva patrón para el fósforo (Sánchez, 2015).

$$P = LC \times FD \text{ ----- (19)}$$

**Donde:**

$P$  = miligramos de P por Kg de suelo

$LC$  = Lectura en curva de calibración

$FD$  = Factor de dilución

Para calcular el factor de dilución se aplica la siguiente ecuación:

$$FD = \frac{\text{Volumen de extractante (mL)}}{\text{Peso del compost (g)}} \times \frac{\text{Volumen de reacción de color (mL)}}{\text{Volumen de alicuota (mL)}} \text{ ----- (20)}$$

**Nitrógeno total:** se utilizó el método Kjeldahl. Primero, se sometió 1 g de muestra seco a proceso de digestión y se colocó en un balón micro Kjeldahl de 100mL al cual se le añadió 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Luego, se colocó en digestión hasta que se aclaró la muestra, se pasó por un proceso de enfriamiento en el cual se añadió agua destilada (aproximadamente 15 ml). Después, a la muestra enfriada se le añadió el indicador de fenolftaleína en una unidad de destilación y se tituló con hidróxido de sodio hasta que el color fue rojo (indica la neutralización de la acidez) claro. En una solución de ácido bórico se colocó el destilado, y se tituló con ácido sulfúrico hasta que el indicador fue de color rojo violeta (Sánchez, 2015). Para el cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$N = \text{Miliequivalente de N} \times 0,014 \times 100 \text{ ----- (21)}$$

**Donde**

$N$  = Porcentaje de nitrógeno en la muestra

Miliequivalente de  $N$  = mL de ácido gastado en la titulación / normalidad del ácido.

#### 3.4.2.4. Reactividad del compost de residuos orgánicos domiciliarios

##### a) Test de la actividad respiratoria en cuatro días (AT4)

En primer lugar, se determinó la capacidad de retención de agua del compost (CRA). Para ello se saturó con agua destilada una muestra de compost de 500 g, del cual la mitad se llevó a la estufa a secar a 105°C por un periodo de 24 horas. El resto de la muestra de compost saturada se dejó reposar en una bandeja de aluminio por un periodo de tiempo entre 6 a 8 horas. Luego, se extrajo una muestra de 100 mL y se determinó su peso. La incubación se realizó en frascos de 2 L con cabezales de OxiTop, en ella se introdujo la muestra de 100mL. Los frascos estaban contenidos de Cal sodada. Finalmente, se colocó los frascos en una cámara de clima constante a una temperatura de 20°C por un periodo de 7 días. Esta medición se realizó en el laboratorio de Calidad de Aire de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Las lecturas de presión se realizaron cada dos días, y en el caso de que su valor sobrepase los 150hPa se abría los frascos para su respectiva aireación. Para determinar la actividad respiratoria se aplicó las siguientes fórmulas:

Primero, se determinó la masa seca en gramos de la muestra de compost:

$$M_s = \frac{P_h \times CRA}{100 \%} \text{-----} (22)$$

**Donde:**

$M_s$  = Masa seca en gramos de la muestra de compost (g)

$P_h$  = Peso de la muestra húmeda a volumen constante (g)

$CRA$  = Capacidad de retención de agua de la muestra húmeda (%)

Luego, se determinó el volumen de gas libre en el frasco de reacción:

$$V_{glf} = V_{tf} - V_a - V_m \text{-----} (23)$$

**Donde:**

$V_{glf}$  = Volumen de gas libre en el frasco de reacción (L)

$V_{tf}$  = Volumen total del frasco de reacción (L)

$V_a$  = Volumen del absorbente en litros (L)

$V_m$  = Volumen de muestra que se colocó en el frasco de reacción (L)

Finalmente:

$$AT4 = \frac{MO_2 \times V_{glf} \times \sum_{x=1}^{96h} |\Delta p|}{R \times T \times M_s} \text{ ----- (24)}$$

**Donde:**

$AT4$  = Actividad respiratoria en cuatro días (mg O<sub>2</sub>/g Ms)

$MO_2$  = Peso molecular del oxígeno

$V_{glf}$  = Volumen de gas libre en el frasco de reacción (L)

$|\Delta p|$  = Diferencia parcial de presión por consumo de oxígeno (hPa)

$R$  = Constante del gas ideal

$T$  = Temperatura de reacción (°K)

$M_s$  = Masa seca de la muestra de compost (g)

**3.4.2.5. Efecto fitotóxico del compost****a) Índice de germinación**

Se preparó una dilución de compost en agua destilada (1/10), ello se agitó durante 30 minutos y se filtró con papel filtro. Luego, en una placa Petri se colocó un papel filtro, este papel se humedeció antes con la solución filtrada. Posteriormente, se colocó en las placas 10 semillas de rabanito (*Raphanus sativus*), y se evaluó durante 4 días. Cumplido el periodo de evaluación, se midió la longitud radicular. Estos valores se compararon con un

testigo que fue sembrado solo con agua destilada. Finalmente, se aplicó la siguiente fórmula para determinar el índice de germinación:

$$PGR = \frac{\text{Número de semillas germinadas en el extracto}}{\text{Número de semillas germinadas en el testigo}} \times 100 \text{ ----- (25)}$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación radicular en extracto}}{\text{Elongación de radículas en el testigo}} \times 100 \text{ ----- (26)}$$

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100} \text{ ----- (27)}$$

**Donde:**

*PGR* = Porcentaje de germinación relativa

*CRR* = Crecimiento radicular relativo

*IG* = Índice de germinación

Se usó la semilla de rabanito porque es una hortaliza sensible a sustancias tóxicas, y a ello se suma que en la Norma Chilena se establece el porcentaje mínimo para dicha semilla, siendo esta  $\geq 80\%$ .

### **3.4.3. Influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas, contenido de nutrientes, reactividad y efecto fitotóxico**

Para determinar la influencia del estiércol de cuy, se compararon los resultados obtenidos de los 3 tratamientos con el testigo, en base a sus características fisicoquímicas (densidad aparente, humedad, materia orgánica, conductividad eléctrica y pH), contenido de nutrientes (Nitrógeno, potasio y fósforo), reactividad y toxicidad.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Características fisicoquímicas que presenta el estiércol de cuy

**Tabla 9.** Análisis fisicoquímico del estiércol de cuy

Parámetro	Unidad de medida	Valor
pH	-	9,230
Conductividad eléctrica	(dS/m)	7,340
Humedad	%	14.308
Materia orgánica	%	54,170
N	%	1,736
P	%	0,354
K	%	1,015

Según los resultados obtenidos el pH del estiércol de cuy del Asentamiento Humano “Kahuachi” fue 9,230; este valor es cercano al que Sinche (2022) determinó en su investigación, siendo este 9,81 y la conductividad eléctrica fue 7,30 dS/m, dicho valor también es cercano al que se obtuvo en la presente investigación el cual fue 7,340 dS/m. La materia orgánica fue 54,170%, este valor es corroborado por Sinche (2022) quien obtuvo 68,73% y por Paredes et al (2020) con un 63,1%. Con respecto al contenido de nutrientes N,P y K se obtuvieron 1,736% ; 0354% y 1,015%, respectivamente, dichos valores son cercanos al que presentó Paredes et al (2020), quedando confirmado que el estiércol de cuy tiene buen contenido de nutrientes para ser aprovechados.

## **4.2. Calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios**

### **4.2.1. Composición y características fisicoquímicas de los residuos orgánicos domiciliarios**

#### **a. Composición de los residuos orgánicos domiciliarios**

La composición de los residuos se realizó durante una semana en la cual se determinó que en el Asentamiento Humano se genera mayormente restos de tubérculos con un 35,541 %, seguido de restos de frutas con un 34,380%, restos de verduras un 28,649%; ello según la metodología de la guía de estudio de caracterización de residuos municipales del Ministerio de Ambiente (2019).

**Tabla 10.** Composición de residuos orgánicos domiciliarios

Tipo de residuos orgánicos domiciliarios	Composición de residuos orgánicos domiciliarios							Total	Composición porcentual
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
	12/06/2023	13/06/2023	14/06/2023	15/06/2023	16/06/2023	17/06/2023	18/06/2023		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg		
<b>Restos de verduras</b>								47,5698	28,649
Zapallo	1,091	0,889	1,080	1,200	1,122	1,058	1,211	7,650	4,607
Col y lechuga	1,184	1,260	1,517	1,437	1,295	1,236	1,213	9,143	5,506
Alverja y habas	0,579	0,532	0,403	0,641	0,514	0,363	0,537	3,571	2,151
Poro, apio culantro	0,461	0,484	0,508	0,497	0,467	0,485	0,476	3,380	2,036
Zanahoria	2,536	2,667	2,423	2,608	2,507	2,465	2,558	17,762	10,697
Cebolla	0,174	0,184	0,204	0,217	0,227	0,171	0,195	1,374	0,827
Pepino	0,687	0,652	0,661	0,695	0,676	0,641	0,678	4,690	2,825
<b>Restos de frutas</b>								57,086	34,380
Naranja	2,440	2,442	2,481	2,463	2,459	2,486	2,450	17,223	10,373
Tomate	0,433	0,446	0,440	0,420	0,450	0,409	0,369	2,965	1,786
Mango	0,342	0,347	0,338	0,350	0,341	0,333	0,332	2,385	1,436
Papaya	0,541	0,566	0,551	0,565	0,502	0,509	0,576	3,810	2,295
Plátano	2,400	2,350	2,419	2,469	2,406	2,427	2,437	16,908	10,183
Mandarina	0,602	0,600	0,665	0,588	0,615	0,594	0,591	4,255	2,563
Palta	0,137	0,139	0,124	0,126	0,127	0,121	0,113	0,884	0,532
Limón	0,863	0,842	0,799	0,844	0,752	0,822	0,870	5,795	3,490
Piña	0,362	0,439	0,422	0,430	0,414	0,441	0,353	2,861	1,723
<b>Restos de tubérculos</b>								59,013	35,541
Beterraga	0,342	0,367	0,181	0,376	0,253	0,383	0,369	2,273	1,369
Papa	5,277	5,320	5,371	6,135	5,030	5,014	4,881	37,031	22,302
Yuca	1,943	2,923	2,613	2,187	2,964	2,263	2,439	17,334	10,439
Cáscara de huevo	0,321	0,145	0,421	0,267	0,427	0,438	0,356	2,375	1,430
<b>Total</b>	22,717	23,596	23,623	24,517	23,550	22,661	23,006	166,044	100,000

**b. Características fisicoquímicas de los residuos orgánicos domiciliarios**

**Tabla 11.** Análisis fisicoquímico de los residuos orgánicos domiciliarios

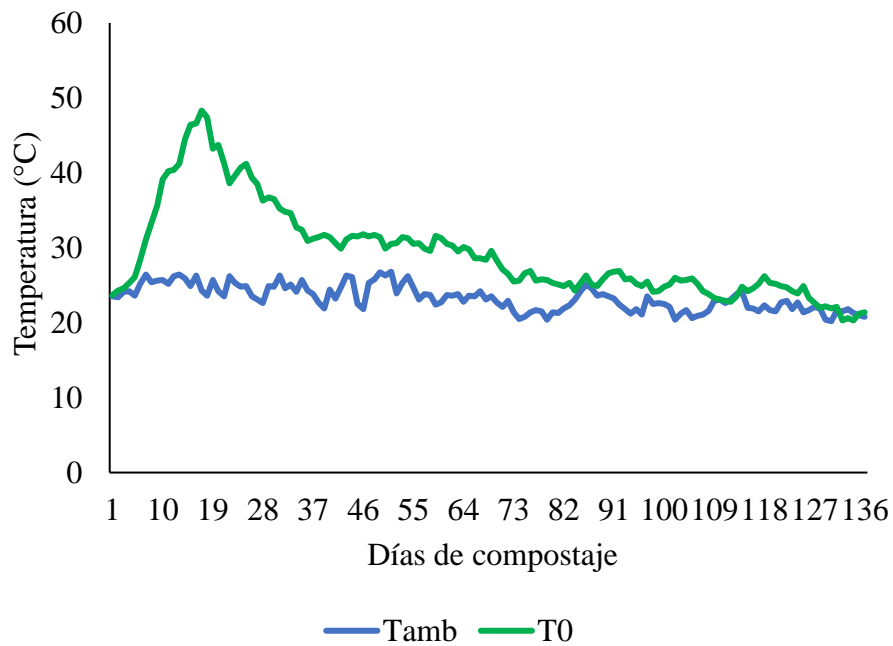
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor</b>
pH	-	5,330
Conductividad eléctrica	(dS/m)	7,560
Humedad	%	70,124
Materia orgánica	%	22,200
N	%	1,512
P	%	0,317
K	%	3,125

Según los análisis de los residuos orgánicos domiciliarios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, el pH fue de 5,330; siendo ácido; la conductividad eléctrica fue 7,560 dS/m con un contenido de materia orgánica de 22,200%. Con respecto a su contenido de N, P y K, fueron 1,512 %; 0,317 % y 3,125 % respectivamente. Todos estos valores fueron cercanos a los que obtuvieron Sinche (2022) y Paredes et al(2020) en sus investigaciones.

**4.2.2. Proceso de compostaje**

**4.2.2.1. Temperatura**

De acuerdo a la medición de la temperatura durante todo el proceso de compostaje, se puede observar que pasó por las cuatro fases, siendo estas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración.

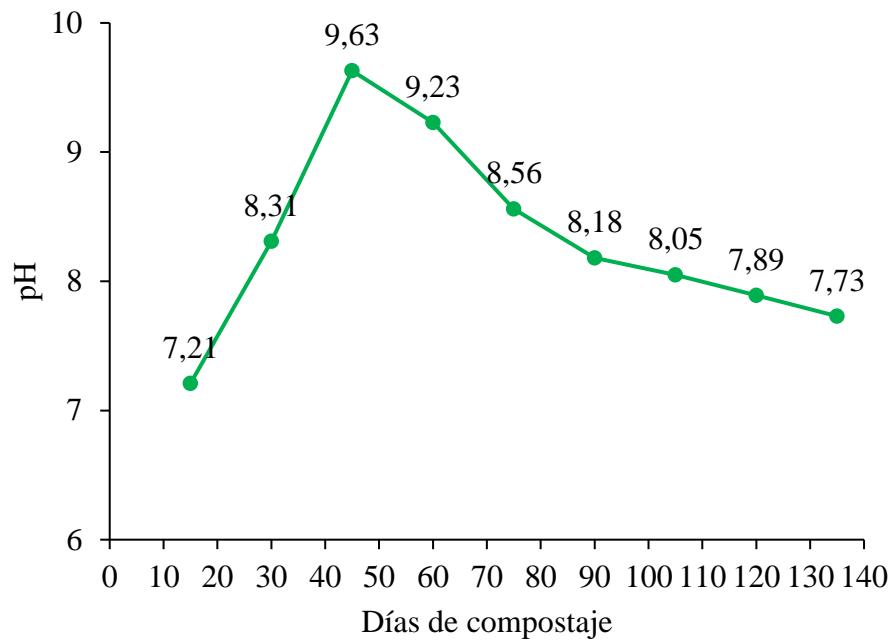


**Figura 5.** Comportamiento de la temperatura del T0, en función de los días de compostaje

En la figura 5, se muestra el comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostaje del T0 (Residuos orgánicos domiciliarios) y de la temperatura ambiente, los datos reflejados en la gráfica son la media de los valores de las repeticiones que fueron tomadas diariamente durante el proceso de compostaje. Se observa que en los primeros 8 días la temperatura varió de acuerdo con la temperatura ambiente, el día 9 la temperatura empezó a elevarse alrededor de los 40°C, lo cual indica que estaba ingresando a la fase termófila, y la temperatura máxima que alcanzó fue de 47,36°C, este proceso fue durante 15 días. Según Sinche (2022), el incremento de la temperatura se debe a la actividad microbiológica y esto fue beneficioso porque ayudó a eliminar agentes patógenos. Después el compostaje ingresó a una fase de enfriamiento, ya que su temperatura comenzó a descender de los 40°C, ello se debe a la presencia de las bacterias mesófilas y duró aproximadamente hasta el día 76. Finalmente ingresó a la fase de maduración en la cual la temperatura variaba alrededor de la temperatura ambiente. Según el comportamiento de la temperatura se observó que el proceso de compostaje pasó por las cuatro fases: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (ESF, 2018). Los datos obtenidos fueron semejantes a los que reportó (La Cruz, 2019), en su investigación durante el proceso de compostaje.

#### 4.2.2.2. pH

Según el monitoreo de pH durante todo el proceso de compostaje, inicialmente el valor fue el más bajo; y el más alto fue 9,63 durante todo el proceso.

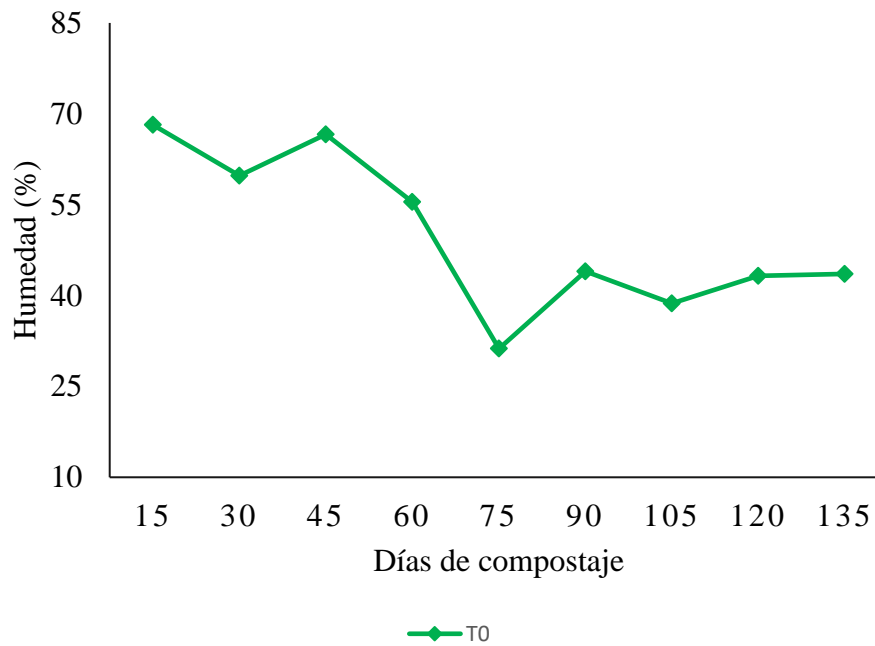


**Figura 6.** Comportamiento del pH del T0, en función de los días de compostaje

En la figura 6 se observa que en los primeros 15 días el pH del T0 (residuos orgánicos domiciliarios) fue cercano al neutro, después incrementó hasta 9,63; este valor fue alcanzado a los 45 días. Después de los 60 días, el pH fue disminuyendo, pero se mantenía alcalino. Según Leiva *et al* (2018), esto se debió a la ausencia de materia orgánica degradable, por lo cual los valores empezaron a ser cercanos a 8. En las últimas dos semanas el valor fue cercano al neutro, terminado con un 7,73; este valor fue cercano al que obtuvo Damián (2018) en su investigación con un valor promedio de 7,56 y La Cruz (2019) con un valor de 7,17. Los datos reflejados en la gráfica son la media de los valores de las repeticiones que fueron analizadas en el laboratorio de la UNAS cada 15 días durante el proceso de compostaje.

#### 4.2.2.3. Humedad

El monitoreo de la humedad permitió controlar los malos olores, y controlar entre los rangos óptimos para el proceso de compostaje.



**Figura 7.** Comportamiento de la humedad del T0, según los días de compostaje

El comportamiento de la humedad del T0 empezó bordeando los 60%, lo cual no era beneficioso para el proceso de compostaje ya que generaba malos olores (Bohorquez, 2019), así que se realizó volteos seguido hasta obtener valores  $>30\%$  y  $<45\%$ , y también se aplicó el método del puño.

#### 4.2.3. Características fisicoquímicas del compost de residuos orgánicos domiciliarios

Al terminar el proceso de compostaje se obtuvo 3,326 kg de compost (promedio de las 5 repeticiones), y el valor del pH fue cercano al neutro.

**Tabla 12.** Características fisicoquímicas del compost obtenido del T0

Parámetro	Norma Chilena 2880		T0
	Clase A	Clase B	
Densidad aparente	$\leq 700 \text{ kg/m}^3$		596,516
Humedad	$>30\%$ y $<45\%$		43,580
Conductividad eléctrica	$< 3 \text{ dS/m}$	$\geq 3 \text{ dS/m}$ y $\leq 8 \text{ dS/m}$	5,920
pH	$> 5$ y $\leq 8,5$		7,7260
Materia orgánica	$\geq 20\%$		43,308

Según los resultados, el compost obtenido del T0, obtuvo una densidad aparente de 596,516 Kg/m<sup>3</sup>; 43,580% de humedad; 5,920 dS/m, un pH cercano al neutro, con un valor de 7,726 y un 43,308% de contenido de materia orgánica, valores cercanos a los que obtuvieron Sinche (2022) y La Cruz (2019) en sus investigaciones. De acuerdo con la Norma Chilena 2880, el compost de residuos orgánicos domiciliarios es de clase B.

#### 4.2.4. Contenido de nutrientes del compost de residuos orgánicos domiciliarios

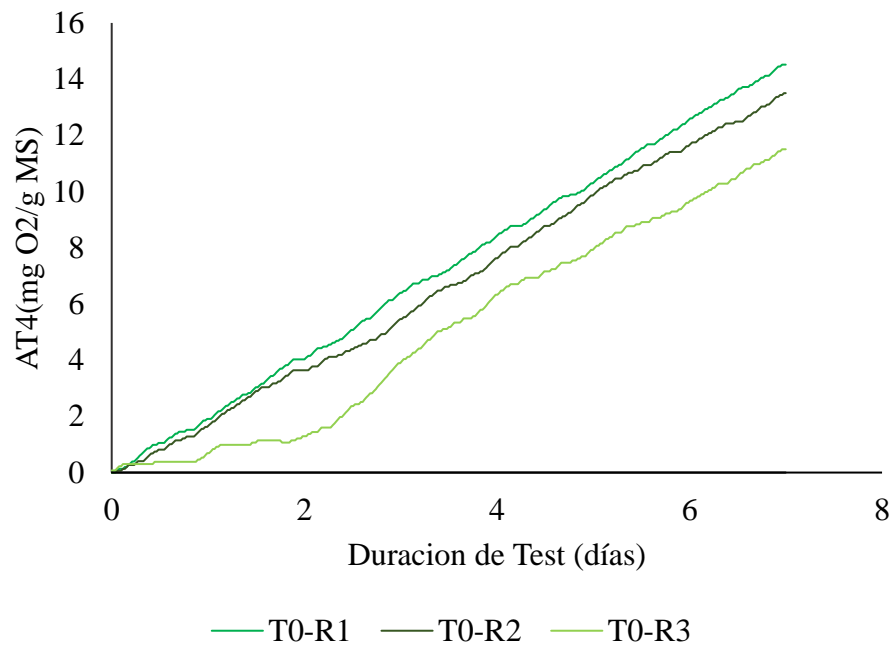
**Tabla 13.** Contenido de nutrientes del compost obtenido del T0

Parámetro	FAO/Norma Chilena 2880	T0
Nitrógeno total	Norma Chilena: $\geq 0.5\%$	1,901
Fosforo	FAO: 0,1% – 1,0%	0,129
Potasio	FAO: 0,3% – 1,0%	1,760

El nutriente más elevado que presentó el compost obtenido fue Nitrógeno con 1,9006%, seguido por Potasio con 1,760 %; ello se debió principalmente a los residuos orgánicos, ya que inicialmente se había analizado la materia a compostar y estos valores eran elevados; siendo 1,512% y 3,125 %, respectivamente. Por otro lado, el compost presentó 0,129% de Fósforo, estos valores fueron corroborados por La Cruz (2019) en su investigación. Comparando con los valores estipulados por la FAO, solo el porcentaje de Potasio no está dentro del rango.

#### 4.2.5. Reactividad del compost de residuos orgánicos domiciliarios

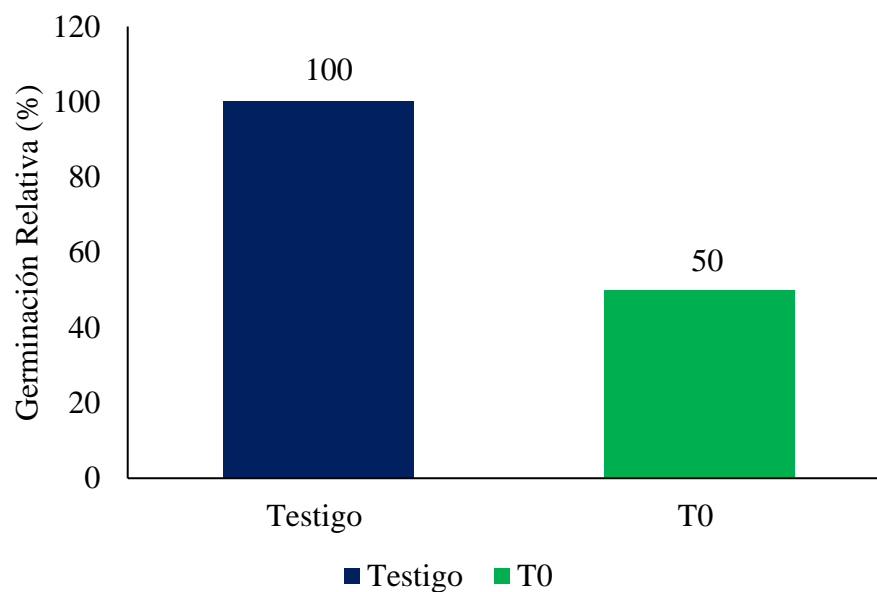
De acuerdo a la medición de la reactividad del compost obtenido, estos valores fueron altos, superando los 7 mg O<sub>2</sub>/g Ms.



**Figura 8.** Reactividad del compost de residuos orgánicos domiciliarios

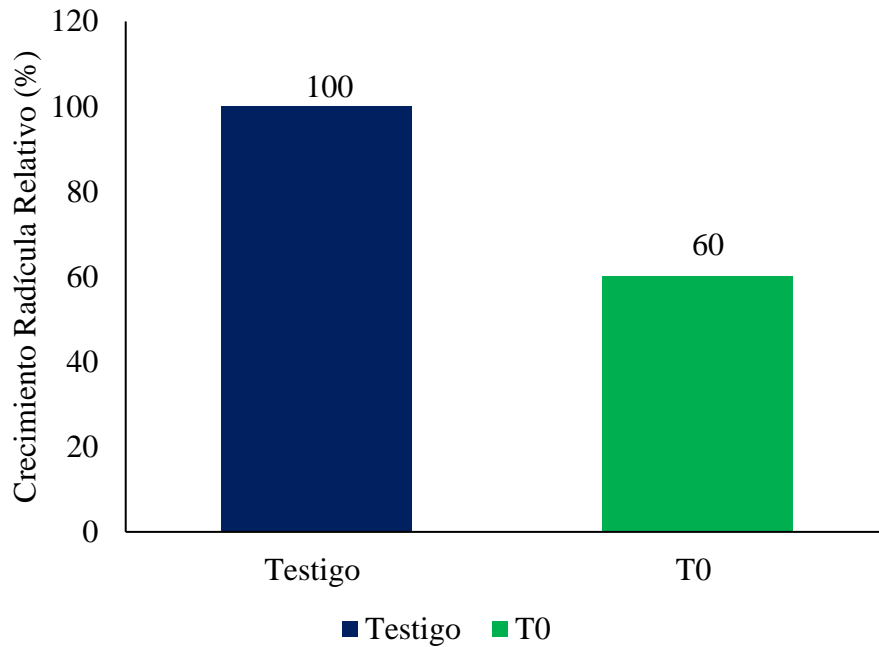
En la primera repetición se obtuvo un valor de 8,6 mg O<sub>2</sub>/g Ms, mientras que R2 8,3 mg O<sub>2</sub>/g Ms y la última repetición 8,7 mg O<sub>2</sub>/g Ms, obteniéndose como valor promedio 8,5 mg O<sub>2</sub>/g Ms de la actividad respiratoria en cuatro días. Según Chasquero (2019), si el compost supera los 7 mg O<sub>2</sub>/g Ms aún hay actividad degradativa aerobia. Asimismo, se afirma que no cumple con el valor máximo establecido por la Norma Austriaca (7 mg O<sub>2</sub>/g Ms).

#### 4.2.6. Efecto fitotóxico del compost de residuos orgánicos domiciliarios del Asentamiento Humano “Kahuachi”, Pillco Marca



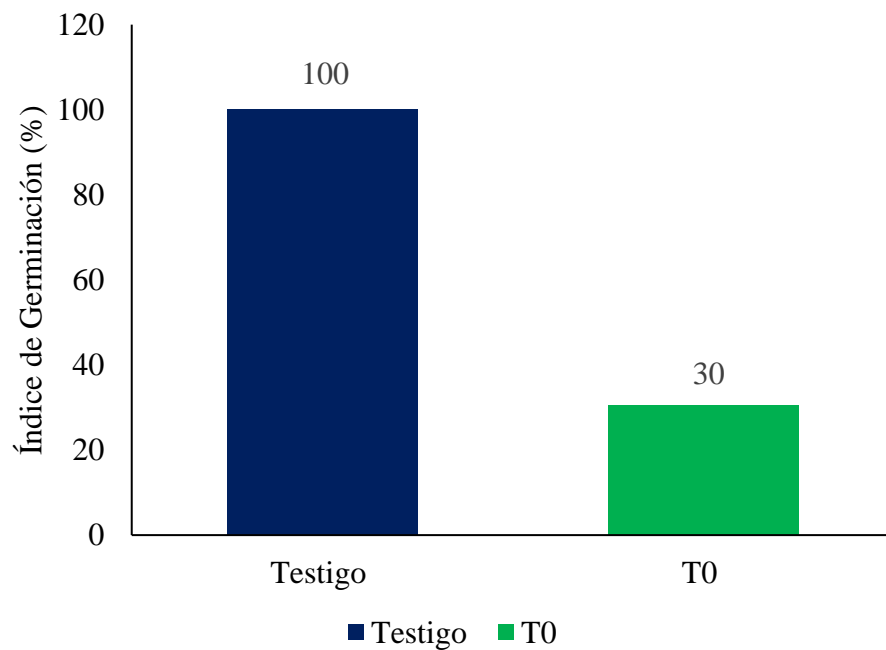
**Figura 9.** Porcentaje de germinación relativa del T0

De las 10 semillas de rabanito, germinaron 5 semillas, lo cual representó el 50% de germinación relativa.



**Figura 10.** Crecimiento radicular relativo del T0

El porcentaje de germinación relativa y el crecimiento radicular relativo se reflejaron en el Índice de germinación del T0, obteniéndose un valor de 30%.



**Figura 11.** Índice de germinación del T0

**Tabla 14.** Calidad del compost obtenido del T0, en base al efecto fitotóxico.

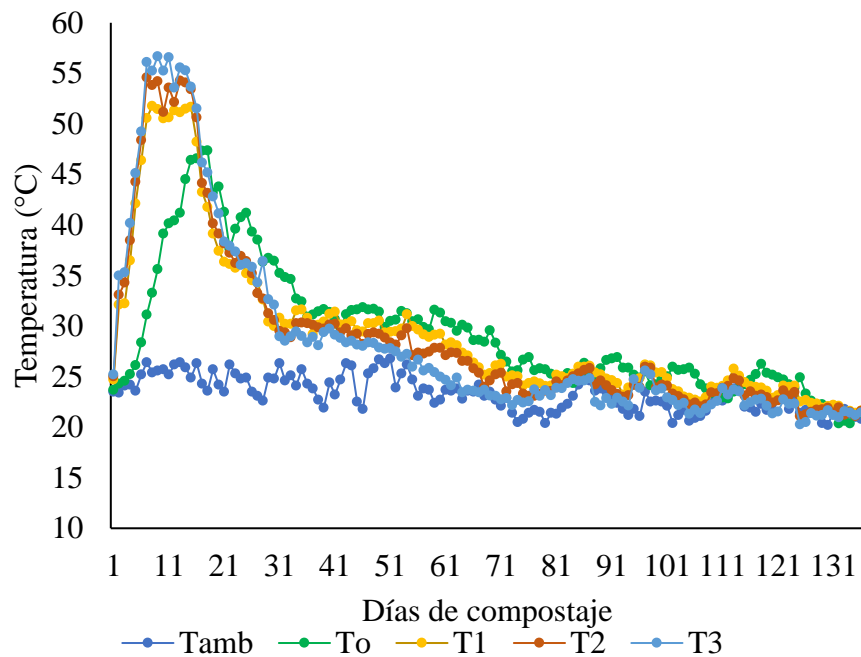
Parámetro	Tipo de composta			T0
	A	B	C	
Fitotoxicidad (IG)	IG $\geq$ 85%	IG $\geq$ 75%	IG $\geq$ 60%	30,063

Según la Norma Mexicana el compost obtenido del T0, en base al efecto fitotóxico es menor que el Tipo “C”, ya que el valor del índice de germinación es menor al 60%.

#### 4.3. Influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios

##### 4.3.1. Proceso de compostaje

##### 4.3.1.1. Temperatura



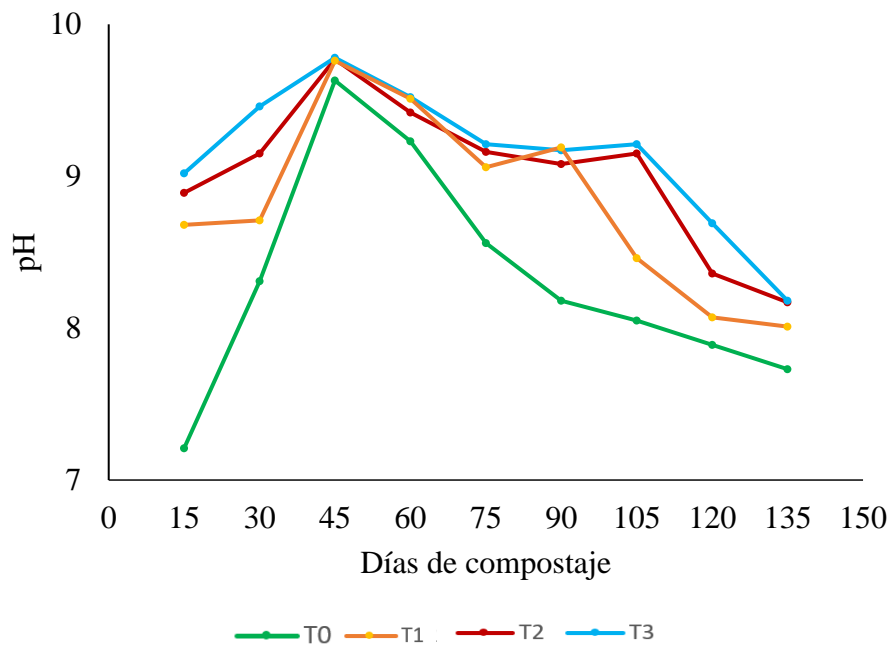
**Figura 12.** Comportamiento de la temperatura en los tratamientos de compost, en función de los días de compostaje

Todos los tratamientos empezaron a temperatura ambiente (fase mesófila), pero empezaron a elevarse con el paso de los días. El T3 fue el primero en ingresar a la fase termófila en el día 4, seguidos por el T1 y T2 que sobrepasaron los 40°C desde el día 5, y el T0 en el día 10, es en esta fase que se eliminaron los patógenos presentes. En la gráfica se puede observar que la temperatura máxima fue alcanzada por el T3 el día 8 con un valor de 56,68; luego el día 9 el T2 alcanzó una temperatura de 54,60; el T1 alcanzó 51,78; y por último el T0 alcanzó 47,36; en base a estos resultados se puede afirmar que los tratamientos que tenían mayor cantidad de estiércol de cuy alcanzaron temperaturas más altas en comparación al T0 (

100% residuos orgánicos domiciliarios), y según Sinche (2022), esto se debe a que hubo una mayor actividad metabólica por parte de los microorganismos en comparación con los demás tratamientos, Después, la temperatura empezó a descender hasta los 40°C y con ello ingresó a la fase de enfriamiento, en el caso del T0 ingresó el día 22, el T1 el día 18, el T2 y T3 el día 20. Finalmente, las compostas ingresaron a la fase de maduración; primero el T3, seguido por el T2, T1 y T0; empezaron el día 46,50,61 y 77; respectivamente, en dicha fase la temperatura de las compostas bordeaba la temperatura ambiente hasta que se finalizó el proceso de compostaje. Según el comportamiento de la temperatura de todos los tratamientos se observó que pasaron por las cuatro fases: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (ESF, 2018).

#### 4.3.1.2.pH

Se puede observar que el estiércol de cuy influencia en el comportamiento del pH del compost, ya que el T3 presentó el proceso más acelerado y fue el que contenía mayor cantidad de estiércol.



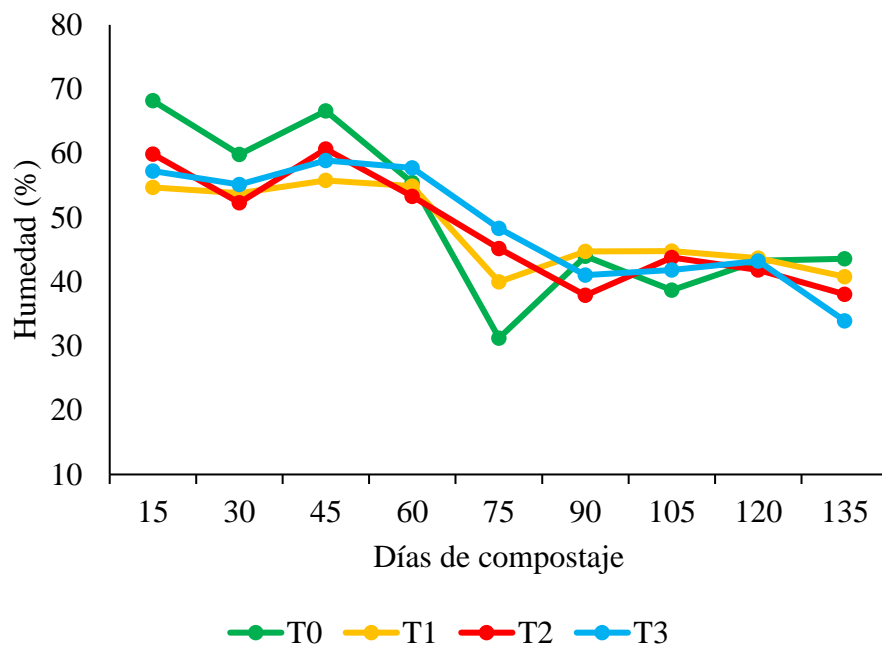
**Figura 13.** Comportamiento del pH en los tratamientos de compost, en función de los días de compostaje

En la figura se puede observar que el pH del T0 a los 15 días de haber empezado el proceso de compostaje fue 7,21; valor cercano a la neutralidad, por otro lado los tratamientos que contenían estiércol de cuy (T1, T2 y T3) tenía valores de pH alcalinos 8,68; 8,89 y 9,02; respectivamente, a los 30 días, los valores incrementaron siendo todos alcalinos; en el caso del T0 empezó a tener un pH cercano a la neutralidad desde el día 105; mientras que

los T1, T2 y T3 se mantuvieron alcalinos pero con valores cercanos a 8. Según Leiva et al (2018), esto se debió a la ausencia de materia orgánica degradable, por lo cual los valores empezaron a ser cercanos a 8. Al finalizar el proceso el valor más elevado lo tuvo el T3 con un 8,18; y durante todo el proceso de compostaje también alcanzó el valor más alto con 9,78 a los 45 días del proceso, estos valores son cercanos a los que obtuvieron (Mendoza, 2021) y (La Cruz, 2019) en sus investigaciones. Con estos resultados se puede afirmar lo que mencionó Sinche (2022) en su investigación, que el estiércol de cuy influencia en el comportamiento del pH del compost, ya que el T3 presentó el proceso más acelerado y fue el que contenía mayor cantidad de estiércol.

#### 4.3.1.3. Humedad

Se puede observar que se controló la humedad de todos los tratamientos hasta obtener valores  $>30\%$  y  $<45\%$ , de tal manera que cumplieron con la Norma Chilena 2880, y de esa manera no había malos olores.



**Figura 14.** Comportamiento de la humedad en los tratamientos de compost, en función de los días de compostaje

En la figura se puede observar que, el T0 presentó los valores más altos durante los primeros 45 días del proceso, lo cual se debe a los residuos orgánicos domiciliarios y para controlar ello se realizó volteos seguido hasta obtener un valor entre 30 y 45%, ya que según Bohorquez (2019), si la humedad pasa los 60% la oxigenación se ve afectada y ello causa malos olores. Para controlar el proceso se usó el método del puño, el cual consistió

en retirar un puñado de la composta y abrir la mano, este debe de quedar apelmazado sin escurrir agua, pero en caso de que corriera agua se volteaba, y si la composta quedaba suelta se añadía agua (FAO, 2014).

#### **4.3.2. Influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios en base a sus características fisicoquímicas**

Al finalizar el proceso de compostaje se obtuvo como promedio 4,915 Kg, 6,184 Kg y 6,652 Kg de compost de los tratamientos T1, T2 y T3; respectivamente.

Para determinar la influencia del estiércol de cuy en las características fisicoquímicas de los tratamientos, primero se corroboró que los datos obtenidos de las repeticiones de los parámetros tenían una distribución normal, para lo cual se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a un nivel de confianza del 95%, en base a la prueba, los datos proceden de una distribución normal ya que el p-valor de todos los parámetros fisicoquímicos son mayores que el nivel de significancia (0,05). Luego, se procedió a realizar el análisis de varianza.

**Tabla 15.** Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk de los parámetros fisicoquímicos de cada tratamiento

Parámetro	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	P-valor	Interpretación
Densidad aparente	T0	5,970,225	5,950,714	5,971,813	5,962,538	5,970,506	0,09695	Normal
	T1	4,654,128	4,644,241	4,640,033	4,656,022	4,647,896	0,2218	Normal
	T2	4,462,502	4,463,135	4,459,605	4,458,202	4,457,276	0,4547	Normal
	T3	3,754,421	3,757,644	3,732,387	3,721,099	3,726,694	0,2787	Normal
Humedad (%)	T0	439,579	428,234	436,575	438,035	436,608	0,08253	Normal
	T1	40,846	407,566	409,696	40,883	408,105	0,9668	Normal
	T2	379,025	379,871	381,227	382,745	379,318	0,4325	Normal
	T3	340,835	339,162	337,654	341,326	337,279	0,4179	Normal
Ce (dS/m)	T0	5,950,000	5,930,000	5,920,000	5,920,000	5,940,000	0,421	Normal
	T1	6,250,000	6,290,000	6,250,000	6,290,000	6,240,000	0,071	Normal
	T2	6,320,000	6,310,000	6,390,000	6,350,000	6,342,000	0,679	Normal
	T3	6,490,000	6,460,000	6,430,000	6,500,000	6,420,000	0,501	Normal
pH	T0	7,720	7,750	7,730	7,700	7,730	0,826	Normal
	T1	7,980	8,050	8,010	7,990	8,020	0,833	Normal
	T2	8,120	8,180	8,170	8,210	8,170	0,543	Normal
	T3	8,350	8,360	8,410	8,390	8,370	0,787	Normal
Materia orgánica (%)	T0	432,766	434,314	434,097	429,704	434,523	0,070	Normal
	T1	496,196	50,013	49,905	495,154	496,342	0,3981	Normal
	T2	610,659	611,581	608,312	60,815	600,635	0,1577	Normal
	T3	624,205	619,108	622,042	620,932	623,023	0,976	Normal

#### 4.3.2.1. Densidad aparente

Se comparó los datos obtenidos de la densidad aparente de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 16.** Análisis de varianza de la densidad aparente de los tratamientos

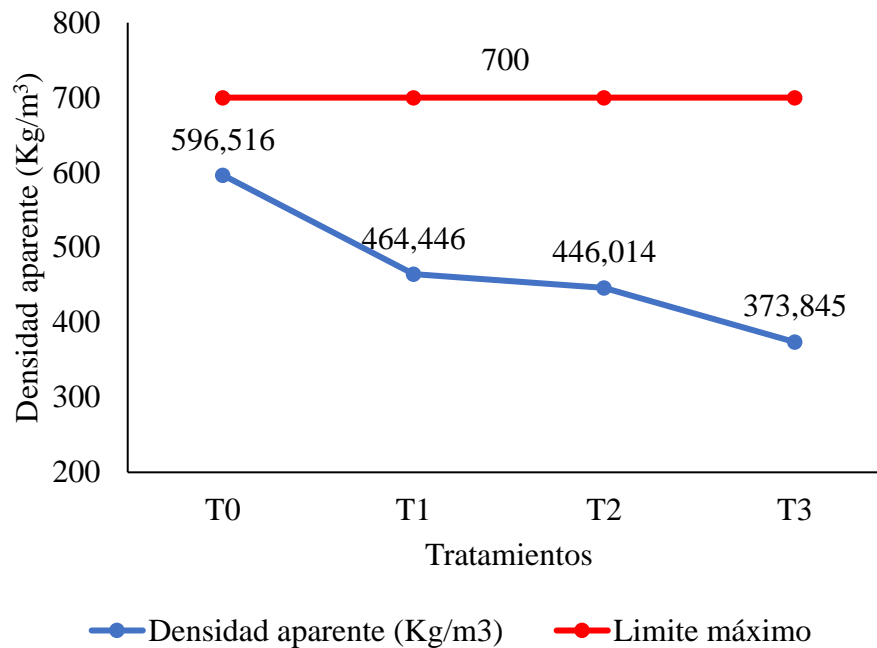
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	129290	43097	37586	$< 2,2e-16$ ***	3,239
Error	16	18	1			
Total	19	129308				

Como  $F$  calculado = 37586  $>$   $F$  tabular = 3,239; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto a su densidad aparente, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 17.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la densidad aparente ( $\text{Kg/m}^3$ ) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S			Máximo	Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo		
T0	596,516	0,886	5	595,071	597,181	A
T1	464,446	0,993	5	463,424	465,602	B
T2	446,014	0,259	5	445,728	446,314	C
T3	373,845	1,658	5	372,110	375,764	D

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 15.** Densidad aparente (Kg/m<sup>3</sup>) del compost obtenido de los tratamientos

Según la Norma Chilena 2880, la densidad aparente del compost debe ser  $\leq 700 \text{ Kg/m}^3$ , se puede observar que todos los tratamientos obtuvieron valores que están debajo del límite, sin embargo, el valor más elevado y cercano a sobrepasarlo fue el T0 con  $596,516 \text{ Kg/m}^3$ ; mientras que el mínimo lo obtuvo el T3 con  $373,845$ . En base a los resultados se puede afirmar que a mayor cantidad de estiércol el compost fue menos compacto, lo cual es beneficioso para la difusión de los nutrientes.

#### 4.3.2.2. Humedad

Se comparó los datos obtenidos de la humedad de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3, para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $< F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $> F$  tabular.

**Tabla 18.** Análisis de varianza de la humedad de los tratamientos

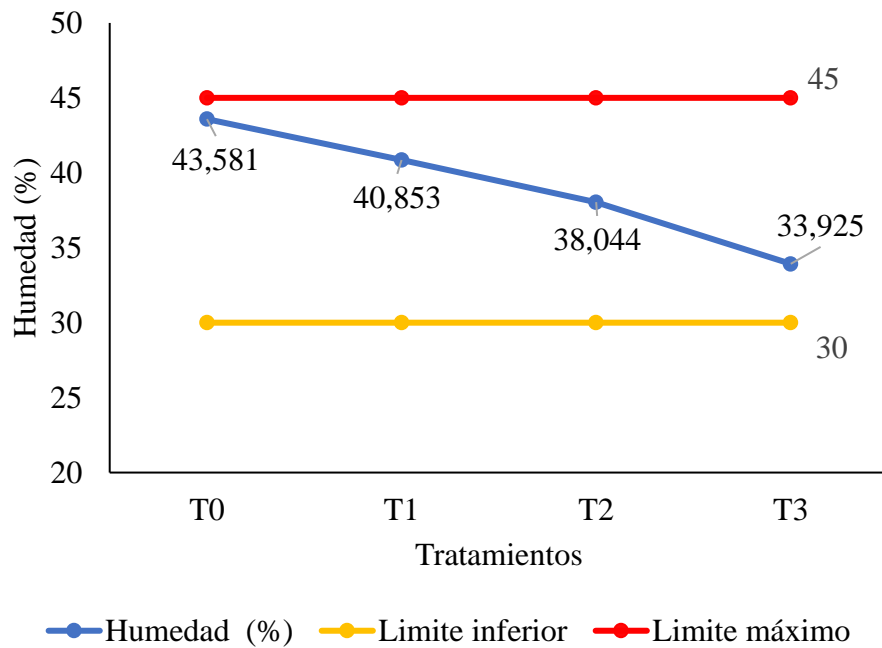
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	255,209	85,070	1319,3	< 2,2e-16 ***	3,239
Error	16	1,032	0,0640			
Total	19	256,241				

Como  $F \text{ calculado} = 1319,3 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto a su humedad, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 19.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la humedad (%) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S			Máximo	Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo		
T0	43,580	0,441	5	42,823	43,958	A
T1	40,853	0,080	5	40,757	40,970	B
T2	38,044	0,154	5	37,903	38,274	C
T3	33,925	0,182	5	33,728	34,133	D

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 16.** Humedad (%) del compost obtenido de los tratamientos

Según la Norma Chilena 2880, la humedad (%) debe estar entre 30 y 45%, en la figura se puede observar que todos los tratamientos cumplieron dicho requisito, pero es importante considerar que el T0 estaba próximo a sobrepasar el valor máximo, y el T3 con respecto al límite inferior, esto se debió principalmente a que los residuos orgánicos tuvieron un mayor porcentaje de humedad, en comparación al estiércol de cuy y ello se pudo corroborar al realizar el análisis inicial en esta investigación.

#### 4.3.2.3. Conductividad eléctrica

Se comparó los datos obtenidos de la conductividad eléctrica de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3, para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 20.** Análisis de varianza de la conductividad eléctrica de los tratamientos

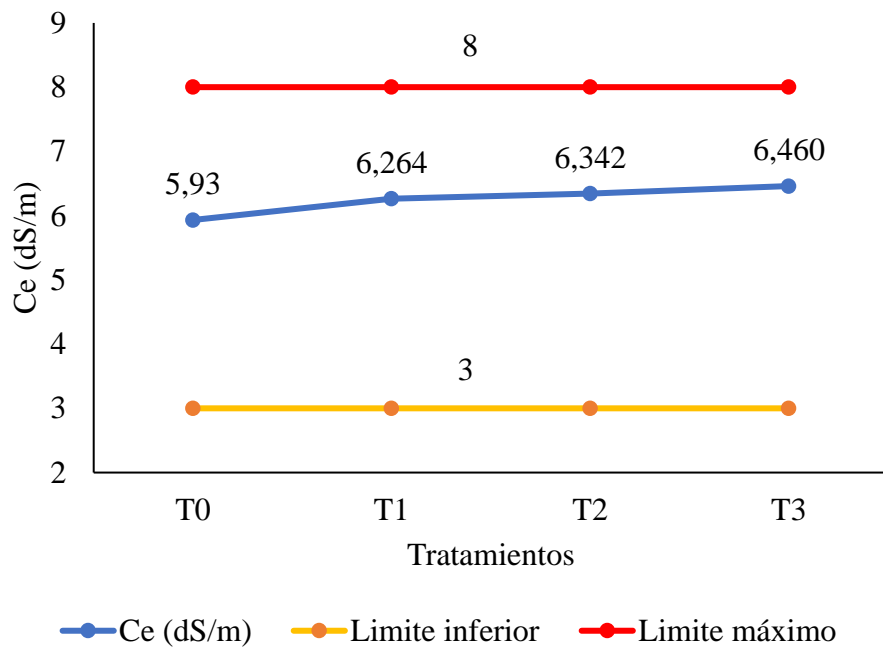
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	0,770	0,257	345,720	9,41e-15 ***	3,239
Error	16	0,012	0,001			
Total	19	0,782				

Como  $F \text{ calculado} = 345,720 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto a la conductividad eléctrica, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 21.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la conductividad eléctrica de los tratamientos

Tratamiento	Media	S				Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo	Máximo	
T0	5,932	0,013	5	5,920	5,950	D
T1	6,264	0,024	5	6,240	6,290	C
T2	6,342	0,031	5	6,310	6,310	B
T3	6,460	0,035	5	6,420	6,420	A

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 17.** Conductividad eléctrica (dS/m) del compost obtenido de los tratamientos.

Según la Norma Chilena 2880, los datos obtenidos se clasifican como compost de clase B ( $>=3$  dS/m y  $<=8$  dS/m), ello en base a la conductividad eléctrica. En base a los resultados, se puede afirmar que mientras mayor cantidad de estiércol de cuy la CE incrementa, y estos datos se pueden corroborar con las investigaciones de Leiva *et al* (2018) y Damián (2018).

#### 4.3.2.4. pH

Se comparó los datos obtenidos del pH de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 22.** Análisis de varianza del pH de los tratamientos

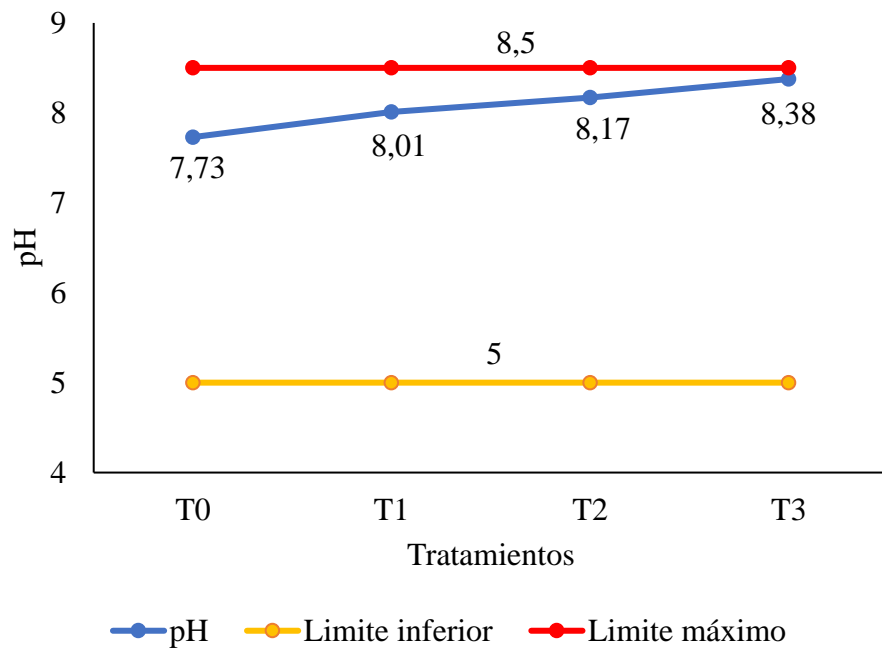
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	1,128	0,376	554,91	2,242e-16 ***	3,239
Error	16	0,011	0,001			
Total	19	1,139				

Como  $F \text{ calculado} = 554,91 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto al pH, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 23.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al pH de los tratamientos

Tratamiento	Media	S			Máximo	Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo		
T0	7,726	0,018	5	7,700	7,750	D
T1	8,010	0,027	5	7,980	8,050	C
T2	8,170	0,032	5	8,120	8,210	B
T3	8,376	0,024	5	8,350	8,410	A

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 18.** pH del compost obtenido de los tratamientos.

Según la Norma Chilena 2880, el pH del compost debe estar entre 5 y 8,5; se puede observar que todos los tratamientos cumplen el requisito, el T3 obtuvo el valor más alto siendo 8,38 y el menor fue el T0 con 7,73. En base a estos resultados se puede observar que a mayor cantidad de estiércol de cuyo el valor del pH incrementa, esto se corroboró con los datos que obtuvo Damián (2018).

#### 4.3.2.5. Contenido de materia orgánica

Se comparó los datos obtenidos del contenido de materia orgánica de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 24.** Análisis de varianza del contenido de materia orgánica de los tratamientos

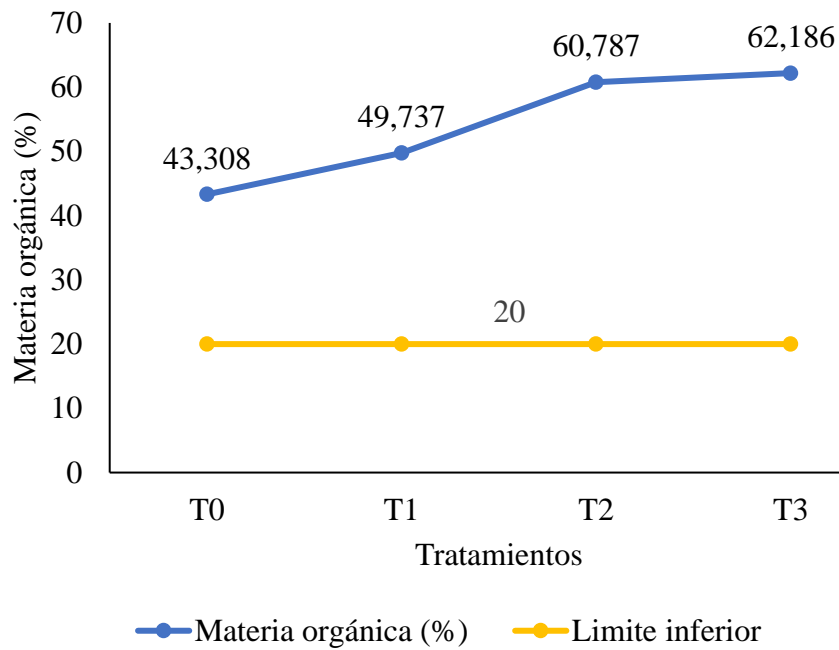
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	1227,800	409,270	5301,800	< 2,2e-16 ***	3,239
Error	16	1,240	0,080			
Total	19	1229,040				

Como  $F \text{ calculado} = 5301,800 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto al Contenido de Materia orgánica, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 25.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la materia orgánica (%) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S				Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo	Máximo	
T0	43,308	0,201	5	42,970	43,452	D
T1	49,737	0,211	5	49,515	50,013	C
T2	60,787	0,431	5	60,063	61,158	B
T3	62,186	0,196	5	61,911	62,421	A

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 19.** Materia orgánica (%) del compost obtenido de los tratamientos

Según la Norma Chilena, el contenido de Materia orgánica (%) debe ser mayor al 20%, y se puede observar que todos los tratamientos cumplen con dicho requisito, pero el valor más elevado lo presentó el T3 con un 62,186% y el mínimo el T0 con un 43,308%

**Tabla 26.** Resumen de la calidad del compost obtenido, en base a sus características fisicoquímicas.

Parámetro	Norma Chilena 2880		T0	T1	T2	T3
	Clase A	Clase B				
Densidad aparente	$\leq 700 \text{ kg/m}^3$		596,516	464,446	446,014	373,845
Humedad	$>30\% \text{ y } <45\%$		43,580	40,853	38,044	33,925
Conductividad eléctrica	$\geq 3 \text{ dS/m}$					
	$< 3 \text{ dS/m}$	$\text{y } \leq 8 \text{ dS/m}$	5,920	6,264	6,342	6,460
pH	$> 5 \text{ y } \leq 8,5$		7,726	8,010	8,170	8,376
Materia orgánica	$\geq 20\%$		43,308	49,737	60,787	62,186

De acuerdo con los resultados obtenidos de las características físicoquímicas de los tratamientos, y comparación con la Norma Chilena 2880 se afirma que los compost obtenidos son de calidad B, ya que los valores de la conductividad eléctrica superan los 3 dS/m.

#### 4.3.3. Contenido de nutrientes de las compostas

Se corroboró que los datos obtenidos de las repeticiones de los parámetros del contenido de nutrientes tenían una distribución normal, en base a la prueba de Shapiro-Wilk a un nivel de confianza del 95%, ya que el p-valor de todos los parámetros del contenido de nutrientes son mayores que el nivel de significancia (0,05).

**Tabla 27.** Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk del contenido de nutrientes de cada tratamiento

Parámetro	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	P-value	Interpretación
Fósforo (%)	T0	0,137	0,125	0,126	0,130	0,127	0,1696	Normal
	T1	0,217	0,215	0,226	0,220	0,227	0,4282	Normal
	T2	0,417	0,409	0,410	0,405	0,4110	0,674	Normal
	T3	0,644	0,631	0,640	0,636	0,640	0,852	Normal
Nitrógeno (%)	T0	2,005	1,854	1,898	1,859	1,888	0,094	Normal
	T1	1,989	1,988	2,010	1,960	1,983	0,720	Normal
	T2	2,229	2,201	2,190	2,223	2,206	0,742	Normal
	T3	2,257	2,285	2,246	2,307	2,274	0,937	Normal
Potasio (%)	T0	1,763	1,759	1,760	1,757	1,762	0,938	Normal
	T1	1,320	1,310	1,314	1,310	1,296	0,536	Normal
	T2	1,126	1,117	1,119	1,119	1,120	0,125	Normal
	T3	1,058	1,097	1,035	1,068	1,072	0,930	Normal

##### 4.3.3.1. Fósforo disponible

Se comparó los datos obtenidos del fósforo de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3 para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 28.** Análisis de varianza del fósforo de los tratamientos

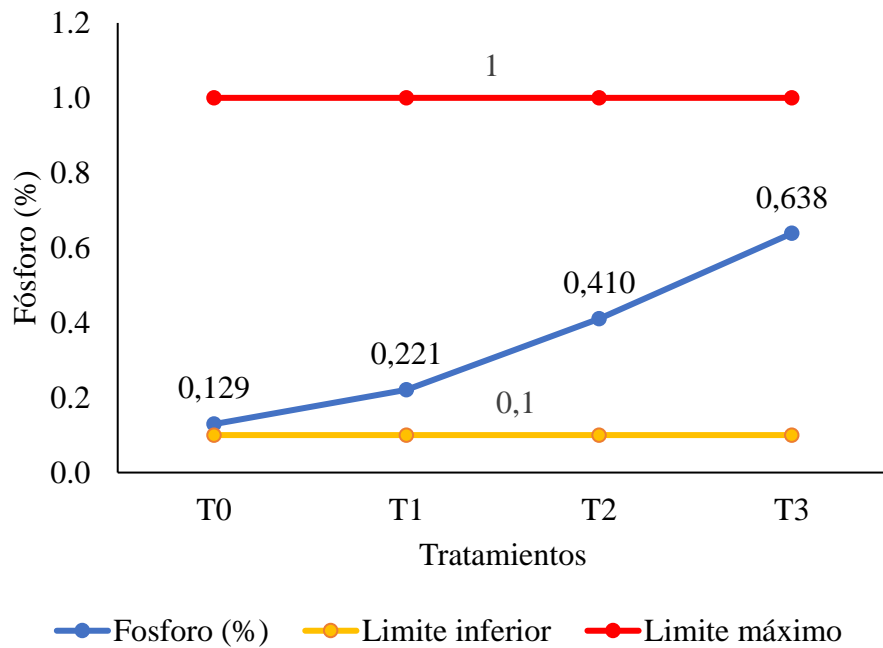
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	0,761	0,254	10680	< 2,2e-16 ***	3,239
Error	16	0,0003	0,00002			
Total	19	0,761				

Como  $F \text{ calculado} = 10680 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto al Fósforo, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 29.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al fósforo (%) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S				Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo	Máximo	
T0	0,129	0,005	5	0,125	0,137	D
T1	0,221	0,005	5	0,215	0,227	C
T2	0,410	0,004	5	0,405	0,417	B
T3	0,638	0,005	5	0,631	0,644	A

Las medias no comparten el mismo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 20.** Fósforo (%) del compost obtenido de los tratamientos

Según la FAO (2014), el fósforo (%) del compost debe estar entre 0,1 % a 1,0 %, se puede observar que todos los tratamientos cumplieron con este requisito, pero el T0 obtuvo el valor más cercano al límite inferior con un 0,129%, mientras que el valor más alto lo obtuvo el T3 con un 0,638%, lo cual será beneficioso para la transferencia de energía y por ende en el proceso de la fotosíntesis. El valor obtenido del T3 es cercano al que obtuvo Mendoza (2021) en su investigación.

#### 4.3.3.2. Nitrógeno total

Se comparó los datos obtenidos de nitrógeno de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 30.** Análisis de varianza del Nitrógeno de los tratamientos

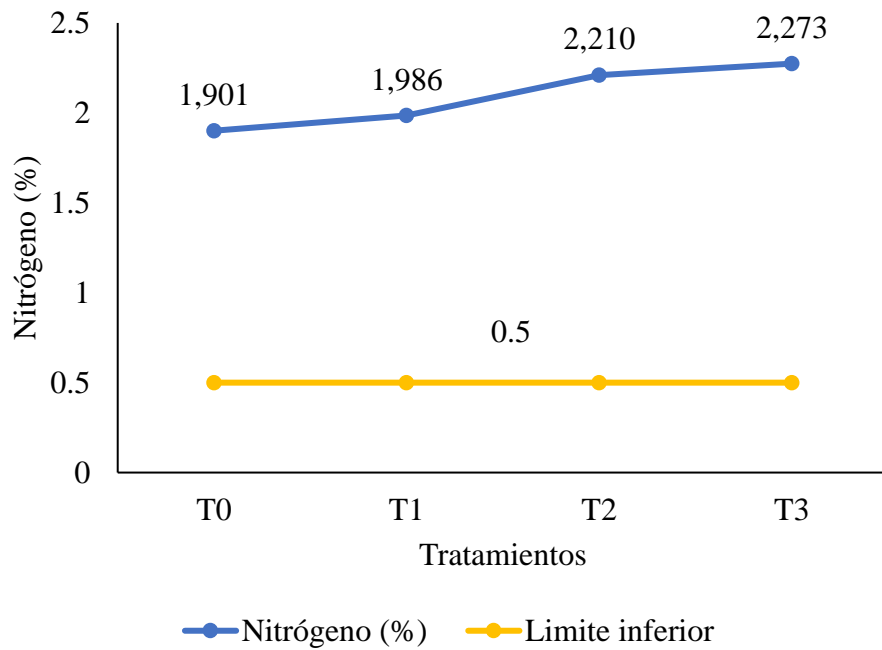
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	0,4733	0,158	128,65	2,067e-11 ***	3,239
Error	16	0,0196	0,001			
Total	19	0,493				

Como  $F \text{ calculado} = 128,65 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto al Nitrógeno, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 31.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al nitrógeno (%) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S (Desviación estándar)	Repetición	Mínimo	Máximo	Grupos
T0	1,901	0,061	5	1,854	2,005	A
T1	1,986	0,018	5	1,960	2,010	B
T2	2,210	0,016	5	2,190	2,229	C
T3	2,273	0,024	5	2,246	2,307	D

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 21.** Nitrógeno (%) del compost obtenido de los tratamientos

El valor más elevado de nitrógeno (%) lo presentó el T3 con 2,2736%, dicho valor fue cercano al que obtuvo Damián (2018) en su investigación. El T0 fue el más bajo con 1,901 %. Según la Norma Chilena 2880, el nitrógeno (%) en el compost debe ser  $\geq 0.5$  %, se puede observar que todos los tratamientos cumplieron con dicho requisito, resaltando que el valor más alto se debe principalmente al estiércol de cuy, el cual fue 1,736 % antes del proceso de compostaje. Un compost bien provisto de nitrógeno va a ser beneficioso en la absorción de nutrientes.

#### 4.3.3.3. Potasio disponible

Se comparó los datos obtenidos del potasio de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $<$   $F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $>$   $F$  tabular.

**Tabla 32.** Análisis de varianza del Potasio de los tratamientos

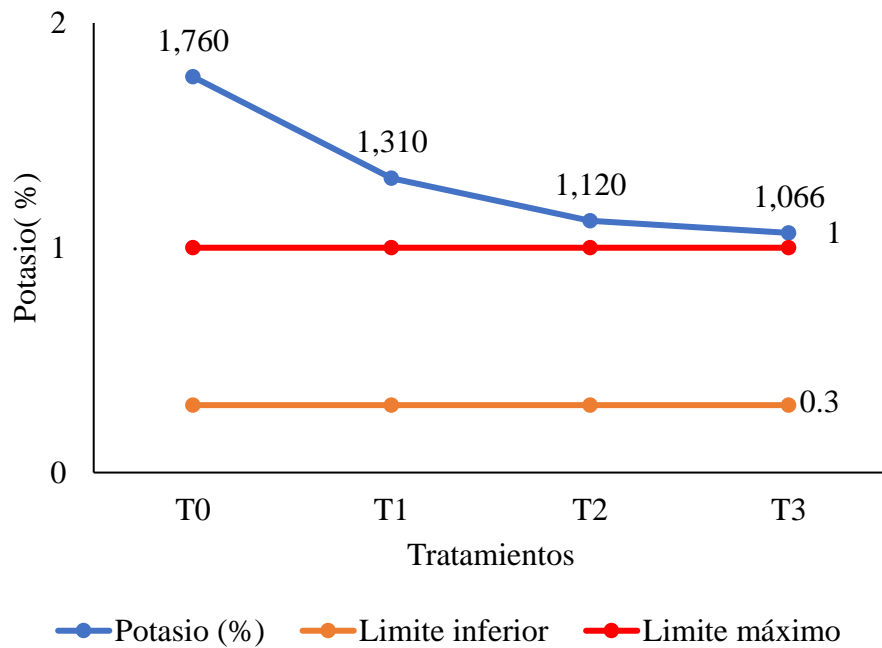
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	1,492	0,497	3295,800	< 2,2e-16 ***	3,239
Error	16	0,002	0,00015			
Total	19	1,494				

Como  $F \text{ calculado} = 3295,8 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto al Potasio, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 33.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al potasio (%) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S				Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo	Máximo	
T0	1,760	0,003	5	1,757	1,764	A
T1	1,310	0,009	5	1,296	1,320	B
T2	1,120	0,003	5	1,117	1,126	C
T3	1,066	0,023	5	1,035	1,097	D

Las medias no comparten el mismo grupo, por lo cual se afirma que son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 22.** Potasio (%) del compost obtenido de los tratamientos

Según la FAO (2014), el potasio (%) en el compost debe estar entre 0,3 % y 1,0 %, se puede observar que ninguno de los tratamientos cumplió con dicho requisito, pero también que el T2 con 1,120 % y T3 con un 1,066 % fueron los más cercanos a cumplir con ello, mientras que el valor más alto y lejano lo obtuvo el T0 con 1,760 %. esto se debió principalmente a que los residuos orgánicos tuvieron un mayor porcentaje, en comparación al estiércol de cuy y ello se pudo corroborar al realizar el análisis inicial en esta investigación. Los valores obtenidos fueron cercanos a los que obtuvieron Mendoza (2021) y La Cruz (2019) en sus investigaciones. Es importante resaltar que un compost bien provisto de potasio va a favorecer en que la planta sufra menos enfermedades, y a ello se le suma que mejora su régimen hídrico.

**Tabla 34.** Resumen de la calidad del compost obtenido, en base a su contenido de nutrientes

Parámetro	FAO/Norma Chilena 2880	T0	T1	T2	T3
Nitrógeno total	Norma Chilena: $\geq 0,5\%$	1,901	1,986	2,210	2,274
Fosforo	FAO: 0,1% – 1,0%	0,129	0,221	0,410	0,638
Potasio	FAO: 0,3% – 1,0%	1,760	1,310	1,120	1,066

Según el porcentaje obtenido de Potasio (%) de los tratamientos, y comparando con el valor establecido con la FAO, todos los tratamientos superan el límite máximo. Mientras que según el porcentaje de Fósforo y Nitrógeno todos los tratamientos cumplen con lo establecido.

#### 4.3.4. Reactividad de las compostas

Se corroboró que los datos obtenidos de las repeticiones de los parámetros del contenido de nutrientes tenían una distribución normal, en base a la prueba de Shapiro Wilk a un nivel de confianza del 95%, ya que el p-valor de todos los parámetros fisicoquímicos son mayores que el nivel de significancia (0,05). Luego, se realizó el análisis de varianza.

**Tabla 35.** Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk de la reactividad del compost (AT4)

Tratamiento	R1	R2	R3	p-valor	Interpretación
T0	8,643	8,303	8,685	0,191	Normal
T1	3,436	3,782	5,509	0,299	Normal
T2	5,578	5,379	5,162	0,953	Normal
T3	5,599	5,358	5,411	0,402	Normal

Se comparó los datos obtenidos de la reactividad de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $< F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $> F$  tabular.

**Tabla 36.** Análisis de varianza de la reactividad de los tratamientos

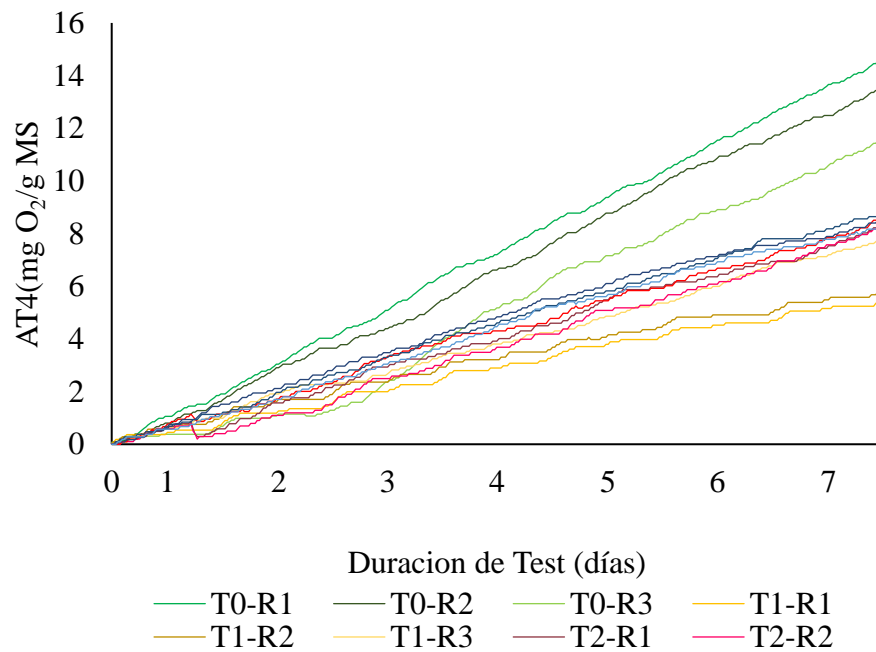
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3,000	30,630	10,210	30,570	9,867e-05 ***	4,070
Error	8,000	2,670	0,330			
Total	11,000	33,310				

Como  $F \text{ calculado} = 30,570 > F \text{ tabular} = 4,070$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto a la reactividad, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 37.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto a la reactividad (%) de los tratamientos

Tratamiento	Media	S (Desviación estándar)	Repetición	Mínimo	Máximo	Grupos
T0	8,544	0,210	3	8,303	8,685	A
T1	4,243	1,110	3	3,436	5,509	B
T2	5,373	0,208	3	5,162	5,578	B
T3	5,456	0,127	3	5,358	5,599	B

Las medias que compartieron el mismo grupo fueron T1, T2 y T3 (Grupo B), mientras que el T0 pertenece al Grupo A, por lo cual se afirma que los dos grupos son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 23.** Reactividad del compost obtenido de los tratamientos

El tratamiento que presentó mayor estabilidad fue el T1, ya que su actividad respiratoria fue la más baja con un valor promedio de 4,243 mg O<sub>2</sub>/g Ms, y el que presentó menor estabilidad fue el T0 con un valor promedio 8,544 mg O<sub>2</sub>/g Ms. En base a estos resultados se puede afirmar que adicionar el estiércol de cuy mejora los valores del parámetro. Lo cual se corrobora con la investigación de Chasquero (2019), que obtuvo valores más estables del compost al adicionar estiércol de cuy. Según la “Guía para el tratamiento biomecánico de los residuos sólidos en Austria” el valor máximo establecido para un compost estable es 7 mg O<sub>2</sub>/g Ms, en base a ello se afirma que el T0 no cumple con dicho límite, y que aún hay actividad degradativa aerobia.

**Tabla 38.** Resumen de la calidad del compost obtenido, en base a su reactividad.

Parámetro	Norma Austriaca	T0	T1	T2	T3
	Valor máximo				
Actividad de respiración en 4 días (AT <sub>4</sub> ) en mg O <sub>2</sub> / g MS	7	8,544	4,243	5,373	5,456

De acuerdo con los resultados obtenidos de la reactividad de los tratamientos y su comparación con la Norma Austriaca, el T0 supera el valor máximo establecido, mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron valores óptimos.

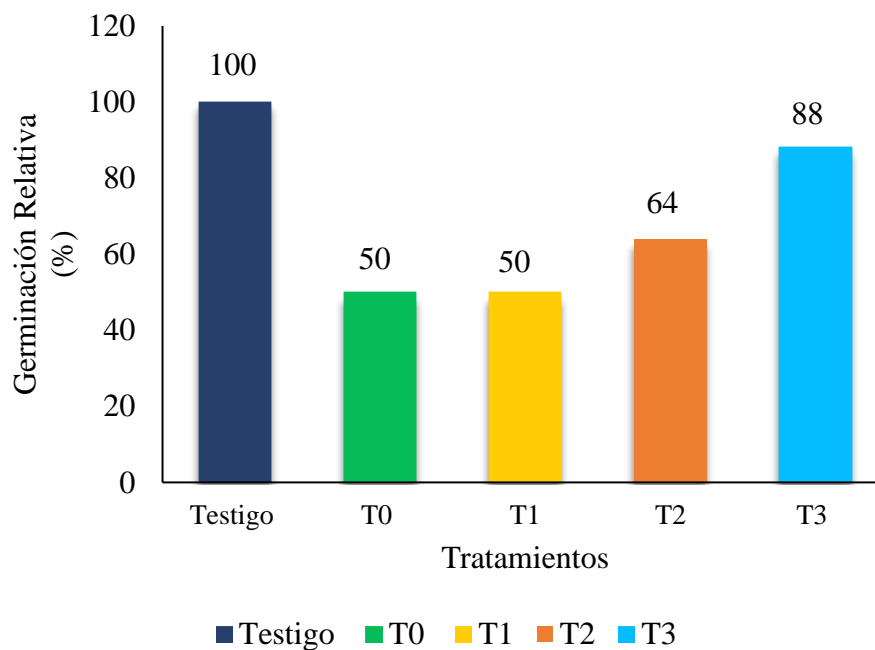
#### 4.3.5. Efecto fitotóxico

Para determinar el efecto fitotóxico se evaluó los productos finales obtenidos del proceso de compostaje de cada tratamiento y sus respectivas repeticiones, para lo cual los datos obtenidos del Índice de germinación de cada tratamiento fueron analizados mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, ello con la finalidad de determinar si tenían una distribución normal. A un nivel de significancia del 95%, los datos se comportan con una distribución normal, ya que el p-valor  $> 0,05$ .

**Tabla 39.** Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para el índice de germinación.

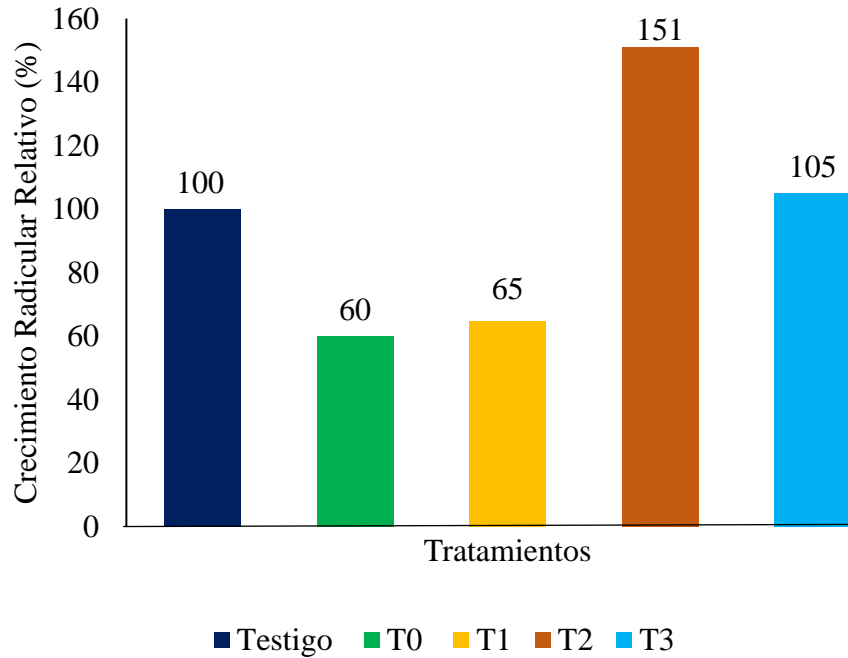
Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	P-valor	Interpretación
T0	30,224	29,902	29,902	30,224	30,063	0,440	Normal
T1	32,314	32,153	32,475	32,314	32,475	0,314	Normal
T2	94,691	93,244	99,675	93,887	99,836	0,084	Normal
T3	97,103	95,495	81,508	96,460	91,958	0,071	Normal

Se determinó el porcentaje de germinación relativa de cada tratamiento.



**Figura 24.** Porcentaje de germinación relativa del compost obtenido de los tratamientos

El T2 y T3 alcanzaron los porcentajes de germinación relativos más altos, siendo estos 64% y 88%, respectivamente. Estos tratamientos fueron los que contenían mayor cantidad de estiércol de cuy, en el caso del T2 un 30% y el T3 un 40% de estiércol.



**Figura 25.** Porcentaje de crecimiento radicular relativo del compost obtenido de los tratamientos

El T2 y T3 alcanzaron los porcentajes de crecimiento radicular relativo más altos, siendo estos 151% y 105%, respectivamente, superando al T0.

El porcentaje de germinación relativa y el crecimiento radicular relativo se reflejaron en el Índice de germinación, por ello se comparó los datos obtenidos del IG de los diferentes tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) en el software Rstudio versión 4,2,3; para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

$H_0$ : Todos los efectos de los tratamientos son iguales, cuando  $F$  calculado  $< F$  tabular.

$H_A$ : Al menos el efecto de un tratamiento es distinto, cuando  $F$  calculado  $> F$  tabular.

**Tabla 40.** Análisis de varianza del Índice de germinación de los tratamientos

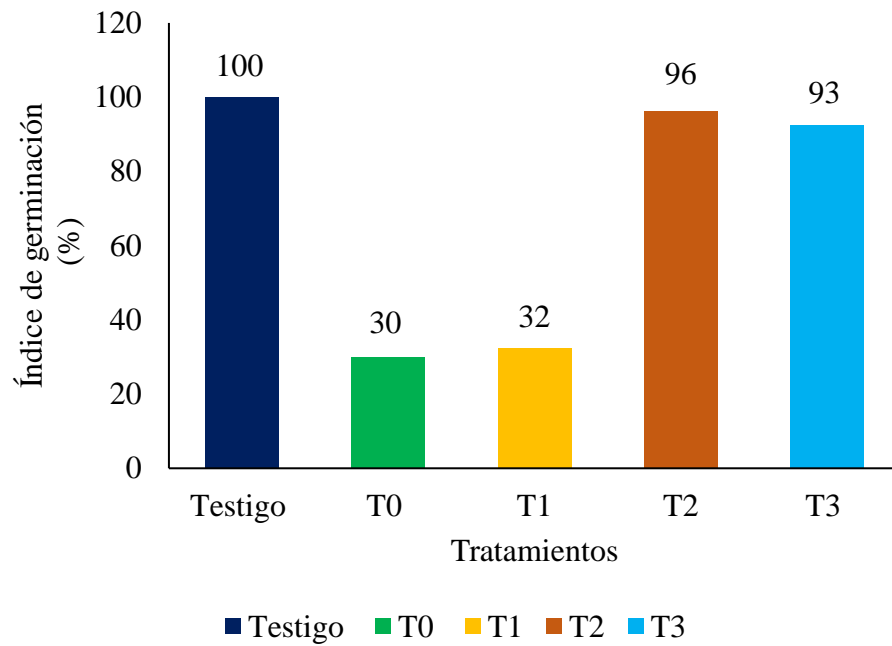
Origen de las variaciones	GL	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F calculado	P-valor	F tabular
Tratamientos	3	20007,700	6669,200	511,120	4,298e-16 ***	3,239
Error	16	208,800	13			
Total	19	20216,500				

Como  $F \text{ calculado} = 511,120 > F \text{ tabular} = 3,239$ ; así que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ). En base al análisis de varianza, existe evidencia estadística para afirmar que al menos el efecto de un tratamiento de compostaje es diferente con respecto al Índice de germinación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 41.** Resumen estadístico de la prueba de Tukey, con respecto al Índice de germinación de los tratamientos

Tratamiento	Media	S			Máximo	Grupos
		(Desviación estándar)	Repetición	Mínimo		
T0	30,063	0,161	5	29,902	30,224	B
T1	32,346	0,135	5	32,153	32,475	B
T2	96,267	3,226	5	93,244	99,836	A
T3	92,505	6,461	5	81,508	97,103	A

Las medias que compartieron el mismo grupo fueron T2 y T3 (Grupo A), T0 y T1 (Grupo B), por lo cual se afirma que los dos grupos son significativamente diferentes, con un nivel de confianza del 95%.



**Figura 26.** Índice de germinación del compost obtenido de los tratamientos

El valor más alto de Índice de germinación lo presentó el T2, seguido por el T3, mientras que el valor más bajo el T0.

**Tabla 42.** Resumen de la calidad del compost obtenido, en base al efecto fitotóxico.

Parámetro	Tipo de composta			T0	T1	T2	T3
	A	B	C				
Fitotoxicidad (IG)	IG $\geq$ 85%	IG $\geq$ 75%	IG $\geq$ 60%	30,063	32,346	96,267	92,505

Según la Norma Mexicana (2011), se clasifica al compost como tipo A si el IG  $\geq$  85 %, tipo B si el IG  $\geq$  75% y tipo C si el IG  $\geq$ 60%, en base a los resultados obtenidos el T2 y T3 son de tipo A, mientras que el T0 y T1 obtuvieron valores bajos, siendo estos 30% y 32% , respectivamente. La Norma Chilena establece que el IG para la semilla de rabanito (*Raphanus sativus*) debe ser  $\geq$  80%, en base a ello, solo los T2 y T3 estarían cumpliendo con lo establecido.

## V. CONCLUSIONES

1. El estiércol de cuy presentó características fisicoquímicas favorables para la obtención de compost, resaltando el alto contenido de nutrientes (NPK).
2. El compost obtenido de residuos orgánicos domiciliarios es de calidad B, ello en base a sus características fisicoquímicas de acuerdo con los valores establecidos por la Norma Chilena. En base al contenido de nutrientes, solo el porcentaje de potasio no cumple con lo establecido por la FAO. Por último, en base a su reactividad e índice de germinación, el compost no es de buena calidad, ya que su reactividad supera el valor máximo de la Norma Austriaca, y el porcentaje del índice de germinación es menor a lo establecido por la Norma Mexicana.
3. La influencia del estiércol de cuy en la calidad del compost de residuos orgánicos domiciliarios fue favorable; resaltando que según su reactividad el tratamiento 1, que estuvo compuesto de 20% de estiércol de cuy + 80% de residuos orgánicos domiciliarios (T1); el tratamiento 2, que estuvo compuesto del 30% de estiércol de cuy + 70% de residuos orgánicos domiciliarios (T2) y el tratamiento 3 que estuvo compuesto del 40% de estiércol de cuy + 60% de residuos orgánicos domiciliarios (T3), son de buena calidad de acuerdo con la Norma Austriaca, y con respecto al índice de germinación el tratamiento 2 y 3 son de tipo "A" según lo establecido por la Norma Mexicana.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. En una próxima investigación, se recomienda aprovechar las características fisicoquímicas y el contenido de nutrientes del estiércol de cuy para la obtención de otros tipos de productos amigables con el ambiente, como el biol y biogás.
2. En una próxima investigación para la obtención de compost, se recomienda controlar la humedad con la finalidad de evitar malos olores, y que el valor no pase del 60% durante el proceso de compostaje.
3. En una segunda investigación se recomienda aplicar microorganismos eficientes al tratamiento 2 (T2), el cual estuvo compuesto del 30% de estiércol de cuy + 70 % de residuos orgánicos domiciliarios; y al tratamiento 3 (T3) compuesto de 40% de estiércol de cuy + 60 % de residuos orgánicos domiciliarios para acelerar el proceso de compostaje y obtenerlo en menor tiempo.
4. En una próxima investigación, se recomienda realizar vermicompostaje a los tratamientos que resultaron ser de mejor calidad (tratamiento 2 y 3).
5. Se sugiere que se aplique el compost obtenido de los tratamientos entre 20% a 50% para viveros, jardines y macetas, ya que los compuestos se encuentran concentrados y se debe mezclar con suelo.

## VII. REFERENCIAS

- Bohórquez, W. (2019). El proceso de compostaje. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=libros>
- Castillo, L.C. (2019). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. (Tesis para optar el título profesional, Universidad Continental). [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Castillo\\_Huaman\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf)
- Chasquero, A.R. (2019). Análisis de la reactividad del compost de pulpa de café y estiércol de cuy, en la provincia de Jaén, 2019. (Tesis para el título profesional, Universidad Nacional de Jaén). <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/153>
- Damián, L.N. (2018). Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018, Facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, 2018 (Tesis para el título profesional, Universidad Cesar Vallejo). [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20516/DAMIAN\\_ALN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20516/DAMIAN_ALN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ESF (2018). Manual de producción de compost. <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compost-ESF.pdf>
- FAO (2014). Manual de compostaje del agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/docrep/09/i3388s.pdf>
- Flores et al (2018). Análisis del proceso de elaboración de compost con cuatro fuentes de materia orgánica animal (Bos Taurus, Gallus gallus, Cavia porcellus, Ovis aries) en la hacienda el Prado, Ecuador, 2005. (Tesis para optar el título profesional, Escuela Politécnica del Ejército). <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/2561/T-ESPE-IASA%20I-003064.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gómez, E. (2018). Estudio comparativo de la composición química elemental de compost a base de tres tipos de estiércol, Arequipa. (Tesis para optar el título, Facultad de ciencias de la Salud). <http://repositorio.upads.edu.pe/bitstream/handle/UPADS/17/TESIS%20EDBERTA%20GOMEZ%20MAMANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista. (2014). Metodología de la Investigación (6ta.ed). Mc Graw Hill Edication.
- Jara, L.J. (2017). Oportunidades de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador, 2016. (Tesis doctoral, Universidad Miguel Hernández De Elche). <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2770/1/TD%20Jara%20Samaniego%2c%20Lourdes%20Janneth.pdf>
- Leiva, L.N. y Tapia, C.R. (2018). Características fisicoquímicas del compost de calidad agrícola, producido a partir de residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y/o de cuy, Bagua, Amazonas, 2018, Facultad de ingeniería civil y ambiental, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2018 (Tesis para el título profesional, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas). <http://repositorio.untm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/2073/Leiva%20Carera%20Leity%20Noemí%20-%>
- La Cruz, H.V. (2019). Calidad de compost de residuos sólidos orgánicos domiciliarios utilizando aserrín de Eucalyptus globulus Labill y restos de poda jardín Chilca – Huancayo (Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú) <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5442>
- Mendoza, N. (2021). Eficiencia de la biotecnología de microorganismos de montaña y eficaces en el tratamiento de residuos orgánicos municipales para la producción de compost y biol en la provincia de Ambo - Huánuco – 2020. (Tesis para optar el título profesional., Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión). <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2378>
- NADF. Norma ambiental para el distrito federal nadf-020-ambt-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales. México . 2011. 15 p.

[http://data.sedema.cdmx.gob.mx/padla/images/stories/normatividaddf/nadf\\_020\\_ambt\\_2011.pdf](http://data.sedema.cdmx.gob.mx/padla/images/stories/normatividaddf/nadf_020_ambt_2011.pdf)

MINAM (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016 – 2024. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuossolidos-2016-2024de>:

MINAM (2017). Decreto Legislativo N°014-2017-MINAM-Reglamento del Decreto Legislativo N°1278

MINAM (2018). Valorización de residuos sólidos orgánicos municipales.

MINAM (2019). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales.

ONORM S2200. Quality requirements for biowaste-commpost-Marking of conformity. Viena. Austria. 1991. 14p

NCh 2880 (Norma Chilena de Compost). 2004. Norma Chilena Oficial. CompostClasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile

Paredes et al (2020). Caracterización de nueve compostajes a base de residuos vegetales y pecuarios del Valle de Condebamba en los Andes del Norte Peruano. <http://www.lrrd.org/lrrd32/11/mepau32172.html>

Pérez, M (2018). Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis-157%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20479.pdf>

Sánchez, M (2015). Análisis físico-químico de suelos.

SENAMHI (2020). Mapa Climático del <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=huanuco&p=mapa-climatico-del-peru>

Sinche (2022). Efecto del porcentaje de estiércol de cuy y estiércol de conejo en el proceso de compostaje de los residuos sólidos domiciliarios de la cabecera parroquial San Luis. (Tesis para el título profesional, Escuela superior Politécnica de Chimborazo) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17671>

## **ANEXOS**

### 8.1. Datos de la investigación

**Tabla 43.** Medición diaria de la temperatura de las compostas

Día	Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	Promedio	Tamb
1	To	23,6	23,9	23,5	23,7	23,8	23,7	23,5
	T1	24,50	24,70	24,80	24,70	24,80	24,70	
	T2	24,90	25,10	25,00	25,10	25,00	25,02	
	T3	25,40	25,20	25,30	25,10	25,10	25,22	
2	To	24,5	24,2	24,3	24,2	24,3	24,3	23,4
	T1	32,10	32,20	32,00	32,10	32,10	32,10	
	T2	33,00	33,20	33,10	33,20	33,00	33,00	
	T3	34,90	35,00	35,10	34,90	35,00	35,00	
3	To	25	24,2	24,5	24,6	24,5	24,56	24,1
	T1	32,20	32,10	32,40	32,30	32,20	32,24	
	T2	34,40	34,20	34,40	34,20	34,30	34,30	
	T3	35,40	35,20	35,30	35,40	35,30	35,32	
4	To	25,3	25,4	25,2	25	25,3	25,24	24,2
	T1	36,40	36,60	36,50	36,40	36,50	36,48	
	T2	38,60	38,30	38,50	38,40	38,50	38,46	
	T3	40,20	40,30	40,20	40,10	40,10	40,18	
5	To	26,2	26,1	26	26,2	26,1	26,12	23,6
	T1	42,00	42,20	42,10	42,20	42,10	42,12	
	T2	44,30	44,20	44,40	44,30	44,20	44,28	
	T3	45,00	45,20	45,10	45,20	45,10	45,12	
6	To	28,5	28,4	28,4	28,3	28,3	28,38	25,2
	T1	46,50	46,30	46,40	46,30	46,40	46,38	
	T2	48,30	49,00	48,20	48,10	48,33	48,39	
	T3	49,10	49,30	49,10	49,30	49,30	49,22	
7	To	31,3	31,1	31	31,2	31,1	31,14	26,4
	T1	50,60	50,50	50,70	50,60	50,50	50,58	
	T2	54,30	54,20	54,30	54,20	54,10	54,22	
	T3	56,00	56,20	56,10	56,20	56,10	56,12	
8	To	33,3	33,2	33,3	33,4	33,2	33,28	25,4
	T1	51,80	51,60	51,60	51,70	51,70	51,68	
	T2	53,90	53,70	53,80	53,90	53,80	53,82	
	T3	56,60	56,70	56,80	56,70	56,60	56,68	
9	To	35,6	35,5	35,7	35,6	35,7	35,62	25,6
	T1	51,50	51,40	51,50	51,40	51,50	51,46	
	T2	54,50	54,70	54,70	54,60	54,50	54,60	
	T3	55,30	55,10	55,40	55,20	55,20	55,24	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
10	To	39,1	39,2	39	39,2	39,1	39,12	25,7
	T1	50,60	50,50	50,40	50,60	50,50	50,52	
	T2	51,20	51,10	51,20	51,30	51,10	51,18	
	T3	55,50	55,20	55,20	55,10	55,30	55,26	
11	To	40,3	40,1	40,2	40,1	40,1	40,16	25,2
	T1	50,70	50,60	50,50	50,70	50,60	50,62	
	T2	53,60	53,50	53,40	53,60	53,70	53,56	
	T3	56,60	56,50	56,50	56,60	56,70	56,58	
12	To	40,5	40,5	40,4	40,3	40,4	40,42	26,2
	T1	51,40	51,50	51,30	51,20	51,30	51,34	
	T2	52,20	52,10	52,30	52,10	52,10	52,16	
	T3	53,70	53,60	53,40	53,70	53,50	53,58	
13	To	41,3	41,1	41	41,4	41,2	41,2	26,4
	T1	51,20	51,10	51,10	51,10	51,20	51,14	
	T2	54,30	54,40	54,20	54,10	54,30	54,26	
	T3	55,40	55,50	55,60	55,70	55,60	55,56	
14	To	44,5	44,4	44,6	44,6	44,5	44,52	25,9
	T1	51,00	51,60	51,70	51,60	51,50	51,48	
	T2	54,10	54,00	54,20	54,00	54,10	54,08	
	T3	55,10	55,30	55,40	55,30	55,30	55,28	
15	To	46,5	46,4	46,4	46,3	46,5	46,42	24,9
	T1	51,70	51,90	51,80	51,70	51,80	51,78	
	T2	53,50	53,40	53,30	53,50	53,40	53,42	
	T3	53,60	53,60	53,70	53,60	53,80	53,66	
16	To	46,6	46,5	46,6	46,5	46,6	46,56	26,3
	T1	48,30	48,10	48,30	48,30	48,10	48,22	
	T2	50,80	50,60	50,70	50,50	50,60	50,64	
	T3	51,50	51,60	51,50	51,40	51,60	51,52	
17	To	47,4	47,5	47,1	47,2	47,4	47,32	24,3
	T1	43,40	43,30	43,20	43,10	43,20	43,24	
	T2	44,20	44,10	44,30	44,10	44,00	44,14	
	T3	46,20	46,10	46,20	46,10	46,20	46,16	
18	To	47,4	47,3	47,4	47,3	47,4	47,36	23,6
	T1	41,90	41,70	41,50	41,80	41,90	41,76	
	T2	43,10	43,30	43,10	43,20	43,10	43,16	
	T3	45,30	45,10	45,20	45,20	45,10	45,18	
19	To	43,3	43,1	43,2	43,1	43,2	43,18	25,7
	T1	39,20	39,20	39,00	39,20	39,10	39,14	
	T2	40,20	40,10	40,20	40,10	40,10	40,14	
	T3	42,90	42,80	42,70	42,80	42,90	42,82	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
20	To	43,7	43,8	43,9	43,7	43,8	43,78	24,2
	T1	37,50	37,40	37,30	37,50	37,50	37,44	
	T2	39,20	39,10	39,20	39,10	39,10	39,14	
	T3	41,00	41,10	41,20	41,10	41,20	41,12	
21	To	41,3	41,2	41,2	41,3	41,4	41,28	23,5
	T1	36,40	36,30	36,40	36,40	36,30	36,36	
	T2	38,30	38,10	38,20	38,10	38,10	38,16	
	T3	38,40	38,50	38,30	38,20	38,30	38,34	
22	To	37,7	37,6	37,7	37,6	37,5	37,62	26,2
	T1	36,20	36,00	36,10	36,20	36,10	36,12	
	T2	37,30	37,20	37,30	37,30	37,10	37,24	
	T3	37,90	38,00	37,80	37,90	38,00	37,92	
23	To	39,5	39,7	39,6	39,7	39,6	39,62	25,3
	T1	35,90	35,70	35,70	35,80	35,70	35,76	
	T2	36,10	36,30	36,20	36,30	36,20	36,22	
	T3	37,30	37,50	37,40	37,30	37,30	37,36	
24	To	40,8	40,9	40,6	40,7	40,7	40,74	24,8
	T1	36,80	36,70	36,70	36,60	36,60	36,68	
	T2	37,00	36,80	36,90	36,80	37,10	36,92	
	T3	36,20	36,00	35,90	36,10	36,00	36,04	
25	To	41,2	41,3	41	41,1	41,3	41,18	24,9
	T1	35,30	35,10	35,20	35,40	35,10	35,22	
	T2	36,50	36,40	36,30	36,50	36,40	36,42	
	T3	36,10	36,10	36,30	36,20	36,30	36,20	
26	To	39,4	39,5	39,2	39,3	39,3	39,34	23,5
	T1	34,60	34,50	34,40	34,60	34,50	34,52	
	T2	35,40	35,20	35,20	35,10	35,20	35,22	
	T3	35,80	35,90	35,70	35,90	35,90	35,84	
27	To	38,4	38,6	38,6	38,5	38,5	38,52	23,1
	T1	34,30	34,20	34,30	34,20	34,30	34,26	
	T2	33,30	33,20	33,40	33,20	33,10	33,24	
	T3	34,20	34,40	34,30	34,30	34,20	34,28	
28	To	36,4	36,3	36,3	36,4	36,3	36,34	22,6
	T1	32,60	32,70	32,60	32,50	32,70	32,62	
	T2	32,80	32,70	32,60	32,80	32,70	32,72	
	T3	39,90	34,00	39,90	34,10	34,10	36,40	
29	To	36,8	36,6	36,7	36,8	36,7	36,72	24,9
	T1	30,50	30,30	30,40	30,40	30,50	30,42	
	T2	31,30	31,10	31,40	31,30	31,20	31,26	
	T3	32,60	32,80	32,50	32,70	32,60	32,64	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
30	To	36,4	36,6	36,4	36,5	36,4	36,46	24,8
	T1	30,10	29,80	29,90	30,00	30,10	29,98	
	T2	31,00	29,90	31,10	30,00	31,00	30,60	
	T3	32,20	32,00	32,10	32,20	32,10	32,12	
31	To	35,2	35,4	35,1	35,3	35,2	35,24	26,3
	T1	30,60	30,80	30,90	31,00	30,70	30,80	
	T2	29,40	29,60	29,50	29,60	29,50	29,52	
	T3	28,90	29,00	29,00	29,10	28,80	28,96	
32	To	34,9	34,8	34,9	34,7	34,8	34,82	24,6
	T1	30,30	30,10	30,20	30,30	30,10	30,20	
	T2	29,50	29,30	29,40	29,30	29,20	29,34	
	T3	28,60	28,40	28,50	28,60	28,50	28,52	
33	To	34,8	34,6	34,7	34,5	34,6	34,64	25,1
	T1	30,40	30,00	30,10	30,20	30,30	30,20	
	T2	28,80	28,90	28,80	28,90	29,00	28,88	
	T3	29,10	29,00	28,90	28,90	29,00	28,98	
34	To	32,8	32,6	32,8	32,6	32,8	32,72	24,1
	T1	31,60	31,50	31,60	31,50	31,50	31,54	
	T2	30,30	30,20	30,40	30,20	30,20	30,26	
	T3	29,50	29,40	29,60	29,50	29,30	29,46	
35	To	32,5	32,4	32,5	32,3	32,4	32,42	25,7
	T1	31,70	31,80	31,50	31,60	31,60	31,64	
	T2	30,40	30,20	30,40	30,30	30,40	30,34	
	T3	29,10	29,00	28,80	29,10	29,10	29,02	
36	To	30,9	31	30,8	31	30,9	30,92	24,3
	T1	30,90	31,00	30,80	30,70	30,70	30,82	
	T2	30,40	30,30	30,10	30,40	30,20	30,28	
	T3	28,30	28,40	28,50	28,40	28,30	28,38	
37	To	31,3	31	31	31,2	31,1	31,12	23,8
	T1	29,10	29,00	29,30	29,20	29,30	29,18	
	T2	30,30	30,10	30,00	30,10	30,00	30,10	
	T3	29,00	28,80	29,00	28,80	29,00	28,92	
38	To	31,5	31,3	31,5	31,4	31,5	31,44	22,7
	T1	30,30	30,10	30,00	30,10	30,00	30,10	
	T2	29,90	30,00	29,80	29,80	29,80	29,86	
	T3	28,00	28,10	28,20	28,00	28,10	28,08	
39	To	31,8	31,6	31,7	31,7	31,6	31,68	21,9
	T1	30,50	30,30	30,40	30,50	30,50	30,44	
	T2	29,90	29,60	29,70	29,60	29,80	29,72	
	T3	29,50	29,40	29,40	29,30	29,40	29,40	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
40	To	31,5	31,2	31,4	31,5	31,3	31,38	24,4
	T1	31,40	31,00	31,20	31,10	31,30	31,20	
	T2	30,00	30,20	30,30	30,30	30,00	30,16	
	T3	29,90	29,80	29,70	29,60	29,70	29,74	
41	To	30,8	30,6	30,6	30,7	30,7	30,68	23,2
	T1	31,50	31,30	31,50	31,30	31,50	31,42	
	T2	30,30	30,40	30,00	30,10	30,30	30,22	
	T3	29,00	29,20	29,10	29,30	29,10	29,14	
42	To	30	29,7	29,8	29,9	30	29,88	24,7
	T1	30,00	30,20	30,10	30,30	30,10	30,14	
	T2	29,50	29,20	29,30	29,40	29,30	29,34	
	T3	29,00	28,70	28,90	28,90	28,60	28,82	
43	To	31,3	31	31,1	31,2	31,2	31,16	26,3
	T1	30,40	30,30	30,10	30,20	30,10	30,22	
	T2	29,80	29,70	29,80	29,80	29,70	29,76	
	T3	28,50	28,40	28,30	28,40	28,30	28,38	
44	To	31,5	31,4	31,7	31,6	31,6	31,56	26,1
	T1	30,60	30,30	30,50	30,20	30,70	30,46	
	T2	29,10	28,90	29,00	29,30	29,10	29,08	
	T3	28,40	28,60	28,70	28,50	28,50	28,54	
45	To	31,6	31,7	31,5	31,6	31,7	31,62	22,5
	T1	29,70	29,60	29,50	29,60	29,50	29,58	
	T2	29,10	29,30	29,40	29,20	29,10	29,22	
	T3	28,30	28,10	28,00	28,30	28,10	28,16	
46	To	32	31,9	31,7	31,8	31,8	31,84	21,8
	T1	29,60	29,30	29,50	29,40	29,50	29,46	
	T2	28,10	28,30	28,00	28,40	28,30	28,22	
	T3	28,10	28,00	27,90	28,00	28,10	28,02	
47	To	31,7	31,6	31,5	31,7	31,6	31,62	25,3
	T1	30,20	30,40	30,20	30,10	30,40	30,26	
	T2	29,30	29,00	29,20	29,40	29,00	29,18	
	T3	28,50	28,40	28,30	28,50	28,20	28,38	
48	To	31,9	31,7	31,6	31,6	31,7	31,7	25,8
	T1	30,40	30,40	30,50	30,10	30,00	30,28	
	T2	29,50	29,30	29,20	29,40	29,30	29,34	
	T3	28,50	28,20	28,10	28,50	28,30	28,32	
49	To	31,5	31,3	31,5	31,4	31,3	31,4	26,7
	T1	30,60	30,20	30,60	30,70	30,50	30,52	
	T2	29,40	29,30	29,00	29,10	29,30	29,22	
	T3	28,00	27,80	27,80	27,90	27,90	27,88	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
50	To	30	29,7	29,8	29,9	30	29,88	26,3
	T1	29,50	29,30	29,20	29,40	29,30	29,34	
	T2	28,80	29,00	28,90	28,80	28,70	28,84	
	T3	27,90	27,80	27,70	27,60	27,70	27,74	
51	To	30,6	30,3	30,5	30,5	30,6	30,5	26,8
	T1	29,50	29,60	29,30	29,30	29,40	29,42	
	T2	28,50	28,20	28,30	28,40	28,40	28,36	
	T3	27,90	27,60	27,80	27,90	27,80	27,80	
52	To	30,7	30,5	30,6	30,7	30,6	30,62	23,9
	T1	29,60	29,50	29,60	29,40	29,30	29,48	
	T2	28,30	28,00	28,20	28,10	28,10	28,14	
	T3	27,60	27,30	27,50	27,70	27,40	27,50	
53	To	31,6	31,4	31,5	31,4	31,5	31,48	25,3
	T1	29,90	29,60	29,70	29,80	29,70	29,74	
	T2	29,00	29,20	29,10	29,00	29,10	29,08	
	T3	27,00	26,90	27,10	26,80	27,00	26,96	
54	To	31	31,4	31,2	31,4	31,3	31,26	26,2
	T1	31,30	31,00	31,20	31,20	31,10	31,16	
	T2	30,00	29,70	29,60	29,80	29,80	29,78	
	T3	27,30	27,20	27,30	27,10	27,20	27,22	
55	To	30,6	30,3	30,4	30,5	30,5	30,46	24,7
	T1	30,10	30,00	29,90	30,00	29,90	29,98	
	T2	27,30	27,00	27,10	27,20	27,00	27,12	
	T3	25,80	26,00	25,90	26,10	26,00	25,96	
56	To	30,7	30,5	30,6	30,8	30,7	30,66	23,1
	T1	29,80	29,50	29,60	29,60	29,70	29,64	
	T2	27,50	27,30	27,30	27,40	27,30	27,36	
	T3	26,90	26,50	26,60	26,60	26,70	26,66	
57	To	30	29,7	29,9	30	29,8	29,88	23,8
	T1	29,20	29,00	29,10	29,30	29,20	29,16	
	T2	27,30	27,40	27,10	27,30	27,20	27,26	
	T3	25,70	25,60	25,70	25,50	25,40	25,58	
58	To	29,8	29,5	29,7	29,6	29,7	29,66	23,7
	T1	28,90	29,00	28,70	29,00	29,00	28,92	
	T2	27,50	27,30	27,60	27,40	27,50	27,46	
	T3	25,90	26,00	25,70	25,80	25,80	25,84	
59	To	31,7	31,5	31,5	31,7	31,6	31,6	22,4
	T1	29,00	29,30	29,10	29,00	29,20	29,12	
	T2	27,90	27,50	27,60	27,50	28,60	27,82	
	T3	25,60	25,30	25,40	25,60	25,30	25,44	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
60	To	31,5	31,2	31,4	31,2	31,3	31,32	22,7
	T1	29,40	29,40	29,30	29,10	29,00	29,24	
	T2	27,90	28,00	27,80	27,70	27,80	27,84	
	T3	24,90	25,00	25,10	25,10	24,80	24,98	
61	To	30,6	30,4	30,2	30,6	30,5	30,46	23,7
	T1	28,00	28,30	28,10	28,00	28,30	28,14	
	T2	27,00	27,20	27,10	27,30	27,00	27,12	
	T3	24,80	24,50	24,70	24,60	24,70	24,66	
62	To	30,4	30,2	30,2	30,5	30,2	30,3	23,6
	T1	28,40	28,30	28,40	28,50	28,20	28,36	
	T2	27,30	27,50	27,30	27,40	27,40	27,38	
	T3	24,20	24,10	24,00	24,30	24,10	24,14	
63	To	30	29,4	29,2	29,5	29,4	29,5	23,8
	T1	28,00	28,10	28,20	28,10	28,00	28,08	
	T2	27,50	27,30	27,40	27,20	27,30	27,34	
	T3	24,90	25,00	24,80	25,00	24,80	24,90	
64	To	30,2	30	30,1	30,3	30	30,12	22,8
	T1	27,40	27,30	27,40	27,50	27,20	27,36	
	T2	26,60	26,40	26,70	26,50	26,40	26,52	
	T3	23,50	23,30	23,40	23,50	23,40	23,42	
65	To	29,9	29,7	29,9	29,8	29,9	29,84	23,6
	T1	27,00	27,20	27,10	27,00	27,10	27,08	
	T2	26,60	26,40	26,40	26,70	26,50	26,52	
	T3	23,70	23,50	23,80	23,60	23,80	23,68	
66	To	28,8	28,6	28,5	28,6	28,5	28,6	23,5
	T1	26,40	26,30	26,50	26,30	26,40	26,38	
	T2	25,90	25,80	25,90	25,70	25,80	25,82	
	T3	23,60	23,50	23,60	23,70	23,50	23,58	
67	To	28,7	28,5	28,6	28,7	28,6	28,62	24,2
	T1	25,80	26,00	25,90	25,80	26,00	25,90	
	T2	25,40	25,50	25,30	25,40	25,20	25,36	
	T3	23,50	23,40	23,30	23,50	23,40	23,42	
68	To	28,6	28,5	28,4	28,3	28,4	28,44	23,1
	T1	25,10	25,30	25,20	25,10	25,20	25,18	
	T2	24,10	24,00	23,90	23,90	24,00	23,98	
	T3	23,90	23,60	23,50	23,70	23,80	23,70	
69	To	29,7	29,5	29,6	29,4	29,7	29,58	23,5
	T1	25,30	25,30	25,10	25,40	25,50	25,32	
	T2	24,70	24,50	24,50	24,70	24,60	24,60	
	T3	23,00	23,20	23,30	23,00	23,10	23,12	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
70	To	28,4	28,3	28,5	28,3	28,2	28,34	22,7
	T1	26,00	26,20	26,20	26,10	26,00	26,10	
	T2	25,30	25,10	25,30	25,10	25,30	25,22	
	T3	23,10	23,00	23,00	23,10	23,20	23,08	
71	To	27,3	27	27,1	27	27,3	27,14	22,1
	T1	26,30	26,20	26,30	26,30	26,20	26,26	
	T2	25,70	25,00	25,30	25,40	25,40	25,36	
	T3	22,90	22,70	22,40	22,90	22,80	22,74	
72	To	26,6	26,3	26,4	26,5	26,6	26,48	22,9
	T1	24,80	25,00	25,00	25,10	25,00	24,98	
	T2	23,60	23,50	23,40	23,60	23,50	23,52	
	T3	23,00	22,70	22,90	22,80	22,90	22,86	
73	To	25,6	25,3	25,3	25,6	25,6	25,48	21,4
	T1	25,20	25,10	25,10	25,00	25,10	25,10	
	T2	24,30	24,20	24,10	24,20	24,30	24,22	
	T3	22,00	22,30	22,10	22,40	22,10	22,18	
74	To	25,7	25,5	25,8	25,6	25,5	25,62	20,5
	T1	24,80	25,00	25,10	25,00	25,10	25,00	
	T2	24,40	24,50	24,20	24,30	24,30	24,34	
	T3	22,60	22,60	22,70	22,80	22,70	22,68	
75	To	26,7	26,6	26,6	26,8	26,6	26,66	20,8
	T1	24,00	24,20	24,10	24,00	24,20	24,10	
	T2	23,30	23,50	23,20	23,50	23,00	23,30	
	T3	22,50	22,30	22,40	22,60	22,30	22,42	
76	To	26,8	27	26,9	27	26,9	26,92	21,4
	T1	24,40	24,30	24,50	24,30	24,30	24,36	
	T2	23,00	23,20	23,10	23,00	23,10	23,08	
	T3	22,70	22,40	22,50	22,50	22,60	22,54	
77	To	25,6	25,7	25,5	25,6	25,7	25,62	21,7
	T1	24,60	24,50	24,60	24,50	24,40	24,52	
	T2	23,00	23,10	23,00	23,20	23,10	23,08	
	T3	23,70	23,60	23,80	23,80	23,70	23,72	
78	To	25,9	25,7	25,8	25,9	25,8	25,82	21,5
	T1	24,40	24,50	24,40	24,30	24,00	24,32	
	T2	23,40	23,30	23,20	23,40	23,10	23,28	
	T3	23,00	23,20	23,10	23,00	23,10	23,08	
79	To	25,9	25,7	25,5	25,6	25,8	25,7	20,4
	T1	24,00	24,10	24,20	24,00	24,10	24,08	
	T2	23,60	23,70	23,70	23,60	23,40	23,60	
	T3	23,70	23,60	23,50	23,80	23,60	23,64	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
80	To	25,4	25,3	25,2	25	25,4	25,26	21,4
	T1	24,20	24,00	24,10	24,20	24,00	24,10	
	T2	23,60	23,70	23,40	23,50	23,60	23,56	
	T3	23,00	23,30	23,10	23,30	23,10	23,16	
81	To	25	24,8	25	25,1	25,1	25	21,3
	T1	25,30	25,20	25,10	25,20	25,10	25,18	
	T2	24,00	24,80	24,70	24,50	24,60	24,52	
	T3	24,00	23,80	23,90	23,70	24,00	23,88	
82	To	25	24,8	24,9	24,9	25	24,92	21,9
	T1	25,00	25,10	24,90	25,00	25,10	25,02	
	T2	24,30	24,10	24,00	24,20	24,10	24,14	
	T3	23,80	23,60	23,90	24,00	23,90	23,84	
83	To	25,4	25	25,6	25,4	25,3	25,34	22,3
	T1	24,80	25,00	24,70	24,90	24,70	24,82	
	T2	24,70	24,50	24,70	24,60	24,50	24,60	
	T3	24,40	24,50	24,30	24,20	24,30	24,34	
84	To	24,5	24,2	24,3	24,3	24,5	24,36	23,1
	T1	25,50	25,10	25,30	25,10	25,30	25,26	
	T2	24,90	25,00	25,20	25,00	25,00	25,02	
	T3	24,90	24,70	24,60	24,80	24,60	24,72	
85	To	25,5	25,1	25,3	25,2	25,4	25,3	24,2
	T1	25,90	26,00	25,90	26,10	26,00	25,98	
	T2	25,40	25,10	25,40	25,20	25,40	25,30	
	T3	24,60	24,50	24,40	24,60	24,70	24,56	
86	To	26	26,5	26,4	26,3	26,5	26,34	25,1
	T1	26,00	26,10	25,80	26,00	25,90	25,96	
	T2	25,70	25,50	25,80	25,70	25,60	25,66	
	T3	24,70	24,50	24,60	24,70	24,50	24,60	
87	To	25,2	25	25,5	25,1	25	25,16	24,6
	T1	26,00	26,20	26,10	26,00	26,00	26,06	
	T2	26,00	25,90	26,00	25,70	25,60	25,84	
	T3	25,00	24,70	24,80	25,00	24,70	24,84	
88	To	25	24,9	24,8	25	24,8	24,9	23,6
	T1	25,20	25,50	25,40	25,50	25,40	25,40	
	T2	24,30	24,20	24,00	24,40	24,30	24,24	
	T3	22,60	22,40	22,30	22,60	22,50	22,48	
89	To	25,7	25,9	25,8	25,9	25,8	25,82	23,8
	T1	25,40	25,10	25,20	25,10	25,30	25,22	
	T2	24,70	24,50	24,50	24,60	24,70	24,60	
	T3	22,20	22,10	22,00	22,30	22,10	22,14	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
90	To	26,8	26,5	26,6	26,7	26,5	26,62	23,5
	T1	24,90	24,60	24,80	24,70	24,90	24,78	
	T2	24,30	24,00	24,10	24,00	24,20	24,12	
	T3	23,00	22,90	22,70	22,80	22,90	22,86	
91	To	26,8	26,9	26,8	26,8	26,7	26,8	23,2
	T1	24,80	24,60	24,50	24,70	24,60	24,64	
	T2	23,70	23,50	23,80	23,70	23,60	23,66	
	T3	22,50	22,10	22,40	22,20	22,30	22,30	
92	To	26,8	27	26,9	27,1	26,8	26,92	22,4
	T1	24,50	24,30	24,30	24,50	24,20	24,36	
	T2	23,50	23,10	23,40	23,10	23,20	23,26	
	T3	22,80	22,90	23,00	22,80	22,90	22,88	
93	To	25,9	25,8	25,9	25,8	25,9	25,86	21,8
	T1	23,30	23,00	23,40	23,10	23,20	23,20	
	T2	23,10	22,80	23,00	23,10	22,90	22,98	
	T3	22,60	22,40	22,50	22,60	22,40	22,50	
94	To	26	25,9	25,7	26	25,8	25,88	21,2
	T1	24,00	23,80	23,90	24,00	23,80	23,90	
	T2	23,00	23,30	23,20	23,30	23,00	23,16	
	T3	21,90	22,30	22,00	22,10	22,30	22,12	
95	To	25,4	25,1	25	25,3	25,1	25,18	21,8
	T1	24,80	24,50	24,70	24,60	24,80	24,68	
	T2	24,30	24,10	24,10	24,10	24,20	24,16	
	T3	24,70	24,80	24,60	24,80	24,70	24,72	
96	To	25	24,7	24,9	25	24,8	24,88	21,1
	T1	24,90	24,70	25,00	24,70	24,80	24,82	
	T2	24,20	24,00	23,90	23,70	24,00	23,96	
	T3	23,90	24,00	23,70	23,80	24,00	23,88	
97	To	25,6	25,4	25,5	25,7	25,3	25,5	23,5
	T1	26,40	26,00	26,20	26,10	26,30	26,20	
	T2	26,00	26,10	25,80	26,00	25,90	25,96	
	T3	25,70	25,40	25,70	25,40	25,70	25,58	
98	To	24,2	24	24,1	24,1	24,2	24,12	22,5
	T1	26,00	26,20	26,20	26,10	26,00	26,10	
	T2	26,00	25,80	26,00	25,80	25,80	25,88	
	T3	25,30	25,30	25,10	25,10	25,30	25,22	
99	To	24,1	24,3	24,3	24,1	24,4	24,24	22,6
	T1	25,30	25,40	25,40	25,50	25,30	25,38	
	T2	24,10	23,80	23,90	24,00	23,80	23,92	
	T3	23,70	23,50	23,60	23,70	23,60	23,62	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
100	To	24,9	24,7	25	24,7	24,8	24,82	22,5
	T1	25,50	25,30	25,60	25,40	25,30	25,42	
	T2	24,30	24,30	24,10	24,20	24,10	24,20	
	T3	23,90	23,70	23,80	23,90	23,70	23,80	
101	To	25	24,9	25,1	25	25,1	25,02	22,1
	T1	24,90	24,70	24,90	24,80	24,90	24,84	
	T2	24,00	24,30	24,00	24,10	24,10	24,10	
	T3	22,80	23,00	22,70	23,00	23,10	22,92	
102	To	26,1	25,9	25,8	26	26,1	25,98	20,4
	T1	23,80	23,50	23,90	23,70	23,80	23,74	
	T2	23,10	23,50	23,30	23,50	23,20	23,32	
	T3	22,90	22,50	22,60	22,70	22,60	22,66	
103	To	25,6	25,8	25,5	25,6	25,7	25,64	21,2
	T1	23,60	23,50	23,60	23,50	23,40	23,52	
	T2	22,90	23,10	23,20	23,00	23,10	23,06	
	T3	22,30	22,00	22,10	22,30	22,10	22,16	
104	To	25,8	25,6	25,7	25,6	25,8	25,7	21,7
	T1	23,10	23,20	23,00	22,80	23,00	23,02	
	T2	22,80	22,60	22,80	22,70	22,80	22,74	
	T3	22,20	22,50	22,60	22,30	22,40	22,40	
105	To	26	25,8	25,9	25,9	25,8	25,88	20,6
	T1	23,00	22,70	22,80	22,90	23,00	22,88	
	T2	22,30	22,10	22,20	22,40	22,20	22,24	
	T3	21,40	21,30	21,20	21,40	21,30	21,32	
106	To	25,3	25,2	25,4	25,3	25,2	25,28	20,9
	T1	22,,8	22,60	22,70	22,80	22,70	22,70	
	T2	22,50	22,30	22,50	22,40	22,40	22,42	
	T3	21,80	21,40	21,90	21,70	21,80	21,72	
107	To	24,3	24,2	24,2	24,1	24,3	24,22	21,1
	T1	22,70	22,30	22,60	22,50	22,40	22,50	
	T2	21,90	22,00	22,10	22,00	22,20	22,04	
	T3	21,50	21,30	21,40	21,40	21,30	21,38	
108	To	23,9	23,7	23,9	23,7	23,8	23,8	21,6
	T1	22,90	23,10	23,10	23,00	22,70	22,96	
	T2	22,30	22,40	22,10	22,10	22,30	22,24	
	T3	22,00	21,80	21,90	21,70	21,80	21,84	
109	To	23,5	23,3	23,4	23,3	23,4	23,38	22,9
	T1	24,10	24,00	23,80	24,00	24,10	24,00	
	T2	23,50	23,30	23,40	23,40	23,50	23,42	
	T3	22,40	22,20	22,10	22,30	22,20	22,24	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
110	To	23,2	23	23,1	23,3	23,1	23,14	23,1
	T1	23,80	23,90	24,00	23,80	23,90	23,88	
	T2	23,30	23,50	23,20	23,30	23,40	23,34	
	T3	22,70	22,50	22,60	22,50	22,60	22,58	
111	To	23	22,9	23	22,8	22,9	22,92	22,6
	T1	24,20	24,00	24,10	24,00	24,10	24,08	
	T2	23,80	23,90	24,00	23,90	23,80	23,88	
	T3	23,90	23,80	23,90	23,80	23,90	23,86	
112	To	23	22,7	22,8	22,9	22,8	22,84	23,1
	T1	24,70	24,50	24,60	24,50	24,70	24,60	
	T2	24,20	23,90	24,10	24,10	24,00	24,06	
	T3	23,20	23,30	23,30	23,20	23,10	23,22	
113	To	23,6	23,3	23,5	23,6	23,5	23,5	23,8
	T1	25,90	25,60	25,90	25,70	25,70	25,76	
	T2	24,90	24,70	24,80	24,80	24,90	24,82	
	T3	23,90	23,70	23,60	23,70	23,70	23,72	
114	To	24,9	25	24,8	24,9	24,7	24,86	24,1
	T1	25,00	25,20	25,10	25,00	25,10	25,08	
	T2	24,70	24,60	24,70	24,50	24,50	24,60	
	T3	23,60	23,50	23,60	23,40	23,60	23,54	
115	To	24,3	24,2	24,3	24,1	24,2	24,22	22
	T1	24,50	24,40	24,50	24,30	24,60	24,46	
	T2	23,20	23,10	23,00	23,10	23,20	23,12	
	T3	22,30	22,10	22,10	22,00	22,20	22,14	
116	To	24,8	24,6	24,8	24,6	24,5	24,66	21,9
	T1	24,10	24,00	24,10	24,00	24,10	24,06	
	T2	23,60	23,40	23,50	23,50	23,60	23,52	
	T3	22,50	22,60	22,40	22,40	22,30	22,44	
117	To	25,2	25,3	25,2	25,2	25,3	25,24	21,5
	T1	23,90	24,00	24,10	23,90	24,00	23,98	
	T2	23,10	23,00	23,10	23,20	23,00	23,08	
	T3	22,80	22,60	22,80	22,70	22,60	22,70	
118	To	26,3	26,2	26,3	26	26,4	26,24	22,3
	T1	23,80	24,00	23,90	24,00	23,90	23,92	
	T2	23,20	23,10	23,30	23,30	23,20	23,22	
	T3	22,70	22,90	22,80	22,90	22,70	22,80	
119	To	25,5	25,3	25,4	25,3	25,3	25,36	21,7
	T1	23,70	23,50	23,60	23,70	23,50	23,60	
	T2	22,90	23,10	23,00	23,00	22,80	22,96	
	T3	22,00	22,20	22,10	22,20	22,00	22,10	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
120	To	25,1	25,3	25,1	25,2	25,2	25,18	21,5
	T1	23,00	22,80	22,90	23,00	22,70	22,88	
	T2	22,50	22,40	22,30	22,40	22,50	22,42	
	T3	21,50	21,20	21,30	21,40	21,30	21,34	
121	To	25	24,8	24,9	25	24,9	24,92	22,7
	T1	23,30	23,10	23,20	23,00	23,10	23,14	
	T2	22,80	22,60	22,70	22,60	22,50	22,64	
	T3	21,60	21,40	21,50	21,60	21,50	21,52	
122	To	24,9	24,7	24,6	24,7	24,6	24,7	22,9
	T1	24,20	24,10	24,00	24,10	24,10	24,10	
	T2	23,70	23,60	23,70	23,50	23,60	23,62	
	T3	22,90	22,70	22,60	22,80	22,70	22,74	
123	To	24,3	24,2	24,3	24,2	24,2	24,24	21,8
	T1	23,90	24,00	24,10	23,90	23,90	23,96	
	T2	23,00	23,20	23,10	23,10	23,20	23,12	
	T3	22,40	22,20	22,10	22,40	22,30	22,28	
124	To	23,8	24	23,9	23,9	23,8	23,88	22,7
	T1	24,00	24,20	24,10	24,00	24,20	24,10	
	T2	23,50	23,60	23,40	23,50	23,40	23,48	
	T3	22,40	22,30	22,40	22,30	22,20	22,32	
125	To	25	24,8	24,9	25	24,9	24,92	21,4
	T1	22,60	22,40	22,50	22,40	22,60	22,50	
	T2	21,00	21,20	21,00	21,10	21,10	21,08	
	T3	20,30	20,20	20,40	20,30	20,20	20,28	
126	To	23,4	23,2	23,3	23,4	23,3	23,32	21,7
	T1	22,60	22,60	22,70	22,70	22,70	22,66	
	T2	21,40	21,30	21,20	21,00	21,40	21,26	
	T3	20,60	20,40	20,50	20,60	20,40	20,50	
127	To	22,7	22,5	22,7	22,6	22,6	22,62	22,1
	T1	22,50	22,30	22,40	22,30	22,50	22,40	
	T2	21,60	21,40	21,50	21,60	21,40	21,50	
	T3	21,40	21,30	21,50	21,30	21,30	21,36	
128	To	22	21,8	22,1	22	22,1	22	21,9
	T1	22,30	22,40	22,50	22,20	22,20	22,32	
	T2	21,80	21,70	21,80	21,60	21,70	21,72	
	T3	21,10	21,10	21,20	21,00	21,20	21,12	
129	To	22,3	22,2	22,3	22,4	22,1	22,26	20,4
	T1	21,90	22,00	21,80	22,00	21,90	21,92	
	T2	21,80	21,90	21,60	21,70	21,70	21,74	
	T3	21,10	21,20	21,30	21,20	21,10	21,18	

<b>Día</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>	<b>Tamb</b>
130	To	22	21,9	21,8	22	21,9	21,92	20,2
	T1	22,00	22,20	22,10	22,10	22,00	22,08	
	T2	21,90	22,00	21,80	21,90	21,90	21,90	
	T3	21,70	21,60	21,80	21,60	21,60	21,66	
131	To	22,2	22	22,1	22,1	22,2	22,12	21,6
	T1	22,30	22,00	22,20	22,30	22,20	22,20	
	T2	21,50	21,40	21,50	21,40	21,40	21,44	
	T3	21,20	21,30	21,00	21,30	21,20	21,20	
132	To	20,4	20,3	20,4	20,3	20,4	20,36	21,5
	T1	22,00	22,20	22,10	22,20	22,00	22,10	
	T2	21,90	22,00	22,10	22,00	21,80	21,96	
	T3	21,00	20,90	21,10	20,80	21,00	20,96	
133	To	20,7	20,5	20,6	20,7	20,6	20,62	21,8
	T1	21,40	21,30	21,20	21,30	21,30	21,30	
	T2	21,30	21,10	21,20	21,30	21,20	21,22	
	T3	21,60	21,70	21,50	21,60	21,50	21,58	
134	To	20,3	20,5	20,4	20,3	20,3	20,36	21,3
	T1	21,70	21,50	21,60	21,70	21,50	21,60	
	T2	21,60	21,40	21,50	21,40	21,60	21,50	
	T3	21,50	21,40	21,40	21,50	21,40	21,44	
135	To	21,3	21,1	21,2	21,3	21	21,18	21
	T1	21,40	21,50	21,30	21,40	21,50	21,42	
	T2	21,20	21,00	21,10	21,00	21,10	21,08	
	T3	21,20	21,30	21,00	21,20	21,30	21,20	

**Tabla 44.** Medición del pH durante el proceso de compostaje

<b>Días</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b>Promedio</b>
15	T0	7,270	7,230	7,290	7,100	7,180	7,214
	T1	8,860	8,890	8,560	8,900	8,210	8,684
	T2	8,900	9,100	8,650	8,880	8,900	8,886
	T3	8,900	9,060	8,960	9,060	9,100	9,016
30	T0	8,500	8,430	7,980	8,280	8,380	8,314
	T1	8,900	8,530	8,650	8,750	8,700	8,706
	T2	9,260	9,170	9,090	9,110	9,120	9,150
	T3	9,500	9,650	9,320	9,430	9,410	9,462
45	T0	9,610	9,720	9,520	9,660	9,620	9,626
	T1	9,670	9,810	9,740	9,720	9,870	9,762
	T2	9,810	9,690	9,620	9,860	9,890	9,774
	T3	9,700	9,660	9,680	9,570	9,810	9,684
60	T0	9,390	9,210	9,430	9,240	9,110	9,276
	T1	9,650	9,500	9,430	9,490	9,460	9,506
	T2	9,320	9,500	9,510	9,430	9,350	9,422
	T3	9,510	9,420	9,620	9,640	9,390	9,516
75	T0	8,410	8,430	8,780	8,560	8,610	8,558
	T1	9,100	8,980	9,120	9,010	9,100	9,062
	T2	9,230	9,120	9,010	9,340	9,120	9,164
	T3	9,190	9,310	9,200	9,160	9,190	9,210
90	T0	8,230	8,160	8,120	8,090	8,210	8,162
	T1	9,250	9,160	9,210	9,180	9,170	9,194
	T2	8,990	9,170	9,180	9,050	9,020	9,082
	T3	9,230	9,120	9,110	9,090	9,280	9,166
105	T0	8,090	8,210	7,870	8,020	8,080	8,054
	T1	8,370	8,410	8,210	8,590	8,740	8,464
	T2	9,170	9,380	9,020	9,110	9,070	9,150
	T3	9,350	9,110	9,230	9,170	9,210	9,214
120	T0	8,010	7,890	7,650	8,080	7,810	7,888
	T1	8,210	8,040	8,140	7,960	8,000	8,070
	T2	8,490	8,210	8,090	8,460	8,550	8,360
	T3	8,610	9,040	8,360	8,520	8,910	8,688
135	T0	7,850	7,580	7,790	7,700	7,720	7,728
	T1	8,090	8,320	7,890	7,860	7,910	8,014
	T2	8,280	8,170	8,110	8,160	8,130	8,170
	T3	8,350	8,540	8,280	8,350	8,360	8,376

**Tabla 45.** Medición de la humedad del proceso de compostaje

NºDías	TRATAMIENTO	REPETICION	Po (Muestra húmeda)	Peso de plaaca	Placa + muestra seca	Pf (muestra seca)	Humedad	Promedio
15	T0	R1	4,82	48,70	50,02	1,32	72,61	68,17
		R2	4,60	46,17	47,83	1,66	63,91	
		R3	4,90	36,28	37,71	1,43	70,82	
		R4	4,62	38,84	40,42	1,58	65,80	
		R5	4,52	46,19	47,65	1,46	67,70	
	T1	R1	4,00	48,21	50,21	2,00	50,00	54,68
		R2	5,00	39,85	42,06	2,21	55,80	
		R3	5,00	46,68	48,70	2,02	59,60	
		R4	5,00	48,45	50,70	2,25	55,00	
		R5	5,00	48,34	50,69	2,35	53,00	
	T2	R1	5,00	38,10	40,04	1,94	61,20	59,88
		R2	5,00	38,83	40,79	1,96	60,80	
		R3	5,00	38,41	40,48	2,07	58,60	
		R4	5,00	39,75	42,00	2,25	55,00	
		R5	5,00	39,64	41,45	1,81	63,80	
	T3	R1	5,00	48,40	50,41	2,01	59,80	57,24
		R2	5,00	46,58	48,64	2,06	58,80	
		R3	5,00	46,81	49,07	2,26	54,80	
		R4	5,00	37,02	39,42	2,40	52,00	
		R5	5,00	40,40	42,36	1,96	60,80	

30	T0	R1	4,04	38,86	40,61	1,75	56,68	59,81
		R2	4,01	39,88	41,64	1,76	56,11	
		R3	4,04	48,48	49,93	1,45	64,11	
		R4	4,17	38,12	39,86	1,74	58,27	
		R5	4,07	46,19	47,66	1,47	63,88	
	T1	R1	4,17	46,71	48,77	2,06	50,60	53,81
		R2	4,06	48,36	50,21	1,85	54,43	
		R3	4,05	48,23	50,14	1,91	52,84	
		R4	4,02	38,85	40,42	1,57	60,95	
		R5	4,44	48,42	50,63	2,21	50,23	
	T2	R1	4,03	46,60	48,43	1,83	54,59	52,29
		R2	4,08	39,76	41,75	1,99	51,23	
		R3	4,10	36,31	38,29	1,98	51,71	
		R4	4,03	46,22	48,49	2,27	43,67	
		R5	4,05	39,66	41,27	1,61	60,25	
	T3	R1	4,05	46,84	48,65	1,81	55,31	55,13
		R2	4,03	40,42	42,44	2,02	49,88	
		R3	4,05	38,43	40,11	1,68	58,52	
		R4	4,09	48,71	50,35	1,64	59,90	
		R5	4,11	37,03	39,00	1,97	52,07	
R2		17,2941	2,43	11,349	8,92	48,40		
R3		17,9994	2,37	9,7707	7,40	58,88		
R4		13,576	2,40	7,8498	5,45	59,87		
R5		14,5117	2,22	8,1444	5,92	59,19		

NºDías	TRATAMIENTO	REPETICION	Po (Muestra húmeda)	Peso de plaaca	Placa + muestra seca	Pf (muestra seca)	Humedad	Promedio
45	T0	R1	4,02	48,70	50,02	1,32	67,16	66,60
		R2	3,98	46,17	47,83	1,66	58,29	
		R3	5,10	36,28	37,71	1,43	71,96	
		R4	4,92	38,84	40,42	1,58	67,89	
		R5	4,52	46,19	47,65	1,46	67,70	
	T1	R1	4,10	48,21	50,21	2,00	51,22	55,77
		R2	5,20	39,85	42,06	2,21	57,50	
		R3	5,10	46,68	48,70	2,02	60,39	
		R4	5,20	48,45	50,70	2,25	56,73	
		R5	5,00	48,34	50,69	2,35	53,00	
	T2	R1	5,10	38,10	40,04	1,94	61,96	60,65
		R2	5,30	38,83	40,79	1,96	63,02	
		R3	5,00	38,41	40,48	2,07	58,60	
		R4	5,10	39,75	42,00	2,25	55,88	
		R5	5,00	39,64	41,45	1,81	63,80	
T3	R1	5,30	48,40	50,41	2,01	62,08	58,88	
	R2	5,00	46,58	48,64	2,06	58,80		
	R3	5,10	46,81	49,07	2,26	55,69		
	R4	5,40	37,02	39,42	2,40	55,56		
	R5	5,20	40,40	42,36	1,96	62,31		
60	T0	R1	12,0603	2,40	7,9244	5,52	54,20	55,44
		R2	16,8726	2,43	9,8201	7,39	56,23	
		R3	14,1922	1,26	8,035	6,78	52,25	
		R4	15,2393	1,22	7,3813	6,16	59,55	

	R5	13,6443	1,23	7,3727	6,15	54,96	
T1	R1	12,1676	1,23	7,149	5,92	51,36	
	R2	13,4384	2,484	9,4934	7,01	47,84	
	R3	13,3339	2,45	6,5828	4,13	69,02	
	R4	17,0864	2,49	10,54	8,05	52,90	
	R5	16,6879	2,19	9,9899	7,80	53,24	54,87
T2	R1	17,2917	2,43	10,27	7,85	54,62	
	R2	19,1316	2,48	13,18	10,70	44,07	
	R3	22,0907	2,50	12,87	10,37	53,04	
	R4	15,9696	2,48	9,421	6,94	56,55	
	R5	14,7643	2,51	8,6765	6,16	58,25	53,31
T3	R1	15,9237	2,49	8,4885	6,00	62,31	
	R2	17,2941	2,43	11,349	8,92	48,40	
	R3	17,9994	2,37	9,7707	7,40	58,88	
	R4	13,576	2,40	7,8498	5,45	59,87	
	R5	14,5117	2,22	8,1444	5,92	59,19	57,73

N°Días	TRATAMIENTO	REPETICION	Po (Muestra húmeda)	Peso de plaaca	Placa + muestra seca	Pf (muestra seca)	Humedad	Promedio
75	T0	R1	4	38,98	40,86	1,88	43,00	43,97
		R2	4	39,64	41,52	1,88	43,00	
		R3	4	38,64	40,45	1,81	44,75	
		R4	4	38,51	40,33	1,82	44,50	
		R5	4,03	47,62	49,45	1,83	44,59	
	T1	R1	4	37,83	40,05	2,22	44,50	44,70
		R2	4,01	37,84	40,17	2,33	41,90	
		R3	4,05	36,45	38,87	2,42	40,25	
		R4	4,02	38,15	40,54	2,39	40,55	
		R5	4,03	38,72	40,48	1,76	56,33	
	T2	R1	4,02	38,5	41,05	2,55	36,57	37,88
		R2	4	37,78	40,19	2,41	39,75	
		R3	4,01	48,25	50,69	2,44	39,15	
		R4	4,04	38,65	41,2	2,55	36,88	
		R5	4,02	37,2	39,73	2,53	37,06	
	T3	R1	4	48,43	50,76	2,33	41,75	41,05
		R2	4,01	46,69	49,08	2,39	40,40	
		R3	4	37,9	40,26	2,36	41,00	
		R4	4,05	38,98	41,41	2,43	40,00	
		R5	4,04	38,84	41,18	2,34	42,08	
90	T0	R1	4,03	38,2	40,8	2,60	35,48	38,69
		R2	4	46,69	49,3	2,61	34,75	
		R3	4	39,51	41,76	2,25	43,75	
		R4	4	39,79	42,09	2,30	42,50	
		R5	4,03	39,13	41,67	2,54	36,97	
	T1	R1	4,01	46,49	48,72	2,23	44,39	44,79
		R2	4,01	36,59	38,81	2,22	44,64	

	R3	4,01	37,64	39,84	2,20	45,14	
	R4	4	38,32	40,52	2,20	45,00	
	R5	4,02	36,97	39,19	2,22	44,78	
T2	R1	4,03	38,77	41,14	2,37	41,19	
	R2	4,03	38,87	41,15	2,28	43,42	
	R3	4,02	38,45	40,69	2,24	44,28	
	R4	4,02	48,36	50,59	2,23	44,53	
	R5	4,02	37,17	39,36	2,19	45,52	43,79
T3	R1	4,02	38,25	40,59	2,34	41,79	
	R2	4,03	37,98	40,29	2,31	42,68	
	R3	4	38,49	40,88	2,39	40,25	
	R4	4	48,42	50,76	2,34	41,50	
	R5	4,01	46,61	48,9	2,29	42,89	41,82

NºDías	TRATAMIENTO	REPETICION	Po (Muestra húmeda)	Peso de plaaca	Placa + muestra seca	Pf (muestra seca)	Humedad	Promedio
105	T0	R1	4,03	38,2	40,8	2,60	35,48	38,69
		R2	4	46,69	49,3	2,61	34,75	
		R3	4	39,51	41,76	2,25	43,75	
		R4	4	39,79	42,09	2,30	42,50	
		R5	4,03	39,13	41,67	2,54	36,97	
	T1	R1	4,01	46,49	48,72	2,23	44,39	44,79
		R2	4,01	36,59	38,81	2,22	44,64	
		R3	4,01	37,64	39,84	2,20	45,14	
		R4	4	38,32	40,52	2,20	45,00	
		R5	4,02	36,97	39,19	2,22	44,78	
	T2	R1	4,03	38,77	41,14	2,37	41,19	43,79
		R2	4,03	38,87	41,15	2,28	43,42	
		R3	4,02	38,45	40,69	2,24	44,28	
		R4	4,02	48,36	50,59	2,23	44,53	
		R5	4,02	37,17	39,36	2,19	45,52	
	T3	R1	4,02	38,25	40,59	2,34	41,79	41,82
		R2	4,03	37,98	40,29	2,31	42,68	
		R3	4	38,49	40,88	2,39	40,25	
		R4	4	48,42	50,76	2,34	41,50	
		R5	4,01	46,61	48,9	2,29	42,89	
120	T0	R1	6,54	5,21	8,94	3,73	42,97	43,27
		R2	6,73	5,25	8,77	3,52	47,70	
		R3	6,8	5,18	8,57	3,39	50,15	
		R4	6,21	5,2	8,27	3,07	50,56	
		R5	6,61	2,68	7,64	4,96	24,96	

T1	R1	6,99	2,26	6,11	3,85	44,92	43,70
	R2	6,67	2,3	5,98	3,68	44,83	
	R3	6,41	3,26	7,02	3,76	41,34	
	R4	6,31	2,64	6,2	3,56	43,58	
	R5	6,39	3,21	6,8	3,59	43,82	
T2	R1	5,72	2,61	6	3,39	40,73	41,82
	R2	6,68	2,56	6,45	3,89	41,77	
	R3	6,13	2,98	6,56	3,58	41,60	
	R4	6,31	2,87	6,47	3,60	42,95	
	R5	6,61	2,53	6,36	3,83	42,06	
T3	R1	6,12	2,41	5,87	3,46	43,46	43,25
	R2	6,87	2,83	6,68	3,85	43,96	
	R3	6,37	2,39	6,07	3,68	42,23	
	R4	6,08	2,78	6,25	3,47	42,93	
	R5	6,5	2,45	6,11	3,66	43,69	

NºDías	TRATAMIENTO	REPETICION	Po (Muestra húmeda)	Peso de plaaca	Placa + muestra seca	Pf (muestra seca)	Humedad	Promedio
135	T0	R1	2,2906	37,7895	39,0732	1,28	43,96	43,58
		R2	2,4148	37,0994	38,4801	1,38	42,82	
		R3	2,5865	38,4822	39,9395	1,46	43,66	
		R4	2,7007	37,4684	38,9861	1,52	43,80	
		R5	2,7874	37,6193	39,1897	1,57	43,66	
	T1	R1	2,1963	36,1831	37,4823	1,30	40,85	40,77
		R2	2,4058	38,7082	40,1431	1,43	40,36	
		R3	2,2175	38,1534	39,4624	1,31	40,97	
		R4	2,854	40,6621	42,3493	1,69	40,88	
		R5	2,7145	38,3304	39,9371	1,61	40,81	
	T2	R1	2,503	37,8421	39,3964	1,55	37,90	38,04
		R2	2,4532	34,6496	36,1709	1,52	37,99	
		R3	2,4833	36,9098	38,4464	1,54	38,12	
		R4	2,4016	38,7511	40,2335	1,48	38,27	
		R5	2,7183	37,863	39,5502	1,69	37,93	
	T3	R1	2,5593	38,5485	40,2355	1,69	34,08	33,93
		R2	2,3331	37,028	38,5698	1,54	33,92	
		R3	2,5769	36,9908	38,6976	1,71	33,77	
		R4	2,006	36,5595	37,8808	1,32	34,13	
		R5	2,2726	37,252	38,7581	1,51	33,73	

Tabla 46. Índice de germinación de los tratamientos

Muestra	Repecti ón n	Semillas plantada s	Semillas germinada s	Porcentaje de Germinaci ón Relativa (PGR)	Elongación radicular (cm)										Promedi o	Crecimient o Radicula Relativo (CRR)	Índice de germinacio n
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Testigo ( Agua destilada)	1	10	9	90	2,8	7,6	7,5	10, 2	6,4	5,4	6, 3	3, 6	6, 1	6,211	100,000	90,000	
	2	10	10	100	7,8	7,9	5,5	5,1	3,7	6,1	7, 1	3, 4	7, 4	8, 0	6,200	100,000	100,000
	3	10	10	100	5,5	7,2	7,4	7,3	8,3	3,7	5, 5	5, 5	6, 3	6, 0	6,270	100,000	100,000
	4	10	10	100	8,0	7,2	5,1	2,6	4,2	7,5	6, 8	5, 1	7, 8	7, 9	6,220	100,000	100,000
	5	10	10	100	5,0	6,7	6,8	6,6	8,1	6,4	4, 9	5, 3	6, 0	6, 2	6,200	100,000	100,000
T0 (100 %ROD)	1	10	5	50	4,1	4,8	3,9	3,0	3,0					3,760	60,448	30,224	
	2	10	5	50	4,1	3,5	3,9	3,7	3,4					3,720	59,805	29,902	
	3	10	5	50	3,2	5,4	2,6	2,6	4,8					3,720	59,805	29,902	
	4	10	5	50	4,0	4,7	4,3	2,8	3,0					3,760	60,448	30,224	
	5	10	5	50	4,3	3,7	3,3	3,7	3,7					3,740	60,126	30,063	
T1( 20% EC +80%ROD)	1	10	5	50	3,9	2,8	5,0	4,5	3,9					4,020	64,628	32,314	
	2	10	5	50	4,7	3,9	3,7	3,6	4,1					4,000	64,306	32,153	
	3	10	5	50	3,9	4,2	3,9	4,7	3,5					4,040	64,949	32,475	
	4	10	5	50	4,4	3,7	4,1	4,2	3,7					4,020	64,628	32,314	
	5	10	5	50	3,9	3,8	4,2	3,7	4,6					4,040	64,949	32,475	
T2(30% EC + 70% ROD)	1	10	6	60	10, 4	10, 2	9,5	10, 3	9,6	8,9				9,817	157,819	94,691	

	2	10	6	60	10, 1	10, 4	8,6	9,3	9,2	10, 4			9,667	155,407	93,244	
	3	10	7	70	12, 0	11, 8	7,5	9,3	7,1	7,2	7, 1		8,857	142,393	99,675	
	4	10	6	60	9,6	9,8	9,8	9,2	10, 1	9,9			9,733	156,479	93,887	
	4	10	7	70	12, 4	11, 0	8,5	10, 5	6,1	7,4	6, 2		8,871	142,622	99,836	
T3 (40%EC+60 % ROD)	1	10	9	90	5,3	9,5	6,2	8,1	5,1	4,5	6, 2	8, 9	6, 6	6,711	107,892	97,103
	2	10	9	90	3,1	5,2	10, 4	6,2	7,2	7,7	6, 1	7, 2	6, 3	6,600	106,106	95,495
	3	10	8	80	5,2	6,7	8,5	6,7	4,3	5,2	8, 0	6, 1		6,338	101,885	81,508
	4	10	9	90	5,8	9,3	6,6	5,5	5,3	6,8	7, 2	6, 6	6, 9	6,667	107,177	96,460
	5	10	9	90	6,8	6,2	8,2	10, 7	10, 5	4,5	2, 8	3, 7	3, 8	6,356	102,176	91,958

**Tabla 47.** Generación de estiércol de cuy.

N° de vivienda	N° Día Código de vivienda	N° de cuyes	Generación de EC por semana (kg)							Generación EC(Kg/cuy/sem)
			1	2	3	4	5	6	7	
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1	EC1	4	0.000	0.000	1.400	0.000	1.365	0.000	1.560	1.081
2	EC2	6	0.000	0.000	1.876	0.000	1.769	0.000	2.076	0.954
3	EC3	4	0.000	0.000	1.345	0.000	1.285	0.000	1.455	1.021
4	EC4	5	0.000	0.000	1.670	0.000	1.590	0.000	1.780	1.008
5	EC5	5	0.000	0.000	1.745	0.000	1.716	0.000	1.923	1.077
6	EC6	6	0.000	0.000	2.012	0.000	2.102	0.000	2.136	1.042
7	EC7	7	0.000	0.000	2.129	0.000	2.029	0.000	2.419	0.940
8	EC8	4	0.000	0.000	1.241	0.000	1.263	0.000	1.446	0.988
9	EC9	5	0.000	0.000	1.623	0.000	1.616	0.000	1.823	1.012
10	EC10	8	0.000	0.000	2.445	0.000	2.425	0.000	2.645	0.939
11	EC11	4	0.000	0.000	1.189	0.000	1.154	0.000	1.321	0.916
12	EC12	4	0.000	0.000	1.198	0.000	1.121	0.000	1.320	0.910
13	EC13	5	0.000	0.000	1.574	0.000	1.498	0.000	1.782	0.971
14	EC14	6	0.000	0.000	1.977	0.000	1.916	0.000	1.998	0.982
15	EC15	6	0.000	0.000	2.154	0.000	2.100	0.000	2.342	1.099
16	EC16	7	0.000	0.000	2.378	0.000	2.288	0.000	2.408	1.011
17	EC17	7	0.000	0.000	2.297	0.000	2.290	0.000	2.491	1.011
18	EC18	6	0.000	0.000	1.907	0.000	1.943	0.000	2.070	0.987
19	EC19	5	0.000	0.000	1.645	0.000	1.595	0.000	1.885	1.025
20	EC20	6	0.000	0.000	2.061	0.000	2.187	0.000	2.218	1.078
<b>Total</b>		110	0.000	0.000	35.866	0.000	35.252	0.000	39.098	<b>1.003</b>

## 8.2. Panel fotográfico



**Figura 27.** Charla a los socios que participaron en la investigación



**Figura 28.** Entrega de costal y balde para la recolección del estiércol de cuy y los residuos orgánicos



**Figura 29.** Pesado de los residuos orgánicos domiciliarios generados



**Figura 30.** Separación de los residuos recolectados para determinar su composición



**Figura 31.** Muestra de estiércol de cuy y residuos orgánicos domiciliarios antes del proceso de compostaje



**Figura 32.** Muestras colocadas a 105°C durante 24 horas para determinar la humedad



**Figura 33.** Medición de pH con el multiparámetro en el laboratorio de la UNAS



**Figura 34.** Proceso de digestión para determinar el contenido de nutrientes



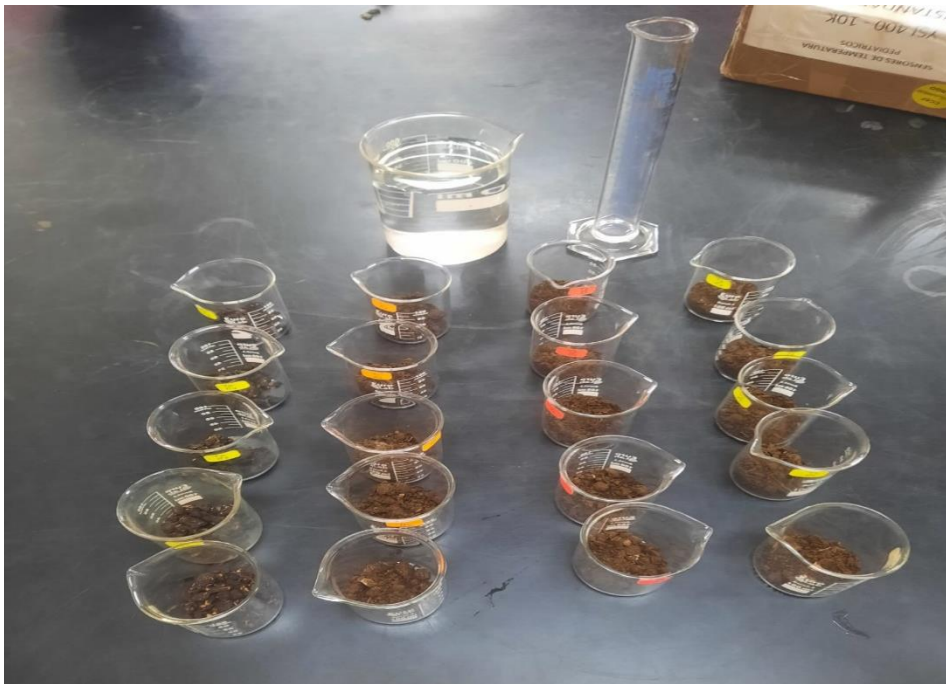
**Figura 35.** Medición de la humedad cada 15 días, durante el proceso de compostaje



**Figura 36.** Volteo de compost



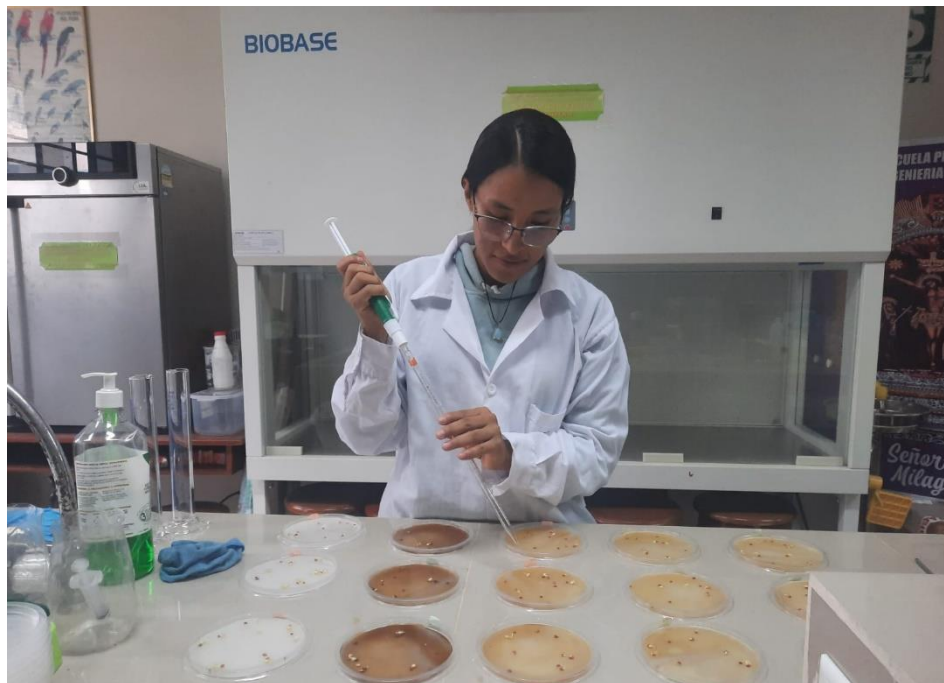
**Figura 37.** Medición de temperatura de las composteras



**Figura 38.** Medición de pH cada 15 días, durante el proceso de compostaje



**Figura 39.** Medición de la conductividad eléctrica cada 15 días, durante el proceso de compostaje




**Figura 40.** Desarrollo del test de germinación




**Figura 41.** Medición de la reactividad del compost obtenido de los tratamientos

### 8.3. Permisos y medios probatorios de la investigación



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



*"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

Tingo María 05 de Julio del 2023

**Ing.Msc. ZAVALA GUERRERO SANDRA LORENA**  
Jefa de laboratorio de Operaciones Unitarias


**ASUNTO: Permiso para utilizar las instalaciones del Laboratorio de Suelos**

Mediante el presente, me dirijo a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle lo siguiente.


Solicito el permiso para el uso de las instalaciones del Laboratorio de Suelos para determinar la humedad de veinte muestras de compostaje como parte de la ejecución de mi proyecto de tesis "EFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY EN LA CALIDAD DEL COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS DEL AA.HH KAHUACHI, PILLCO MARCA, HUÁNUCO", dicho análisis se realizará cada 2 semanas, empezando el jueves 06 de julio hasta el 26 de octubre del presente año.

Gracias anticipadas por su tiempo, quedo a la espera de su respuesta.

Muy atentamente.



\_\_\_\_\_  
SOLÓRZANO CHÁVEZ, Leidy Fabiola  
Correo electrónico:  
[leidy.solorzano@unas.edu.pe](mailto:leidy.solorzano@unas.edu.pe)



**Figura 42.** Permiso para el uso del laboratorio de calidad de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Tingo María 07 de julio del 2023

**Señores miembros del jurado:**

Presidente: Ing. Msc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO

Miembro: Ing. Msc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO

Miembro: Blog.Msc. CESAR AUGUSTO GOZME SULCA

Asesor: Dr. VÍCTOR MANUEL BETETA ALVARADO

Yo: LEIDY FABIOLA SOLÓRZANO CHÁVEZ tesista de la especialidad de INGENIERIA AMBIENTAL.

**SOLICITO: SUPERVISIÓN DE LA EJECUCIÓN DE MI TESIS TITULADA: EFECTO DEL ESTIÉRCOL DE CUY EN LA CALIDAD DEL COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS DEL AA.HH KAHUACHI, PILLCO MARCA, HUÁNUCO**

Pongo de conocimiento que mediante Resolución N°134-2023-D-FRNR-UNAS se aprueba la ejecución de mi proyecto de tesis y a su vez se ratifica la designación de los miembros del jurado designado por la Comisión de Tesis, Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. En virtud de la presente resolución y el requerimiento de supervisión de la ejecución de los proyectos de tesis:

Hago la invitación para supervisar la ejecución de mi proyecto de tesis el cual será realizado en el Jr. Orquídeas #114 Asociación de vivienda-San Juan de Vichaycoto, Pillco Marca, Huánuco el día miércoles 19 de julio del presente año, las actividades a realizar son la medición del parámetro de temperatura de las composteras, asimismo la toma de muestras para realizar el análisis del pH y humedad. El pH será analizado en el laboratorio de Suelos de Agronomía de la UNAS y la humedad en el Laboratorio de Suelos de Ambiente. El punto de partida será la puerta dos de la UNAS - Tingo María a las 6:00 a.m, se estima llegar en tres horas y 30 minutos al lugar de ejecución, y el tiempo de realización de la actividad programada en el lugar de trabajo es de 2 horas. Luego, se retornaría a la ciudad de Tingo María. Por último, el 20 de julio del presente año se realizará la medición del pH y humedad de las muestras recolectadas en el laboratorio de Suelos de Agronomía y Ambiente de la UNAS, esta actividad empezaría a las 7:00 a.m y terminaría a las 11:00 a.m. Se contará con refrigerio y transporte.

Gracias anticipadas por su tiempo.  
Muy atentamente.

Leidy Fabiola  
Solórzano Chávez  
Tesista

Dr. Víctor Manuel  
Beteta Alvarado  
Asesor

**Figura 43.** Invitación para la supervisión de ejecución de la investigación



# ANÁLISIS ESPECIAL

LASAE



## 1. DATOS

SOLICITANTE:	SOLORZANO CHAVEZ LEIDY FABIOLA	MUESTREADO POR:	SOLORZANO CHAVEZ LEIDY FABIOLA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	23/06/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	23/06/2023
DISTRITO:	PILLCO MARCA	FECHA DE REPORTE:	23/08/2023
LOCALIDAD:	AAHH KAHUACHI	RECIBO O FACTURA:	17108
MUESTRA:	RESIDUOS ORGANICOS DOMICILIARIOS Y ESTIERCOL DE CUY	OBSERVACION:	----

## 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE HUMEDA							RESULTADOS EN BASE SECA										
Código	Referencia	PH	CE uS/cm	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	C/N	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
E0094A	ESTIERCOL DE CUY	9.23	7340	14.308	85.693	54.170	31.523	27.085	1.736	15.602	63.214	36.786	0.354	0.660	0.384	0.035	1.015	113.400	398.518	13.391	301.106
E0094B	RESIDUOS ORGANICOS DOMICILIARIOS	5.33	7560	70.124	29.876	22.200	7.676	11.100	1.512	7.341	74.306	25.694	0.317	2.790	0.370	0.191	3.125	33.609	248.520	17.180	52.373

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.  
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA

*[Firma]*  
 ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA  
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Figura 44. Resultado del análisis del estiércol de cuy y residuos orgánicos domiciliarios



## ANÁLISIS ESPECIAL



### 1. DATOS

SOLICITANTE:	SOLORZANO CHAVEZ LEIDY FABIOLA	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	6/11/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	6/11/2023
DISTRITO:	PILCO MARCA	FECHA DE REPORTE:	19/01/2024
LOCALIDAD:	AA.HH "KAHUACHI"	RECIBO O FACTURA:	27809
MUESTRA:	COMPOST	OBSERVACION:	---

### 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS EN BASE HUMEDA								RESULTADOS EN BASE SECA				
Código	Dato	pH	CE (uS/cm)	Humedad Hd (%)	Densidad aparente (Kg/m3)	Materia Seca (%)	C (%)	N(%)	C/N	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Mg (%)	K (%)
E0233-1	T0R1	7.72	5950	43.9579	597.0225	56.0421	11.0846	2.0048	5.5290	43.2766	56.7234	0.1373	0.2890	1.7639
E0233-2	T0R2	7.75	5930	42.8234	595.0714	57.1766	11.0932	1.8536	5.9847	43.4314	56.5686	0.1254	0.2928	1.7589
E0233-3	T0R3	7.73	5920	43.6575	597.1813	56.3425	10.9600	1.8984	5.7733	43.4097	56.5903	0.1262	0.2901	1.7598
E0233-4	T0R4	7.70	5920	43.8035	596.2538	56.1965	10.9357	1.8592	5.8819	42.9704	57.0296	0.1301	0.2909	1.7572
E0233-5	T0R5	7.73	5940	43.6608	597.0506	56.3392	11.4975	1.8872	6.0924	43.4523	56.5477	0.1274	0.2878	1.7619
E0233-6	T1R1	7.98	6250	40.8460	465.4128	59.1540	13.6101	1.9824	6.8655	49.6196	50.3804	0.2173	0.3217	1.3196
E0233-7	T1R2	8.05	6290	40.7566	463.4241	59.6434	13.8322	1.9880	6.9578	50.0130	49.9870	0.2154	0.3197	1.3096
E0233-8	T1R3	8.01	6250	40.9696	464.0033	59.0304	13.9825	2.0104	6.9551	49.9050	50.0950	0.2262	0.3204	1.3139
E0233-9	T1R4	7.99	6290	40.8830	465.6022	59.1170	13.2999	1.9600	6.7857	49.5154	50.4846	0.2201	0.3223	1.3099
E0233-10	T1R5	8.02	6240	40.8105	463.7896	59.1895	14.0333	1.9830	7.0768	49.6342	50.3658	0.2274	0.3212	1.2959
E0233-11	T2R1	8.12	6320	37.9025	446.2502	62.0975	14.9575	2.2288	6.7110	61.0659	38.9341	0.4172	0.4019	1.1264
E0233-12	T2R2	8.18	6310	37.9871	446.3135	62.0129	14.5252	2.2008	6.6000	61.1581	38.8419	0.4092	0.3971	1.1172
E0233-13	T2R3	8.17	6390	38.1227	445.9605	61.8773	14.3258	2.1896	6.5427	60.8312	39.1688	0.4099	0.3966	1.1192
E0233-14	T2R4	8.21	6350	38.2745	445.8202	61.7255	14.7333	2.2232	6.6271	60.8150	39.1850	0.4051	0.4008	1.1185
E0233-15	T2R5	8.17	6342	37.9318	445.7276	62.0682	13.9442	2.2064	6.3199	60.0635	39.9365	0.4110	0.3988	1.1201
E0233-16	T3R1	8.35	6490	34.0835	375.4421	65.9165	15.5221	2.2568	6.8779	62.4205	37.5795	0.6441	0.4392	1.0579
E0233-17	T3R2	8.36	6460	33.9162	375.7644	66.0838	15.7259	2.2848	6.8828	61.9108	38.0892	0.6313	0.4412	1.0972
E0233-18	T3R3	8.41	6430	33.7654	373.2387	66.2346	16.2801	2.2456	7.2498	62.2042	37.7958	0.6403	0.4395	1.0350
E0233-19	T3R4	8.39	6500	34.1326	372.1099	65.8674	15.4701	2.3072	6.7051	62.0932	37.9068	0.6355	0.4362	1.0681
E0233-20	T3R5	8.37	6420	33.7279	372.6694	66.2721	16.1768	2.2736	7.1151	62.3023	37.6977	0.6398	0.4433	1.0716

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

*[Firma]*  
ING. LUIS GERMAN MANGILLA MINAYA  
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



CE

Figura 45. Resultado de los análisis a las muestras del compost obtenido de los tratamientos.