



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

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

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

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL COMPOST  
DE CALIDAD AGRÍCOLA, PRODUCIDO A PARTIR DE  
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, ESTIÉRCOL  
DE VACUNO Y/O DE CUY, BAGUA, AMAZONAS, 2018.**

**AUTORES:**

**Bach. LEITY NOEMI LEIVA CABRERA**

**Bach. CLAUDIO RAÚL TAPIA MARTINEZ**

**ASESOR:**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**CO-ASESOR:**

**Mg. OVIDIO QUIROZ SUÁREZ**

Registro .....

**CHACHAPOYAS - PERÚ  
2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por fortalecer mi alma e iluminar mi mente, por haber guiado mis pasos y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte, para alcanzar mis objetivos.

A mis padres, Leyta Cabrera Bravo y Vidal Leiva Burga, por todas sus muestras de amor, apoyo y motivación constante en los proyectos que emprendo.

A mis hermanas, Mercy Alexandra y Kia Esther, quienes hacen que cada día sea una aventura, muchas gracias por el apoyo y cariño incondicional.

**Leity Noemi**

A Dios, el forjador de mi camino, el que me levanta ante mis tropiezos y me fortalece ante las adversidades, por protegerme y darme fuerzas para superar obstáculos en mi vida.

A mis padres, Fredesvinda Martinez Gonzales y Santos Enrique Tapia Becerra, por su apoyo incondicional y palabras de aliento que me motivaron a cumplir mis metas.

A mis hermanos, Lino Elvis, Jesús Manuel, Ana María, Rosa Isabel, por estar no sólo en esta etapa importante de mi vida, sino en todo momento, por sus consejos para que me esforzara en lograr esta meta.

**Claudio Raúl**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirnos la existencia, brindarnos fortaleza, así como sabiduría y dedicación para poder emprender nuevos retos y cumplir nuestras metas a lo largo de nuestra carrera profesional y vida cotidiana.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, por brindarnos la oportunidad de coronar una carrera universitaria y estar mejor preparados para enfrentar los retos en nuestras vidas.

A nuestro Asesor Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón y Co-asesor Mg. Ovidio Quiroz Suárez, por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia, y además el tiempo dedicado a la revisión de esta investigación, hicieron posible la cristalización de este logro académico.

De manera muy especial a nuestros padres y hermanos por brindarnos el apoyo tanto económico como moral para luchar por nuestras metas y darnos confianza cada día.

A nuestros amigos y todas aquellas personas que, de una u otra forma, directa e indirectamente, contribuyeron en la realización de esta investigación.

**Leity Noemi y Claudio Raúl.**

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

**Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI**  
**Rector**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**  
**Vicerrector Académico**

**Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN**  
**Vicerrectora de Investigación**

**M.Sc. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTÍZ**  
**Decano (e) de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental**

## VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Miguel Ángel Barrena Gurbillón, docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - Amazonas, hago constar que he asesorado en la ejecución de la tesis titulada **CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL COMPOST DE CALIDAD AGRÍCOLA, PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, ESTIÉRCOL DE VACUNO Y/O DE CUY, BAGUA, AMAZONAS, 2018**, elaborada por los: Bach. Leity Noemi Leiva Cabrera y Bach. Claudio Raúl Tapia Martínez, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

El docente de la UNRTM que suscribe, da el Visto Bueno al Informe Final de la Tesis en mención para que sea revisada por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a apoyar en el levantamiento de observaciones para su sustentación.

Chachapoyas, 12 de febrero del 2020



---

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Asesor

## VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

Yo, Ovidio Quiroz Suárez, docente del Instituto Superior Tecnológico Público Bagua, hago constar que he asesorado en la ejecución de la tesis titulada nombre **CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL COMPOST DE CALIDAD AGRÍCOLA, PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, ESTIÉRCOL DE VACUNO Y/O DE CUY, BAGUA, AMAZONAS, 2018**, elaborada por los: Bach. Leity Noemi Leiva Cabrera y Bach. Claudio Raúl Tapia Martínez, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

El docente del Instituto Superior Tecnológico Público Bagua, que suscribe, da el Visto Bueno al Informe Final de la Tesis en mención para que sea revisada por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a apoyar en el levantamiento de observaciones para su sustentación.

Chachapoyas, 12 de febrero del 2020



---

Mg. Ovidio Quiroz Suárez

Co-Asesor

**JURADO EVALUADOR**



---

**Dra. CÁSTULA ALVARADO CHUQUI**

**Presidenta**



---

**M.Sc. HENRY MARIO PELÁEZ RODRÍGUEZ**

**Secretario**



---

**Ing. JEFFERSON FITZGERALD REYES FARJE**

**Vocal**



**ANEXO 3-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo LEITY NOEMI LEIVA CABZERA  
identificado con DNI N° 75968070 Estudiante( )/Egresado ( X) de la Escuela Profesional de  
INGENIERIA AMBIENTAL de la Facultad de:  
INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: CARACTERÍSTICAS FISIQUÍMICAS DEL  
COMPOST DE CALIDAD AGRÍCOLA, PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS  
ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, ESTIERCOL DE VACUNO Y/O DE CUY,  
PASUA, AMAZONAS, 2020

que presento para  
obtener el Título Profesional de: INGENIERO AMBIENTAL

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 11 de FEBRERO de 2020

  
Firma del(a) tesista



**ANEXO 3-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo CLAUDIO RAÚL TAPIA MARTINEZ  
identificado con DNI N° 72962072 ..... Estudiante( )/Egresado (X) de la Escuela Profesional de  
INGENIERIA AMBIENTAL  
..... de la Facultad de:  
INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
.....  
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL COMPOST DE CALIDAD AGRÍCOLA PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, ESTIÉRCOL DE VACUNO Y/O DE CUY, BAGUA, AMAZONAS, 2018.  
..... que presento para obtener el Título Profesional de: INGENIERO AMBIENTAL
2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 11 de FEBRERO de 2020

Firma del(a) tesista



**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 12 de FEBRERO del año 2020, siendo las 11:00 horas, el aspirante LEIVA CABRERA LEITY NOEMI defiende en sesión pública la Tesis titulada: "CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL COMPOST DE CALIDAD AGRÍCOLA PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS ESTIÉRCOL DE VACUNO Y/O CUY, BSGUA, AMAZONAS 2018."

para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

- Presidente: DRA. CASTULA ALVARADO CHURUI
- Secretario: MSc. HENRY MARIO PELAEZ RODRIGUEZ
- Vocal: ING. JEFFERSON FITZGERAL REYES FARJE



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

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

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

Aprobado (  )                      Desaprobado (  )

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

Siendo las 12:22 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 12 de FEBRERO del año 2020, siendo las 11:00 horas, el aspirante TAPIA MARTINEZ CLAUDIO RAUL

defiende en sesión pública la Tesis titulada: "CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL COMPOST DE CALIDAD AGRÍCOLA PRODUCIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS ESTIÉRCOL DE VACUNO Y/O DE CUY, BASHUA, AMAZONAS 2018.

para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dña. CÁSTULA ALVARADO CHUQUI  
Secretario: MSc. HENRY MARIO PELÁEZ RODRÍGUEZ  
Vocal: ING. JEFFERSON FITZGERAL REYES FARJE

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

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

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

Aprobado (  )

Desaprobado (  )

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

Siendo las 12:22 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	v
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO .....	viii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO .....	ix
ACTA DE EVALUACION Y SUSTENTACION DE TESIS.....	x
ACTA DE EVALUACION Y SUSTENTACION DE TESIS.....	xi
ÍNDICE GENERAL .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT.....	xix
I. INTRODUCCIÓN .....	20
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	22
2.1. Área de estudio .....	22
2.2. Diseño experimental .....	23
2.2.1. Método.....	23
2.2.2. Estimación del rendimiento de compost por tratamiento .....	30
2.2.3. Análisis fisicoquímico del compost obtenido en cada tratamiento .....	30
2.2.4. Determinación de la calidad del compost producido, comparando sus características fisicoquímicas con la Norma Chilena 2880 y FAO .....	31
2.2.5. Análisis estadístico o análisis de datos .....	31
III. RESULTADOS .....	32
3.1. Comportamiento de la temperatura durante el compostaje (121 días).....	32
3.2. Comportamiento del pH durante el compostaje (121 días).....	33
3.3. Evaluación de la madurez y estabilización del compost .....	34
3.4. Rendimiento del compost.....	34
3.5. Evaluación del análisis fisicoquímico de las muestras de compost .....	36

3.6.	Determinación de la calidad del compost producido .....	47
IV.	DISCUSIÓN.....	48
V.	CONCLUSIONES .....	52
VI.	RECOMENDACIONES .....	53
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
	ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos (tratamientos). ....	23
<b>Tabla 2.</b> Composición total y porcentual del tratamiento 1 de compostaje. ....	26
<b>Tabla 3.</b> Composición total y porcentual de tratamiento 2 de compostaje. ....	27
<b>Tabla 4.</b> Composición total y porcentual de tratamiento 3 de compostaje. ....	27
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de calidad exigidos para un compost final. ....	31
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento. ....	35
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, con respecto al rendimiento. ....	35
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el pH. ....	36
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, con respecto al pH. ....	36
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la conductividad eléctrica (CE). ....	37
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, de la conductividad eléctrica (CE). ....	38
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de materia orgánica (MO). ....	39
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de materia orgánica. ....	39
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de nitrógeno (% N). ....	40
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de nitrógeno (% N). ....	40
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de carbono. ....	42
<b>Tabla 17.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de carbono. ....	42
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la relación carbono/nitrógeno (C/N)...	43
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ). ....	44
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de potasio (K <sub>2</sub> O). ....	45
<b>Tabla 21.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de potasio (K <sub>2</sub> O). ....	45
<b>Tabla 22.</b> Diseño completamente al azar (DCA) ....	46

<b>Tabla 23.</b> Comparación del análisis fisicoquímico de los tratamientos con parámetros de calidad de la Norma Chilena 2880 y la FAO. ....	47
<b>Tabla 24.</b> Rendimiento (%) del compost elaborado a base de aserrín más estiércol de vacuno más residuos orgánicos domiciliarios (T1). ....	59
<b>Tabla 25.</b> Rendimiento (%) del compost elaborado a base de aserrín más estiércol de cuy más residuos orgánicos domiciliarios (T2). ....	59
<b>Tabla 26.</b> Rendimiento (%) del compost elaborado a base de aserrín más estiércol de vacuno más estiércol de vacuno más residuos orgánicos domiciliarios (T3). ....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio.....	22
<b>Figura 2.</b> Disposición de las cajas composteras en el área experimental. ....	24
<b>Figura 3.</b> Flujograma para la elaboración y evaluación de compost elaborado a partir de residuos sólidos domiciliarios y estiércoles.....	30
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de la temperatura del tratamiento T1, T2 y T3, en función de los días. ....	32
<b>Figura 5.</b> Comportamiento del pH de los tratamientos T1, T2 y T3, en función de los días.....	33
<b>Figura 6.</b> Variación de la temperatura y pH del proceso de compostaje de los tres tratamientos.....	34
<b>Figura 7.</b> Rendimiento de los tratamientos para producir compost. ....	35
<b>Figura 8.</b> pH del compost obtenido en cada uno de los tratamientos. ....	37
<b>Figura 9.</b> Conductividad eléctrica obtenida por los tratamientos en estudio.....	38
<b>Figura 10.</b> Contenido de materia orgánica, obtenido por los diferentes tratamientos. ..	39
<b>Figura 11.</b> Contenido de nitrógeno, obtenido en los diferentes tratamientos.....	41
<b>Figura 12.</b> Contenido de carbono (C), obtenido por los diferentes tratamientos.....	42
<b>Figura 13.</b> Relación carbono/nitrógeno (C/N), obtenido en los diferentes tratamientos. ....	43
<b>Figura 14.</b> Contenido de fósforo ( $P_2O_5$ ), obtenido en los diferentes tratamientos. ....	44
<b>Figura 15.</b> Contenido de potasio ( $K_2O$ ) obtenido en los diferentes tratamientos. ....	46
<b>Figura 16.</b> A: Armado de cajas composteras; B: Ubicación adecuada de las cajas composteras .....	60
<b>Figura 17.</b> Medidas de las cajas composteras.....	60
<b>Figura 18.</b> Recolección de residuos orgánicos domiciliarios. ....	61
<b>Figura 19.</b> A: recolección del estiércol de vacuno en el Camal Municipal de Bagua; B: recojo del estiércol de cuy. ....	61
<b>Figura 20.</b> A: Picado de los residuos orgánicos domiciliarios; B: Adición de aserrín en las cajas composteras.....	62
<b>Figura 21.</b> A: Adición del estiércol de cuy y de vacuno en las cajas composteras; B: Adición de residuos orgánicos domiciliarios en las cajas composteras.....	62
<b>Figura 22.</b> A: Medición de la temperatura; B: Medición del pH.....	63
<b>Figura 23.</b> A: Volteo del compost. B: Compost producido. ....	63

<b>Figura 24.</b> Pesado de la muestras de compost. ....	64
<b>Figura 25.</b> Muestras de compost etiquetadas. ....	64

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar las características fisicoquímicas del compost producido a partir de residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y/o de cuy, en Bagua, Amazonas, 2018. Se empleó tres tratamientos: T1 (Compost elaborado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de vacuno), T2 (Compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de cuy) y T3 (Compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y de cuy). Los tratamientos alcanzaron la fase termófila en los primeros 24 días, siendo la máxima temperatura entre los días 5 y 6 (T1: 68,4 °C, T2: 65,3°C, T3: 64,6 °C). Los resultados del análisis fisicoquímico evidencian que el compost del T1 cumple con los valores para ser considerado un compost de calidad agrícola con un pH de 7,47, CE de 2,81 dS/m, materia orgánica 12,18 %, nitrógeno 0,61 %, fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 0,07 % y potasio (K<sub>2</sub>O) 0,6 %. Según la relación C/N (carbono/nitrógeno), pH y porcentaje de nitrógeno, los tres tratamientos presentan compost de calidad A, ya que los valores obtenidos en cada uno de los parámetros mencionados, se encuentran dentro de los valores que estipula la Norma Chilena y la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Los rendimientos obtenidos con el T2 y T3 fueron 38,33 % y 36,04 %, respectivamente, superiores al obtenido con el T1, el cual fue de 32,5 %.

**Palabras claves:** Abono orgánico, reciclaje de nutrientes, tratamiento de residuos orgánicos.

## **ABSTRACT**

The objective of the present investigation was to determine the physicochemical characteristics of the compost produced from household organic waste, cattle and/or guinea pig manure, in Bagua, Amazonas, 2018. Three treatments were used: T1 (Compost made from waste household organic and cattle manure), T2 (Compost from household organic waste and guinea pig manure) and T3 (Compost from household organic waste and cattle and guinea pig manure). The treatments reached the thermophilic phase in the first 24 days, with the maximum temperature between days 5 and 6 (T1: 68,4 °C, T2: 65,3 °C, T3: 64,6 °C). The results of the physicochemical analysis show that the T1 compost meets the values to be considered an agricultural quality compost with a pH of 7,47, EC of 2,81 dS / m, organic matter 12,18%, nitrogen 0,61%, phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 0,07% and potassium (K<sub>2</sub>O) 0,6%. According to the C/N ratio (carbon/nitrogen), pH and nitrogen percentage, the three treatments have quality compost A, since the values obtained in each of the mentioned parameters are within the values stipulated the Chilean standard and the FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The yields obtained with T2 and T3 were 38,33% and 36,04%, respectively, higher than those obtained with T1, which was 32,5%.

**Keywords:** Organic fertilizer, nutrient recycling, organic waste treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento poblacional, a partir de la segunda mitad del siglo XX ha ido en aumento, asociado a una cultura consumista lo que constituye un incremento significativo en la generación de residuos sólidos (Tapia, Ruelas, Gómez y Abarca, 2018). En la actualidad, la generación de residuos debido a las diversas actividades antrópicas, causando grandes problemas ambientales (Guerrero, Acosta, Benites y Abarca, 2019).

En el mundo se genera anualmente más de 2 000 millones de toneladas de desechos sólidos municipales; de este total, el 56 % son residuos inorgánicos, de los que el 13,5 % se recicla y el 44 % son residuos orgánicos de los cuales el 5,5 % se composta (Sáez, 2000; Gómez, 2018).

En el Perú, para el año 2014 se generaron cerca de 8 millones de toneladas, de los cuales más del 50% fueron residuos orgánicos municipales, el 19% residuos sin valor de cambio, el 19% residuos con valor de cambio (MINAM, 2016). Esto demuestra que los problemas de contaminación ambiental están todavía presentes en nuestro país. Según la Municipalidad Provincial de Bagua (MPB, 2019), Bagua presenta una población estimada de más de 24 000 habitantes, por lo que la generación de residuos sólidos, según el estudio de caracterización del año 2019, alcanza 10,3 TM/día, de los cuales el 83% son residuos orgánicos, 10% residuos sin valor de cambio y el 7% residuos con valor de cambio.

Por otro lado, se ha identificado que parte de la población de la ciudad de Bagua se dedica a la crianza artesanal de animales domésticos como cuyes (*Cavia porcellus*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*) y gallinas (*Gallus gallus domesticus*), además animales de campo como vacas (*Bos Taurus*) y pelibuey (*Ovis aries*), tanto en el centro de la ciudad como en la periferia de ésta, las cuales se adicionan al porcentaje de residuos orgánicos domiciliarios generados. Los residuos generados por estos animales domésticos (estiércol) es un problema, debido a falta de aprovechamiento y el vertido directo en el ambiente, liberando metano ( $\text{CH}_4$ ), y líquidos contaminantes con nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), los cuales causan contaminación a los mantos freáticos (Medina et al., 2017).

Frente al mal manejo y el escaso aprovechamiento de los residuos sólidos generados, el compostaje, es una alternativa ideal para el reciclaje de estos, reduciendo así el impacto negativo generado a la atmósfera, el suelo y aguas (Mendoza, 2012).

Hoy en día la preocupación por el manejo sustentable del ambiente, se ha convertido en un tema prioritario por atender, y una alternativa clave es el uso de abonos orgánicos como el compost. Dentro de este marco la investigación presentada tuvo como finalidad obtener compost de calidad a partir de la materia biodegradable producida en la ciudad de Bagua, evaluando sus características fisicoquímicas como pH, materia orgánica, C, N, K y P; que traiga sostenibilidad al medio ambiente, recuperando la calidad de suelos degradados y la reducción del abuso de agroquímicos en la producción agrícola.

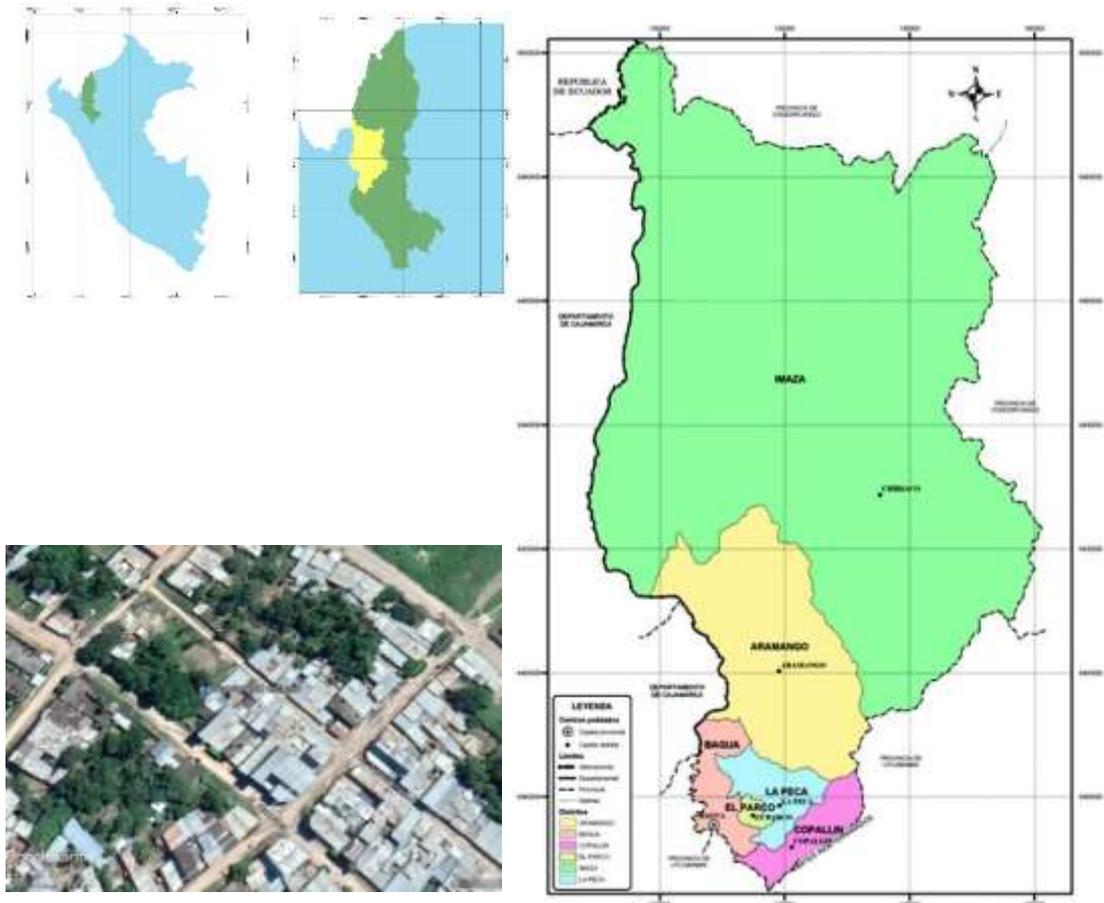
En la presente investigación se empleó los residuos orgánicos domiciliarios, adicionándole estiércol de vacuno y de cuy, para la elaboración de compost, actividad que permitirá reducir la contaminación ambiental, contribuir a la mejora en el manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos en las etapas que siguen a su generación permitiendo mitigar los impactos negativos sobre el ambiente, salud, y a la economía circular.

La producción de compost de forma aeróbica, reduce la generación del gas metano, a la vez se disminuyen los gases que influyen en el aumento de la temperatura promedio en la tierra (Clavijo, 2014). Además, el hecho de prolongar la vida útil del sitio de disposición final de residuos al dar un tratamiento alternativo adecuado a los residuos orgánicos, se reduce así la presión para encontrar un nuevo sitio adecuado para la disposición.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

La presente investigación se realizó en la ciudad de Bagua, distrito de Bagua, en el departamento de Amazonas, a 445 m.s.n.m. dentro de las coordenadas  $5^{\circ}37'58.72''S$  y  $78^{\circ}31'45.82''O$  (Google Earth Pro 7.1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

## 2.2. Diseño experimental

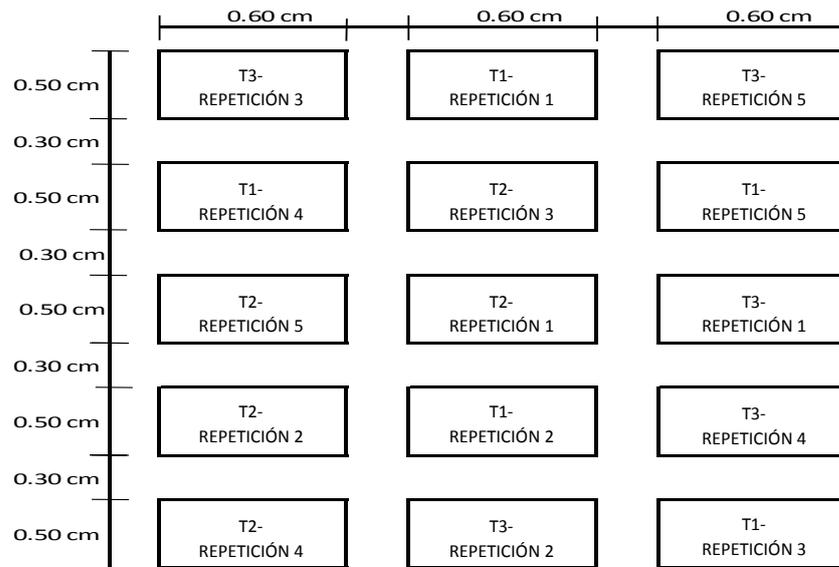
### 2.2.1. Método

Se utilizó el método Indore de compostaje, el cual consiste en la descomposición de una mezcla a base de restos vegetales y estiércol de animales, periódicamente humedecidos (Álvarez, 2010).

Para la instalación del experimento se consideró tres tratamientos para elaborar compost (T1, T2 y T3) y 5 repeticiones de cada una de ellos, para esto se hicieron 15 cajas composteras de 0,60 m de alto, 0,60 m largo y 0,50 m ancho, empleando tablas reutilizadas, clavos de 2 pulgadas y listones de 3 cm x 3 cm x 60 cm que sirvieron como soporte en las esquinas de cada caja compostera; además se dio una separación de 0,5 cm entre cada tabla de las caras de las cajas para favorecer el paso del aire. Para la ubicación de las cajas composteras correspondientes a los tratamientos, se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), teniendo en cuenta una separación de 0,30 m entre cajas.

**Tabla 1.** Compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos (tratamientos).

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
T1	Compost elaborado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de vacuno.
T2	Compost elaborado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de cuy
T3	Compost elaborado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de vacuno y de cuy.



**Figura 2.** Disposición de las cajas composteras en el área experimental.

#### a) Obtención y transporte de materia prima

##### **Estiércol fresco de cuy**

Se identificaron seis viviendas donde las dueñas de casa se dedicaban a la crianza y venta de cuyes; asimismo, previo diálogo, se les entregó un saco de polipropileno para el almacenamiento del estiércol fresco de cuy, el cual se recogió cada 3 días, durante 9 días. La cantidad recogida fue 115 kg.

##### **Estiércol fresco de vacuno**

Se hicieron las coordinaciones con el responsable del Camal Municipal de Bagua para que nos brinde las facilidades en el recojo del estiércol de vacuno. Se recogió cada 3 días, siendo necesario el uso de palas y bolsas plásticas. La cantidad recogida fue de 115 kg durante los 9 días.

##### **Residuos orgánicos domiciliarios**

Para la obtención de estos residuos, se utilizó el estudio de caracterización de residuos sólidos de la MPB 2016; se seleccionó 30 viviendas, teniendo en cuenta la mayor generación *per capita* (GPC). Se visitaron las viviendas, dándose a conocer la finalidad y solicitándoles su compromiso en la entrega de sus residuos orgánicos generados durante 9 días. Para la recolección de los residuos de cada

vivienda, se entregó una bolsa por vivienda un día antes del inicio de la recolección, con el propósito de recogerlo al siguiente día, ya con sus residuos generados. Se recolectó alrededor de 500 kg de residuos orgánicos domiciliarios (restos de verduras, frutas, tubérculos).

Para el transporte del material a compostar, fue necesario el uso de una motocar previamente acondicionada con base de cartón para evitar que las bolsas y sacos a transportar, se deterioren o caigan.

#### **b) Selección y picado**

Los residuos orgánicos domiciliarios fueron seleccionados, para evitar que materiales no deseados (huesos, residuos inorgánicos) pasen a ser compostados; la selección se realizó de manera manual. Los residuos orgánicos obtenidos en la selección, fueron picados hasta tamaños de 3 x 3 cm, para luego ser dispuestos en las cajas composteras, siendo desechados los no compostables.

#### **c) Llenado de las cajas composteras**

**Tratamiento 1:** Para el llenado de las cinco cajas composteras correspondientes al T1, se utilizó 3 tipos de residuos biodegradables (estiércol de vacuno, residuos orgánicos domiciliarios y aserrín), donde cada capa estaba formada de la siguiente manera:

Primero: Una capa de 1,75 kg de aserrín.

Segundo: Una capa de 5 kg de estiércol fresco de vacuno y se agregó agua según lo requería para mantenerlo húmedo y que no escurra.

Tercero: Una capa de 10,5 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

Esta misma secuencia se siguió hasta formar 9 capas similares y para finalizar se cubrió las camas con una capa de aserrín, con la finalidad de evitar exponer a los residuos orgánicos al contacto con algún insecto volador y mantener la temperatura.

Para el primer tratamiento se utilizó 35 kg de aserrín, 75 kg de estiércol de vacuno y 157,5 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

**Tabla 2.** Composición total y porcentual del tratamiento 1 de compostaje.

<b>Tratamiento 1</b>				
Componente	Peso Inicial (kg)	Peso por Capa (kg)	Porcentaje (%)	Relación C/N Inicial
Aserrín	7,00	1,75	13,08	300,00
Estiércol de vacuno	15,00	5,00	28,04	11,50
Residuos orgánicos domiciliarios	31,50	10,50	58,88	20,00
Total	53,50	21,25	100,00	54,25

**Tratamiento 2:** Para el llenado de las cinco cajas composteras correspondientes al T2, se utilizó 3 tipos de residuos biodegradables (estiércol de cuy, residuos orgánicos domiciliarios y aserrín), donde cada capa estaba formada de la siguiente manera:

Primero: Una capa de 1,75 kg de aserrín.

Segundo: Una capa de 5 kg de estiércol de cuy, adicionando agua según lo requería para humedecerlo sin que gotee.

Tercero: Una capa de 10,5 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

Esta misma secuencia se siguió hasta formar 09 capas similares y para finalizar se cubrió las camas con una capa de aserrín, para evitar exponer los residuos orgánicos al contacto con algún insecto volador y mantener la temperatura.

Se utilizó para el segundo tratamiento 35 kg de aserrín, 75kg de estiércol de cuy y 157,5 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

**Tabla 3.** Composición total y porcentual de tratamiento 2 de compostaje.

<b>Tratamiento 2</b>				
Componente	Peso Inicial (kg)	Peso por Capa (kg)	Porcentaje (%)	Relación C/N Inicial
Aserrín	7,00	1,75	13,08	300,00
Estiércol de cuy	15,00	5,00	28,04	8,00
Residuos orgánicos domiciliarios	31,50	10,50	58,88	20,00
Total	51,70	16,65	100,00	53,27

**Tratamiento 3:** Para el llenado de las 5 cajas composteras correspondientes al T3, se utilizó un total de 4 tipos de residuos biodegradables (estiércol de vacuno, estiércol de cuy, residuos orgánicos domiciliarios y aserrín), donde cada capa estaba formada de la siguiente manera:

Primero: Una capa de 1,75 kg de aserrín.

Segundo: Una capa de 2,50 kg de estiércol de vacuno, adicionando agua según lo requería para humedecerlo sin que gotee.

Tercero: Una capa de 2,50 kg de estiércol de cuy, adicionando agua según lo requería para humedecerlo sin que gotee.

Cuarto: Una capa de 10,5 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

Esta secuencia se siguió hasta formar 12 capas similares mencionadas anteriormente y para finalizar se cubrió las camas con una capa de aserrín, con la finalidad de evitar exponer a los residuos orgánicos al contacto con algún insecto volador y mantener la temperatura.

Para el tercer tratamiento, se utilizó 35 kg de aserrín, 37,5 kg de estiércol de cuy, 37,5 kg de estiércol de vacuno y 157,5 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

**Tabla 4.** Composición total y porcentual de tratamiento 3 de compostaje

<b>Tratamiento 3</b>				
Componente	Peso Inicial (kg)	Peso por Capa (kg)	Porcentaje (%)	Relación C/N Inicial
Aserrín	7,00	1,75	13,08	300,00
Estiércol de cuy	7,50	2,50	14,02	8,00
Estiércol de vacuno	7,50	2,50	14,02	11,50
Residuos orgánicos domiciliarios	31,50	10,5	58,88	20,00
Total	58,60	18,95	100,00	53,76

**d) Monitoreo de parámetros de temperatura, pH y humedad**

**Temperatura:** La temperatura se midió, en las 15 composteras, una vez cada tres días, a las 10:00 horas, por un periodo de 4 meses teniendo en consideración las fases de descomposición: mesófila, termófila, mesófila II y de maduración. Para ello se utilizó un termómetro metálico tipo reloj, colocándolo hasta el centro de la compostera y esperando a que la aguja del termómetro se estabilice para posteriormente registrar la temperatura.

**pH:** El pH se midió, en las 15 composteras, una vez cada tres días, alrededor de las 10:00 horas, por un periodo de 4 meses. Para ello, se utilizó el pH metro portátil (ATC), 15 frascos con tapa hermética (de 500 mL), una balanza (Murguía, de 30 kg de capacidad) y agua destilada. Para tal fin, se realizó lo siguiente:

Primero: se colocó 100 mL de agua destilada en 15 frascos de tapa hermética, enumerados del 1 al 15, quedando listo para que se agregue la muestra de compost.

Segundo: se extrajo del centro de cada una de las 15 composteras, de forma manual (con la protección de guantes), una muestra de 100 g de compost, pesada en la balanza previamente calibrada.

Tercero: se tapó herméticamente los frascos con la mezcla en la relación de 1:1 (de agua destilada y muestra de compost), luego se procedió a agitar cada uno de

los 15 frascos con el fin de hacer la extracción de los componentes solubles, durante 15 minutos. Finalmente, se destapó uno por uno los frascos y se introdujo el electrodo del pH-metro en la mezcla, esperando a que el valor se estabilice para registrar el dato leído. Antes y después de cada lectura de pH, el electrodo se lavó con agua destilada, para proceder a la siguiente lectura.

**Humedad:** Se utilizó el método del puño, el cual consistió en extraer con la mano una muestra de la compostera y se exprimió ligeramente haciendo puño. Si al momento de exprimir a la muestra, esta se convertía en una masa sin fuga de agua o con máximo 1 o 2 gotas, se concluía que la humedad era la adecuada. Si la muestra, al exprimirse, eliminaba de tres gotas a más, se asumía una humedad mayor del 60 % y se tenía que agregar material seco (aserrín), mientras que si la muestra se desmoronaba en las manos, se asumía una humedad escasa por lo que se le adicionaba agua (Martínez, Gutiérrez, y Novo, 2011). La humedad se estimó 1 vez al día durante la primera semana, 2 veces por semana en las siguientes 4 semanas y finalmente una vez por semana durante 12 semanas.

#### e) **Trabajos complementarios al proceso de compostaje**

**Volteo:** Se realizó 23 volteos a la mezcla dispuesta en las cajas composteras; durante la primera semana se realizó todos los días, debido a que la temperatura de la mezcla superaba los 60 °C. En las siguientes 04 semanas se dieron 02 volteos por semana y finalmente se dio un volteo semanal durante 12 semanas; este procedimiento se hizo con la finalidad de que la mezcla dentro de la cama compostera se oxigene, disipe calor, además se homogenice, permitiendo una descomposición uniforme, evitando que la temperatura se eleve fuera de los rangos permitidos (Román, Martínez y Pantoja, 2013).

**Riego:** El riego se realizó de forma manual teniendo en cuenta lo siguiente:

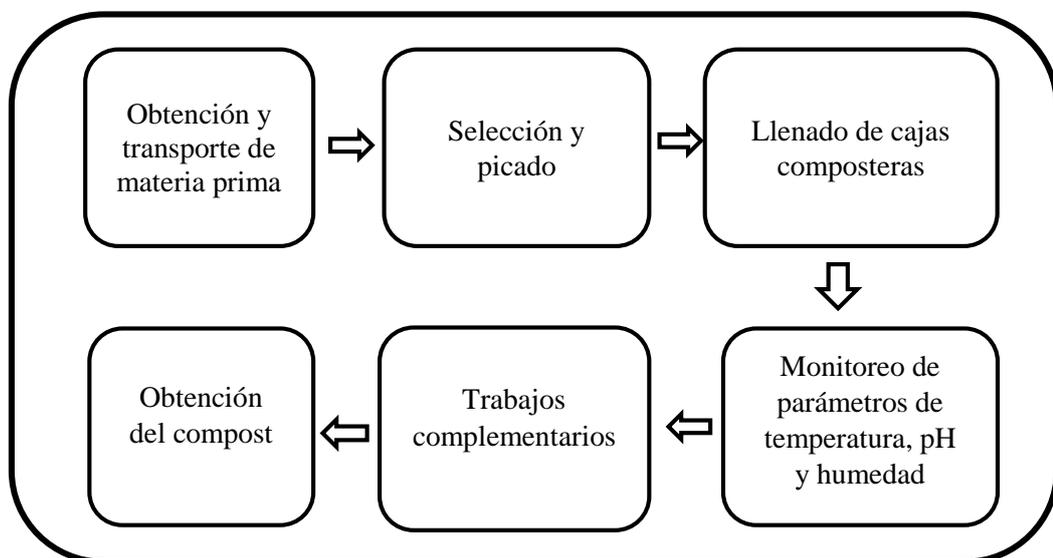
Al momento de manipular la muestra, ésta se desmoronaba, lo que indicó la carencia de agua, procediendo a hidratar la compostera, siempre haciendo el método del puño hasta que éste nos indique que la humedad es la correcta.

Se dejó de regar a todos los tratamientos a partir de las últimas tres semanas con la finalidad que se lleve a cabo el secado del compost.

## f) Obtención del compost

**Cernido y ensacado:** Para realizar este proceso, se utilizó zarandas con mallas de 1 cm de diámetro y otra de 0,5 cm de diámetro para poder obtener el mejor material y desechar los materiales que no fueron compostados. Posteriormente, se ensacó por separado de acuerdo a cada tratamiento, cada una con sus 5 repeticiones respectivas.

**Evaluación de la madurez y estabilización del compost producido:** La madurez y estabilización se estimó teniendo en cuenta el comportamiento de los parámetros de la temperatura y pH.



**Figura 3.** Flujograma para la elaboración y evaluación de compost elaborado a partir de residuos sólidos domiciliarios y estiércoles.

### 2.2.2. Estimación del rendimiento de compost por tratamiento

Para estimar el rendimiento del compost, se tuvo en cuenta el peso del material inicial ( $M_i$ ) y el peso del producto final ( $M_f$ ). Con la fórmula  $(M_f/M_i) \times 100$  se calculó el rendimiento del compost (Castillo, 2015).

### 2.2.3. Análisis fisicoquímico del compost obtenido en cada tratamiento

Una vez cernido y homogenizado el compost, se extrajo una muestra de 0,50 kg de cada una de las repeticiones del compost producido por tratamiento (T1, T2 y T3), las que fueron dispuestas en bolsas con cierre hermético y etiquetado de acuerdo a la caja compostera correspondiente, luego las muestras se analizaron en el Laboratorio

de Investigación de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la UNTRM, con respecto a los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potasio (K<sub>2</sub>O), nitrógeno, carbono y materia orgánica (MO).

#### 2.2.4. Determinación de la calidad del compost producido, comparando sus características fisicoquímicas con la Norma Chilena 2880 y FAO

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de las muestras, fueron contrastados con valores de un compost de calidad determinados en la Norma Chilena 2880 y FAO, descritos a continuación (Tabla 5):

**Tabla 5.** Parámetros de calidad exigidos para un compost final.

Parámetros		Unidad	Norma chilena 2880		FAO
			Calidad A	Calidad B	
Relación C/N		-	≤ a 25	≤ a 30	10:1 – 15:1
Parámetros generales y de materia orgánica	pH	-	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	6,5 – 8,5
	CE	dS/m	< a 3dS/m	≤ a 8 dS/m	-
	MO	%	≥ a 20%	≥ a 20%	>20%
	N	%	≥ a 0,5%	≥ a 0,5%	0,3% – 1,5%
Micro elementos	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	-	-	0,1% – 1,0%
	K <sub>2</sub> O	%	-	-	0,3% – 1,0%

**Fuente:** Instituto Nacional de Normalización, Chile (INN), (2004); Roman et al., (2013)-FAO.

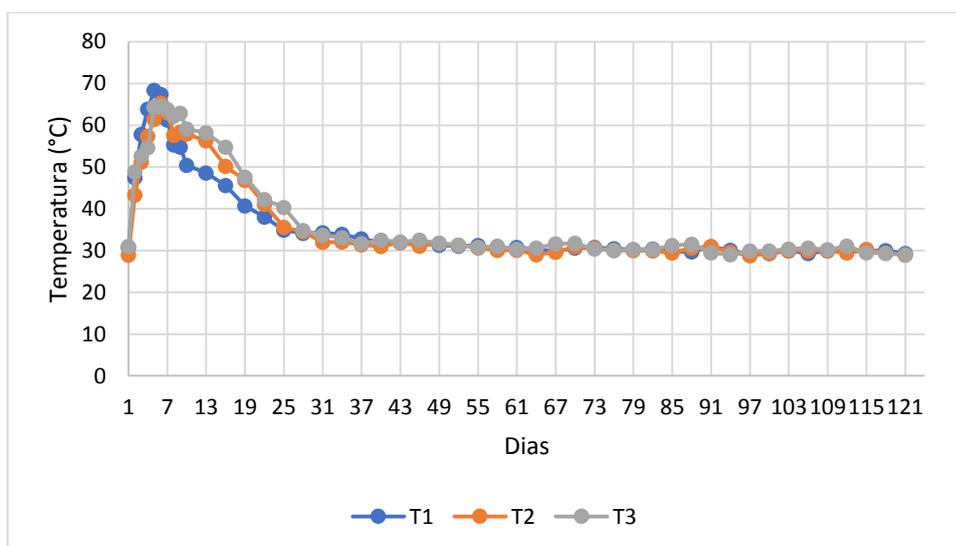
#### 2.2.5. Análisis estadístico o análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva (medias), así como también la estadística inferencial. Para el nivel inferencial, se empleó la técnica del análisis de varianza con una vía (ANOVA) a un nivel de significación del 0,05 (5 %). Esta prueba permitió determinar si los tratamientos para producir compost se diferencian significativamente con respecto a sus parámetros evaluados. En los casos en que se encontró significación, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 0,05 (5 %) de probabilidad, con la finalidad de determinar el mejor tratamiento.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Comportamiento de la temperatura durante el compostaje (121 días)

En la Figura 4, se observa que los tratamientos alcanzaron las temperaturas más elevadas dentro de los 24 primeros días, a este periodo de tiempo en el cual la temperatura tiende a incrementarse por actividad microbiana, se le denomina la fase termófila. Durante esta fase se eliminaron patógenos y se degradaron las semillas de malezas (García, 2017). Durante esta fase el T1 (compost a base de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de vacuno), es el que alcanzó la mayor temperatura (68,4 °C); luego sigue el T2 (compost a base de residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de cuy) que alcanzó una temperatura de 65,3°C y el T3 (compost a base de residuos orgánicos y estiércol de vacuno y estiércol de cuy) que alcanzó una temperatura de 64,6 °C. Estas temperaturas máximas se encontraron en los 5 a 6 primeros días. Durante los siguientes días y aproximadamente hasta los 32 días, la temperatura disminuyó, manteniéndose estables hasta el final del proceso.



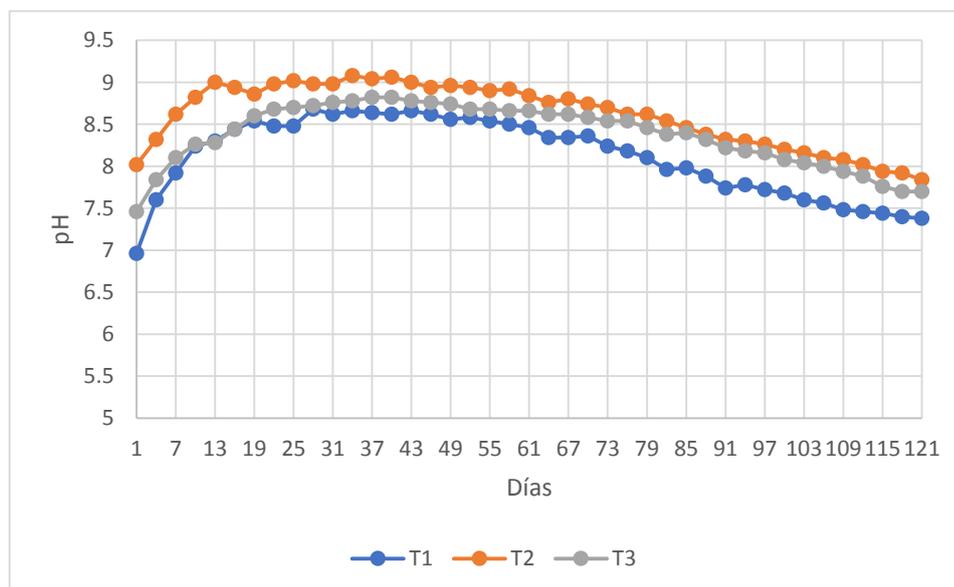
**Figura 4.** Comportamiento de la temperatura del tratamiento T1, T2 y T3, en función de los días.

### 3.2. Comportamiento del pH durante el compostaje (121 días)

En la Figura 5, se observa que el pH del T1 (compost a base de residuos orgánicos y estiércol de vacuno), en los primeros días se encuentra cercano al neutro (7), posteriormente va aumentando hasta un valor aproximado 8,68 a los 28 días. En las últimas dos semanas, el compost mantiene un pH más estable (7,48 – 7,38).

El T2 (compost a base de residuos orgánicos y estiércol de cuy) se observa que el pH en los primeros días se encuentra levemente alcalino (pH 8), posteriormente va aumentando según el transcurso del tiempo, siendo el máximo de 9,08. En la última semana disminuyó el pH a 7,84.

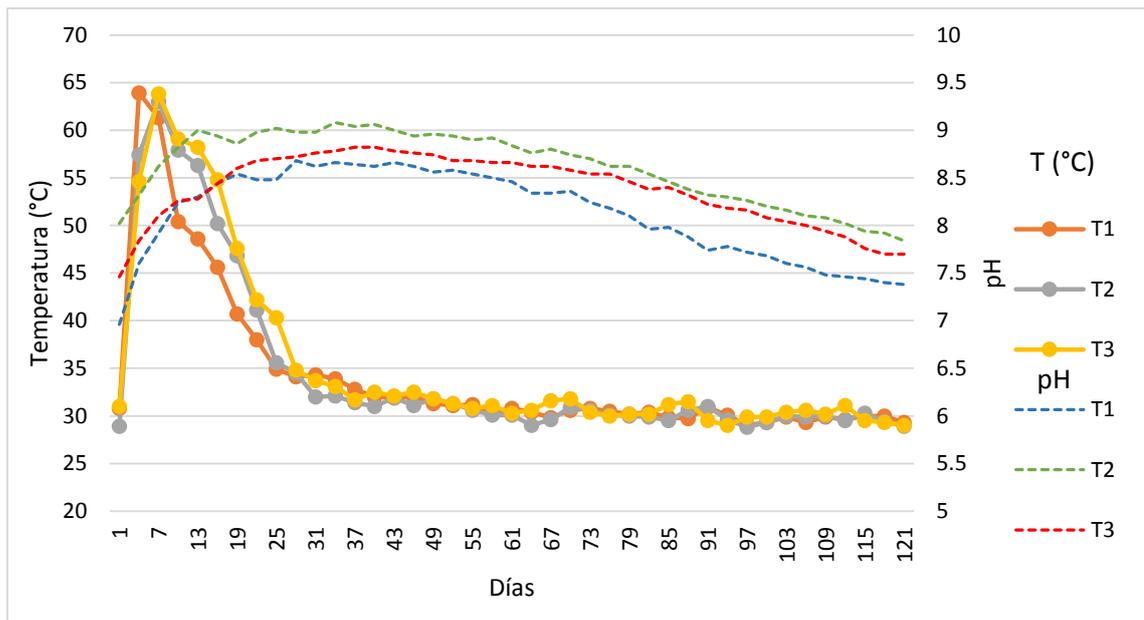
El T3 (compost a base de residuos orgánicos, estiércol de vacuno y de cuy), en los primeros días presentó un pH levemente alcalino (entre 7 y 8), posteriormente fue aumentando según el transcurso del tiempo, siendo el máximo de 8,82 a los 37 días, posteriormente disminuyó; siendo la última semana donde el compost mantiene un pH más estable (7,76 – 7,7).



**Figura 5.** Comportamiento del pH de los tratamientos T1, T2 y T3, en función de los días.

### 3.3. Evaluación de la madurez y estabilización del compost

En la Figura 6, se observa que la temperatura de los tres tratamientos, a partir del día 32 hasta completar los 4 meses se mantuvo estable similar a la temperatura ambiente T1 (29,3), T2 (28,9) y T3 (29), además los valores de pH se mantuvieron superiores a 8 debido a la formación de amoníaco, con lo que alcanzaron alrededor de los 35 días el valor más alto, luego descendió a valores de 7,38 (T1), 7,84 (T2) y 7,7 (T3), indicando su madurez.



**Figura 6.** Variación de la temperatura y pH del proceso de compostaje de los tres tratamientos.

### 3.4. Rendimiento del compost

En la Tabla 6, se observa la existencia de significación estadística para los tratamientos de producción de compost, dado que el valor de significación ( $p$ -valor = 0,0027) es menor al 5 %, esto indica que los tratamientos, se diferencian uno de otro con respecto al rendimiento.

Según la prueba de Tukey (Tabla 7 y Figura 7), los rendimientos obtenidos con el T2 y T3 fueron 38,33 y 36,04 %, respectivamente, entre los cuales no existen diferencias significativas; además, son superiores al rendimiento obtenido con el T1, con el cual se

obtuvo 32,5 %. Respecto al tiempo de producción, los tres tratamientos concluyeron a los 121 días.

**Tabla 6.** Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento.

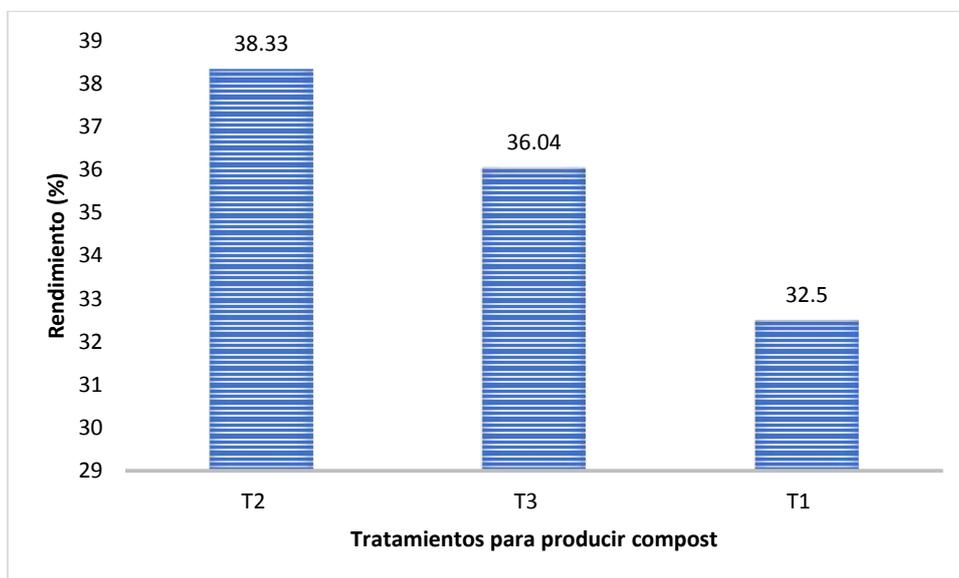
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	86,15	43,07	10,1 **	0,0027
Error	12	51,2	4,27		
Total	14	137,35			

Altamente significativo (\*\*).

**CV = 5,8 %**

**Tabla 7.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, con respecto al rendimiento.

Tratamientos	Rendimiento (%)	Significación al 5 %
T2	38,33	A
T3	36,04	A
T1	32,5	B



**Figura 7.** Rendimiento de los tratamientos para producir compost.

### 3.5. Evaluación del análisis fisicoquímico de las muestras de compost

#### pH de los tratamientos

En la Tabla 8, se observa la existencia de significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = <0,0001) es menor al 5 %, esto indica que los diferentes tratamientos para producir compost, se diferencian uno de otro con respecto al pH. Este resultado evidencia que los residuos domiciliarios utilizados para la elaboración del compost, influyen en el pH. El coeficiente de variación es 0,87 %, este valor indica la baja variabilidad de los resultados obtenidos en el pH, además, es adecuado para el diseño utilizado.

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 9 y Figura 8), indica que el pH obtenido con los diferentes tratamientos para producir compost, son significativamente diferentes. Además, el tratamiento T2, obtuvo un pH de 7,92, siendo este resultado mayor que el resto. Para el T3 y T1, los valores de pH fueron 7,796 y 7,474, respectivamente.

**Tabla 8.** Análisis de varianza (ANOVA) para el pH.

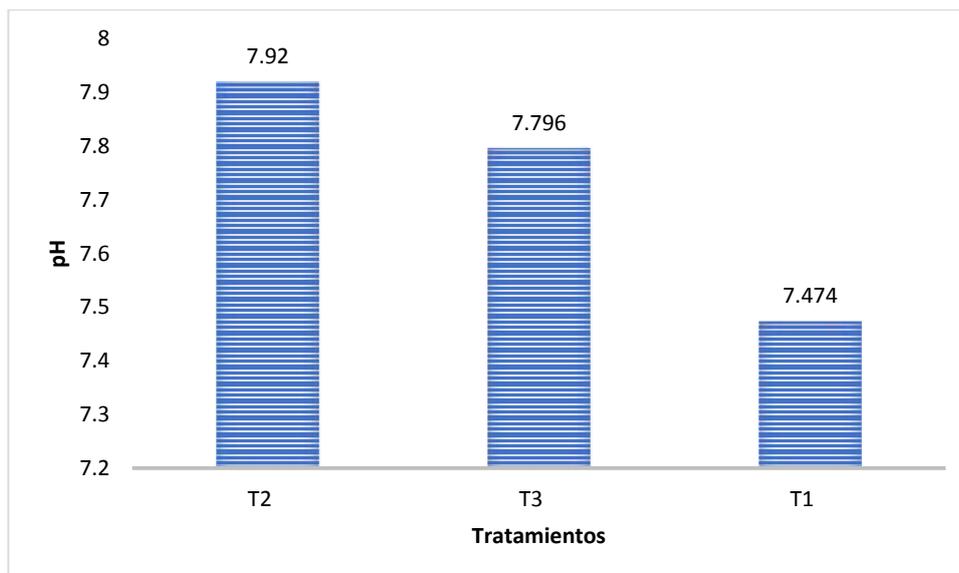
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	0,53	0,265	58,8409 **	<0,0001
Error	12	0,054	0,0045		
Total	14	0,584			

Altamente significativo (\*\*).

$$CV = 0,87 \%$$

**Tabla 9.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, con respecto al pH.

Tratamientos	pH	Significación al 5 %
T2	7,92	A
T3	7,796	B
T1	7,474	C



**Figura 8.** pH del compost obtenido en cada uno de los tratamientos.

### **Conductividad eléctrica (CE) de los tratamientos**

En la Tabla 10, se observa significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0,0003) es menor al 5 %, esto indica que los tratamientos se diferencian uno de otro con respecto a la conductividad eléctrica. Esto evidencia que, la CE varía de acuerdo al tipo de residuos utilizados para elaborar compost. El coeficiente de variación es 20,93 %, valor que indica la variabilidad de los resultados obtenidos en la conductividad eléctrica, además, es adecuado para el diseño utilizado.

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 11 y Figura 9), indica que la conductividad eléctrica obtenida con los tratamientos T2 y T3 fueron 6,57 dS/m y 5,51 dS/m, respectivamente, entre los cuales no existen diferencias significativas; siendo estos valores superiores al obtenido en el tratamiento T1, con un valor de 2,81 dS/m.

**Tabla 10.** Análisis de varianza (ANOVA) para la conductividad eléctrica (CE).

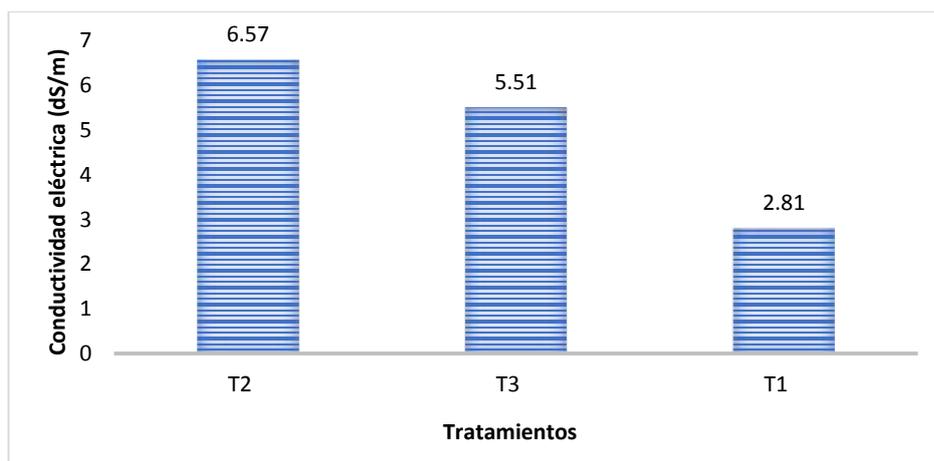
<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Tratamientos	2	37,56	18,78	17,40 **	0,0003
Error	12	12,95	1,08		
Total	14	50,52			

Altamente significativo (\*\*)

**CV = 20,93 %**

**Tabla 11.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, de la conductividad eléctrica (CE).

Tratamientos	Conductividad eléctrica (dS/m)	Significación al 5 %
T2	6,57	A
T3	5,51	A
T1	2,81	B



**Figura 9.** Conductividad eléctrica obtenida por los tratamientos en estudio.

### Contenido de materia orgánica (MO) de los tratamientos

En la Tabla 12, se observa significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación ( $p\text{-valor} \leq 0,0001$ ) es menor al 5 %, esto indica que los tratamientos se diferencian uno de otro con respecto al contenido de materia orgánica. El coeficiente de variación es 0,91 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos en el contenido de materia orgánica, además, es adecuado para el diseño utilizado.

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 13 y Figura 10), indica que el contenido de materia orgánica obtenida con los tratamientos son significativamente diferentes. El tratamiento T3 obtuvo el mayor contenido de materia orgánica (13,28 %), siendo este resultado, estadísticamente superior al resto. Los tratamientos T2 y T1 obtuvieron 12,76 % y 12,18 %, respectivamente.

Estos resultados muestran que el T3 obtuvo el mayor porcentaje de materia orgánica, ya que éste tratamiento para producir compost estuvo constituido por residuos domiciliarios

más estiércol de vacuno y de cuy. Es probable que estos dos factores hayan influido en el contenido de MO.

**Tabla 12.** Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de materia orgánica (MO).

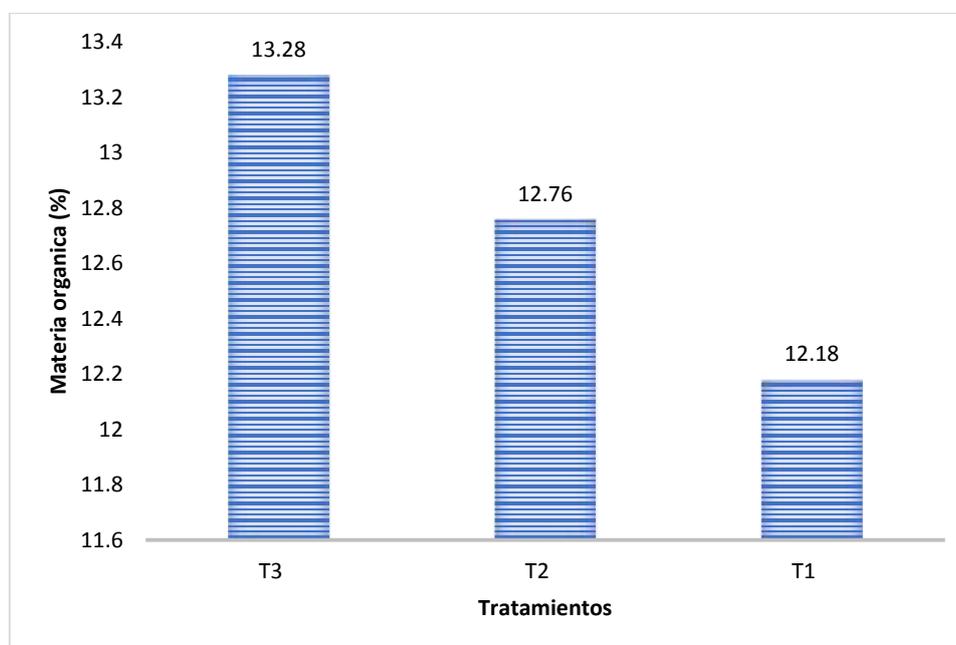
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	0,06	0,03	28,49 **	<0,0001
Error	12	0,01	0,0011		
Total	14	0,07			

Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 0,91 \%$$

**Tabla 13.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de materia orgánica.

Tratamientos	Materia orgánica (%)	Significación al 5 %
T3	13,28	A
T2	12,76	B
T1	12,18	C



**Figura 10.** Contenido de materia orgánica, obtenido por los diferentes tratamientos.

### Porcentaje de nitrógeno (%N) en los tratamientos

En la Tabla 14, se observa la existencia de significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0,0001) es menor al 5 %, esto indica que los tratamientos para producir compost, se diferencian uno de otro con respecto al contenido de nitrógeno. El coeficiente de variación es 1,92 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos en el contenido de nitrógeno, además, es adecuado para el diseño utilizado.

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 15 y Figura 11), indica que el contenido de nitrógeno obtenido en los tratamientos son significativamente diferentes. Además, se observa que el tratamiento T3, obtuvo el mayor porcentaje (0,664 %), siendo este resultado, estadísticamente superior al resto. Los tratamientos T2 y T1 obtuvieron 0,638 % y 0,610 %, respectivamente.

Según estos resultados, los materiales utilizados en cada tratamiento para la elaboración del compost, alteran el contenido de nitrógeno. Además, el T3 es el que obtuvo mayor porcentaje de nitrógeno, dado que este estuvo conformado por residuos domiciliarios más estiércol de vacuno y de cuy.

**Tabla 14.** Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de nitrógeno (% N).

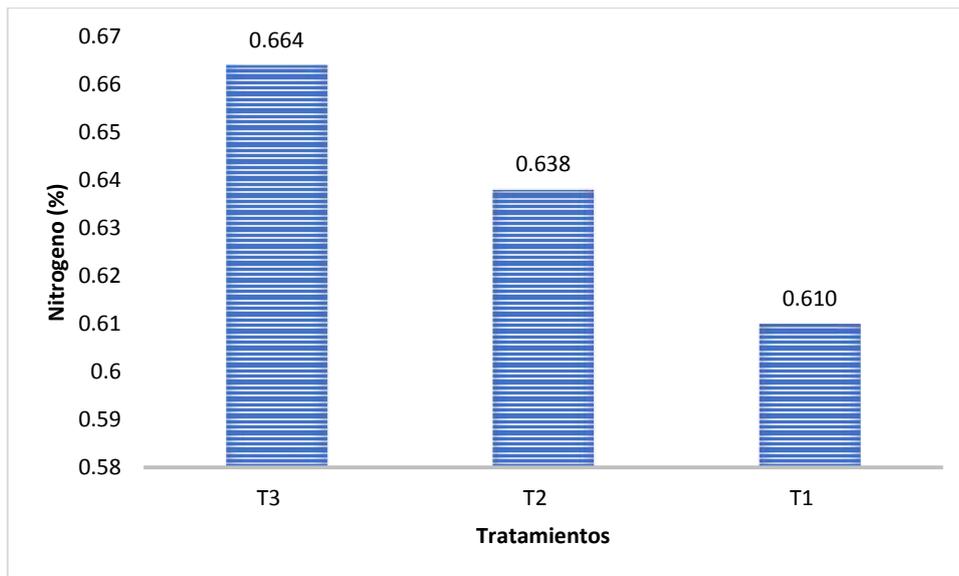
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	0,0073	0,0036	24,3111**	0,0001
Error	12	0,0018	0,0002		
Total	14	0,0091			

Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 1,92 \%$$

**Tabla 15.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de nitrógeno (% N).

Tratamientos	Nitrógeno (%)	Significación al 5 %
T3	0,664	A
T2	0,638	B
T1	0,610	C



**Figura 11.** Contenido de nitrógeno, obtenido en los diferentes tratamientos.

### **El contenido de carbono (C) de los tratamientos**

En la Tabla 16, se observa significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación ( $p\text{-valor} \leq 0,0001$ ) es menor al 5 %, esto indica que los tratamientos para producir compost, se diferencian uno de otro con respecto al contenido de carbono (C). El coeficiente de variación es 0,91 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos en el contenido de carbono (C), además, es adecuado para el diseño utilizado.

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 17 y Figura 12), indica que el contenido de carbono obtenido con los tratamientos son significativamente diferentes. El tratamiento T3, obtuvo el mayor contenido (7,7 %), siendo este resultado, estadísticamente superior al resto. Con los tratamientos T2 y T1 se obtuvo 7,4 % y 7,06 %, respectivamente.

Según estos resultados, los materiales utilizados en cada tratamiento para la elaboración del compost, alteran el contenido de carbono. Además, el T3 es el que obtuvo mayor porcentaje, indicando que la mezcla de residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y estiércol de cuy aportan mayores porcentajes de carbono.

**Tabla 16.** Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de carbono.

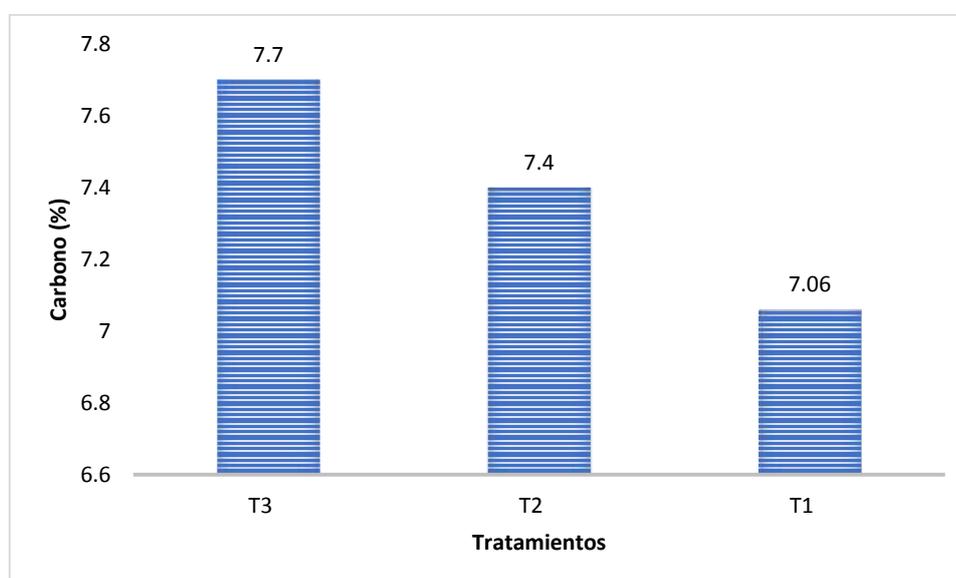
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	0,03	0,02	28,30 **	<0,0001
Error	12	0,01	0,00061		
Total	14	0,04			

Altamente significativo (\*\*)

$$CV = 0,91 \%$$

**Tabla 17.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de carbono.

Tratamientos	Carbono (%)	Significación al 5 %
T3	7,7	A
T2	7,4	B
T1	7,06	C



**Figura 12.** Contenido de carbono (C), obtenido por los diferentes tratamientos.

### Relación carbono/nitrógeno (C/N) de los tratamientos

En la Tabla 18, se observa que no existe significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0,8621) es mayor al 5 %, esto indica que los diferentes tratamientos para producir compost, no se diferencian uno de otro con respecto a la relación carbono: nitrógeno (C/N), es decir que los resultados obtenidos en los

tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variación es 0,52 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos, además es adecuado para el diseño utilizado.

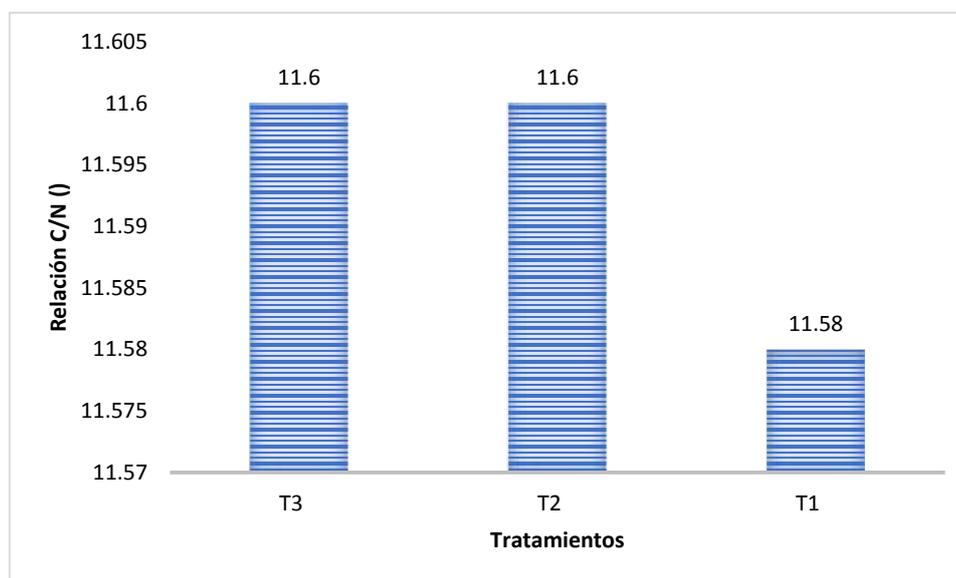
La Figura 13, indica que la relación C/N obtenida con los tratamientos no presentan diferencia estadística. Además, se observa que los tratamientos T3 y T2 obtuvieron la mayor relación (11,6 respectivamente). Seguido se encontró al tratamiento T1, el cual obtuvo la relación de 11,58, estos indican que los residuos utilizados en la elaboración del compost, no alteraron la relación C/N.

**Tabla 18.** Análisis de varianza (ANOVA) para la relación carbono/nitrógeno (C/N).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	0,0011	0,00054	0,15 ns	0,8621
Error	12	0,04	0,0036		
Total	14	0,04			

No significativo (ns)

**CV = 0,52 %**



**Figura 13.** Relación carbono/nitrógeno (C/N), obtenido en los diferentes tratamientos.

### Contenido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) de los tratamientos

En la Tabla 19, no observa significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0,2100) es mayor al 5 %, esto indica que los diferentes tratamientos para producir compost, no se diferencian uno de otro con respecto al contenido de fósforo. El coeficiente de variación es 13,35 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos en el contenido de fósforo, además, es adecuado para el diseño utilizado.

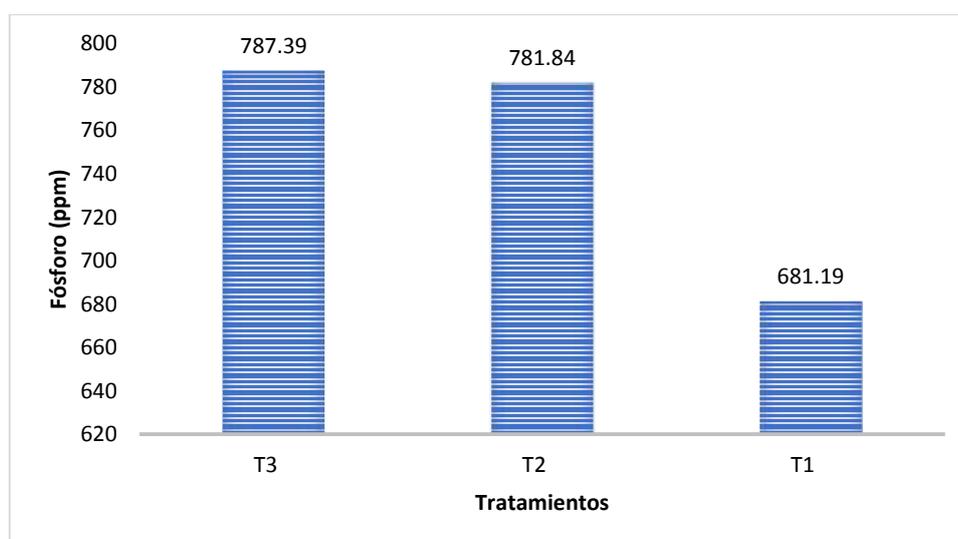
La Figura 14, muestra el contenido de fósforo obtenido en los tratamientos. El tratamiento T3 obtuvo el mayor contenido de fósforo (787,39 ppm). Los tratamientos T2 y T1 obtuvieron 781,84 ppm y 681,19 ppm, respectivamente, siendo este último el menor contenido de fosforo, estos indican que los residuos utilizados en la elaboración del compost, no afectaron el contenido de fósforo.

**Tabla 19.** Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	35734,68	17867,34	1,78 ns	0,2100
Error	12	120281,51	10023,46		
Total	14	156016,19			

No significativo (ns)

**CV = 13,35 %**



**Figura 14.** Contenido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), obtenido en los diferentes tratamientos.

### Contenido de potasio (K<sub>2</sub>O) en los tratamientos

En la Tabla 20, se observa significación estadística para los tratamientos, dado que el valor de significación (p-valor = 0,0108) es menor al 5 %, esto indica que los tratamientos para producir compost, se diferencian uno de otro con respecto al contenido de potasio. El coeficiente de variación es 6,37 %, este valor indica baja variabilidad de los resultados obtenidos en el contenido de potasio, además, es adecuado para el diseño utilizado.

La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 21 y Figura 15), indica que el tratamiento T3 obtuvo el mayor contenido de potasio (6663,95 ppm), siendo este resultado estadísticamente superior al resto. Los tratamientos T1 y T2 obtuvieron 5963,93 ppm y 5810,23 ppm, respectivamente, siendo estos resultados estadísticamente iguales. Esto muestra que los residuos domiciliarios más estiércol de vacuno y de cuy, influyen en el contenido de potasio en el compost.

**Tabla 20.** Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de potasio (K<sub>2</sub>O).

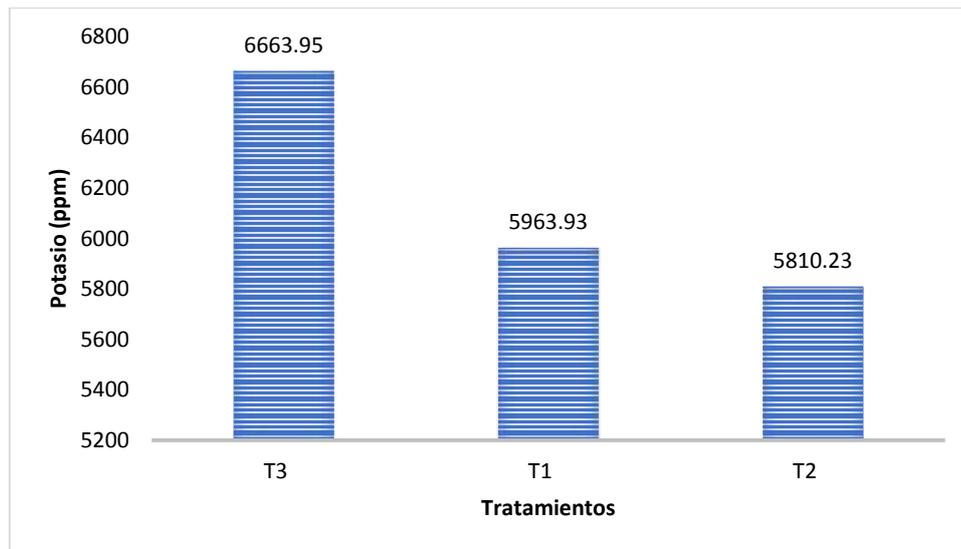
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Tratamientos	2	2070836,6	1035418,3	6,76*	0,0108
Error	12	1838010	153167,5		
Total	14	3908846,59			

Significativo (\*)

$$CV = 6,37 \%$$

**Tabla 21.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad para los tratamientos en estudio, en el contenido de potasio (K<sub>2</sub>O).

Tratamientos	Potasio (ppm)	Significación al 5 %
T3	6663,95	A
T1	5963,93	B
T2	5810,23	B



**Figura 15.** Contenido de potasio ( $K_2O$ ) obtenido en los diferentes tratamientos.

### Resumen del diseño completamente al azar

**Tabla 22.** Análisis de varianza del diseño completamente al azar (DCA)

Parámetros	Análisis de Varianza (F)	Observación
<b>pH</b>	58,8409**	Altamente significativo
<b>CE</b>	17,40**	Altamente significativo
<b>MO</b>	28,49**	Altamente significativo
<b>Nitrógeno</b>	24,3111**	Altamente significativo
<b>Carbono</b>	28,30**	Altamente significativo
<b>C/N</b>	0,15 ns	No significativo
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	1,78 ns	No significativo
<b>K<sub>2</sub>O</b>	6,76*	Significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

ns = No significativo

Se elaboró una tabla resumen del análisis de varianza (ANOVA), utilizando la nomenclatura estadística de los asteriscos; donde un asterisco (\*) igual a significativo, dos asteriscos (\*\*) igual a altamente significativo, y (ns) igual a no significativo.

El análisis de varianza muestra resultados altamente significativos para los parámetros de pH, CE, MO, Nitrógeno, Carbono, esto se debe a que el F calculado es mayor que el F tabulado al 5%; existiendo amplia diferencia entre los tratamientos; significativo para

K<sub>2</sub>O mostrando una leve diferencia entre los tratamientos y no significativo para C/N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, evidenciando una inexistente variación.

### 3.6. Determinación de la calidad del compost producido

Según la relación C/N, pH y porcentaje de nitrógeno y en base a la norma chilena, los tres tratamientos presentan compost de calidad A, ya que los valores obtenidos en cada uno de los parámetros mencionados, se encuentran dentro de los valores que estipula la Norma Chilena y la FAO. Mientras que el contenido de materia orgánica de los tres tratamientos están por debajo de dicha Norma y la FAO.

**Tabla 23.** Comparación del análisis fisicoquímico de los tratamientos con parámetros de calidad de la Norma Chilena 2880 y la FAO.

Parámetros	Unidad	Norma chilena 2880		FAO	T1	T2	T3	
		Calidad A	Calidad B					
Relación C/N	-	≤ a 25	≤ a 30	10:1 – 15:1	11,58	11,60	11,60	
Parámetros generales y de Materia Orgánica	pH	-	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	6,5 – 8,5	7,47	7,92	7,80
	C.E	dS/m	< a 3dS/m	≤ a 8 dS/m	-	2,81	6,57	5,51
	M.O	%	≥ a 20%	≥ a 20%	>20%	12,18	12,76	13,28
	N	%	≥ a 0,5%	≥ a 0,5%	0,3% – 1,5%	0,61	0,64	0,66
Micro elementos	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	-	-	0,1% – 1,0%	0,07	0,08	0,08
	K <sub>2</sub> O	%	-	-	0,3% – 1,0%	0,6	0,59	0,67

Fuente: Instituto Nacional de Normalización, Chile (INN), (2004); Román et al., (2013)-FAO.

Comparando la conductividad eléctrica con la Norma Chilena, el T1 presenta calidad A, ya que el valor obtenido está dentro del rango estipulado por esta norma, mientras que los tratamientos T2 y T3 presentan calidad B.

Según el porcentaje de K<sub>2</sub>O y los valores establecidos por la FAO, los tres tratamientos (T1, T2 y T3) presentan buen contenido de este compuesto, y respecto al resultado del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, los tres tratamientos se encuentran por debajo de los valores establecidos por la FAO.

#### IV. DISCUSIÓN

Los tratamientos alcanzaron temperatura elevadas dentro de los 24 primeros días. Las temperaturas máximas se dieron entre los 5 a 6 primeros días, donde el T1 (compost a base de residuos orgánicos y estiércol de vacuno), es el que alcanzó la mayor temperatura (68,4 °C), luego el T2 (compost a base de residuos orgánicos y estiércol de cuy) alcanzó una temperatura de 65,3 °C y el T3 (compost a base de residuos orgánicos y estiércol de vacuno y estiércol de cuy) que alcanzó una temperatura de 64,6 °C; según García (2017) y Romero y Céspedes (2016), estas temperaturas altas aseguran la higienización de la mezcla en proceso. A partir del día 32 hasta completar los cuatro meses, las temperaturas del compost de los tres tratamientos descendieron a temperatura ambiente, las cuales oscilaron entre 28 y 34 °C. Lo encontrado en la presente investigación concuerda con

Soriano (2016), quien reportó que durante la primera semana de compostaje de residuos orgánicos más estiércol de vacas, se produjo la mayor temperatura, entre 50 y 60 °C, en los cuatro tratamientos que empleó.

Al respecto, INTEC (citado por Rafael, 2015), indica que la velocidad de compostaje se acelera cuando la temperatura de la mezcla está entre 35 y 70 °C. Por otro lado, Barrena (2006), recomienda un rango de temperatura de 35 y 40 °C, estas temperaturas son más adecuadas para la participación de un mayor número de microorganismos. Aguilar (2018), menciona que la temperatura es uno de los factores que mejor indica el desarrollo de la descomposición de la materia orgánica. Asimismo, García (2017) y Romero y Céspedes (2016), mencionan que el incremento de temperatura acelera la descomposición y elimina o disminuye las poblaciones de microorganismos patógenos existentes en la mezcla a compostar; además, los cambios experimentados en la temperatura y en el aspecto de la mezcla evidencian la actividad microbiana a lo largo del proceso de compostaje y determinan la estabilidad de la materia orgánica. Las variaciones de temperatura mencionadas por los diversos autores se presentaron también en la presente investigación, siendo que al inicio, la mezcla evidencia un aumento rápido de la temperatura por la descomposición de la materia orgánica que se degrada más fácilmente, se mantiene así por un corto tiempo y luego comienza a enfriarse.

El pH del T1 en los primeros días fue cercano al neutro (7), posteriormente aumentó hasta un valor aproximado 8,68 a los 28 días. El T2 en los primeros días presentó un pH levemente alcalino (8), posteriormente aumentó según el transcurso del tiempo, siendo el máximo de 9,08. El T3 en los primeros días presentó un pH levemente alcalino (entre 7 y 8), posteriormente fue aumentando según el transcurso del tiempo, siendo el máximo de 8,82 a los 37 días. El pH del T1 y T2 presentaron comportamientos similares, es decir, que en las primeras semanas presentaron un aumento leve. El T3 es el que presentó un comportamiento más acelerado que los dos anteriores, esto posiblemente se debe a que la mezcla en proceso estuvo constituida por los residuos domiciliarios y estiércol de vacuno y de cuy. Estos resultados obtenidos concuerdan con la OMS (citado por Rafael, 2015), quien estableció que para que se desarrolle un buen compostaje, el pH debe mantenerse en un rango de 6,0 a 9,0.

Los rangos de pH reportados por Rafael (2015), comparados con los de la OMS, en el caso del proceso de compostaje mecanizado; en el compost hecho de forma tradicional, el pH presentó variaciones leves a diferencia del compostaje mecanizado, dando una tendencia entre 7,9 a 8,3. Estos resultados tienen similitud a los obtenidos en la presente investigación, que están dentro de lo propuesto para un buen proceso de compostaje como el obtenido.

Uribe et al. (2001), adicionaron microorganismos que segregan sustancias útiles para el proceso de compostaje, los que se desarrollaron de manera óptima a un pH entre 5 a 9, valores menores a 5, indican una disminución de la actividad microbiana en el compostaje. En resumen, los valores de pH durante el proceso de compostaje para los tratamientos (T1, T2 y T3) en la presente investigación, son considerados buenos, ya que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para el desarrollo óptimo de microorganismos necesarios para realizar la descomposición.

La madurez del compost de los tres tratamientos, se determinaron por los parámetros de temperatura y pH; la temperatura se mantuvo estable a partir del día 32 hasta completar los 4 meses T1 (29,3), T2 (28,9) y T3 (29), por otro lado, los valores de pH se mantuvieron superiores a 8,5 alrededor de los 35 días, luego descendió a sus valores de 7,38 (T1), 7,84 (T2) y 7,7 (T3) indicando su madurez, ya que según Negro *et al.* (2000), el pH disminuye en la fase de maduración (pH entre 7 y 8) debido a la ausencia de materia orgánica degradable.

Las variaciones de temperatura registradas en la presente investigación son similares a los rangos reportados por diversos investigadores, como Román et al. (2013), afirma que al inicio la mezcla a compostar se encuentra a temperatura ambiente, para después de un periodo llegar a subir hasta los 65°C sin necesidad de inyectarle calor externo; pasado un determinado periodo, el compost llega a la fase de maduración a una temperatura ambiente, debido a que se reducen los compuestos carbonatados presentes en la materia orgánica, formando ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales del compostaje, todo este proceso se da siempre y cuando la temperatura sea favorable, que es a temperatura ambiente. Asimismo, Bueno y Díaz (2008), mencionaron que el compostaje llega a la fase de maduración, y se considera por finalizado el proceso, cuando la temperatura alcanza su valor inicial, es decir, cuando el compost registra la misma temperatura que tuvo al iniciar el proceso de compostaje, que es aproximadamente a temperatura ambiente, no mostrando autocalentamiento y valores de pH inferiores a 8.

El rendimiento obtenido de los tres tratamientos (T1, T2 y T3) en 04 meses de compostaje, fue para T1 (32,50%), T2 (38,33%) y T3 (36,04%). Los rendimientos son mayores a los reportados por Castillo (2015), que elaboró compost con residuos de cocina y obtuvo un rendimiento del 32,7 % con respecto a la masa inicial en un periodo de 31 días; este resultado es semejante al del T1 debido a que en ambos se empleó como materia prima residuos orgánicos domiciliarios; sin embargo, es menor al de los tratamientos T2 y T3 debido a que en éstos se adicionó a los residuos orgánicos domiciliarios estiércol de cuy para el T2 y estiércol de cuy más estiércol de vacuno en el T3.

Iliquín (2014), elaboró compost a partir de residuos orgánicos de viviendas urbanas y estiércol del Camal Municipal de Chachapoyas, obteniendo un rendimiento del 13,39 % en un tiempo de 224 días; siendo estos resultados muy inferiores con respecto a los obtenidos en la presente investigación.

Los resultados del análisis fisicoquímico del compost producido a partir de tres tratamientos (T1, T2 y T3) aplicados en la presente investigación comparados con los resultados obtenidos en la investigación de Suárez (2014), presentan valores similares de calidad: pH de 7,4 a 7,5, materia orgánica menor a 25 %, potasio (K<sub>2</sub>O) 0,47 %; indicando que los compost elaborados en la presente investigación son de buena calidad para uso agrícola. Los resultados de esta investigación se asemejan también a los de Cabrera y

Rossi (2016), del compost producido a partir de residuos vegetales proveniente de las áreas públicas de Miraflores, Lima.

Chávez (2015) reportó el análisis fisicoquímicos de dos compost obtenidos en Tingo María y Aucayacu, respectivamente; el pH del compost de Tingo María (8,24) es ligeramente alcalino mientras que el de Aucayacu (7,72) está cercano a la neutralidad y la conductividad fue mayor en el compost de Aucayacu (2,95 dS/cm) que en el de Tingo María (2,50 dS/cm). Estos resultados se asemejan encontrados en la presente investigación.

Según la relación C/N (carbono/nitrógeno), pH y porcentaje de nitrógeno; en base a la Norma Chilena 2880, los tres tratamientos presentan compost de calidad A, ya que los valores obtenidos en cada uno de los parámetros mencionados, se encuentran dentro de los valores que estipula esta Norma y la FAO. Mientras que, el contenido de materia orgánica de los tratamientos está por debajo de los valores establecidos.

Según la conductividad eléctrica (CE) obtenida y comparada con la Norma Chilena, el T1 presenta calidad A, ya que el valor obtenido está dentro del rango estipulado por esta norma, mientras que los tratamientos T2 y T3 presentan calidad B. Además comparando los valores de los tres tratamientos, estos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la FAO para un compost de calidad.

Los resultados obtenidos en esta investigación para el fósforo ( $P_2O_5$ ) están entre el rango de 0,07 y 0,08 %, valores por debajo de la Norma Chilena y de la FAO, que reportan valores adecuados entre 0,1 – 1,0 %. Por otro lado, Romero y Céspedes (2016), señalan que los valores adecuados deben estar entre 0,15 – 1,5 % de fósforo para que el compost sea comercialmente aceptable. Asimismo, el potasio es otro compuesto muy importante en el compost según la Norma Chilena y la FAO, los valores deben estar entre 0,3 y 1,0 %. Los valores obtenidos por los tres tratamientos (T1, T2 y T3) en la presente investigación, oscilan entre el 0,6 y 0,57 %, encontrándose dentro del rango aceptable.

## V. CONCLUSIONES

El comportamiento de la temperatura y pH de los tres tratamientos fueron ideales para el desarrollo bacteriano en el proceso de compostaje tanto en las etapas mesófila I, termófila, mesófila II y maduración; alcanzando valores cercanos a los 70 °C, garantizando la higienización del compost; además el pH se mantuvo entre 8 y 9 favorables en el compostaje.

La madurez del compost se determinó a partir de los parámetros de temperatura y pH, es decir, cuando la temperatura final del compost fue similar a la temperatura ambiente y el pH alcanzó valores inferiores a 8.

Se determinó que el T2 (residuos orgánicos domiciliarios más estiércol de cuy) obtuvo un rendimiento superior con 38,33 % respecto al T1 (residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de vacuno) con 32,5 % y T3 (residuos domiciliarios más estiércol de cuy y vacuno) con 36,04 %.

Los resultados del análisis fisicoquímico, mostró que el tratamiento T3 (residuos orgánicos domiciliarios más estiércol de vacuno y estiércol de cuy), presentó mejores valores en cuanto a materia orgánica con un 13,28 %, carbono 7,70 %, nitrógeno 0,66 %, fósforo 787,39 ppm (0,079%), relación C/N 11,60, a diferencia de los tratamientos T1 y T2.

Se determinó que el T1 (residuos orgánicos domiciliarios más estiércol de vacuno) presenta valores adecuados para ser considerado un compost de calidad A, ya que los valores obtenidos están dentro de los rangos establecidos por esta Norma Chilena 2880 y la FAO a diferencia del T2 y T3 que cumplen con los rangos para ser considerados un compost de clase B por el valor arrojado en la conductividad eléctrica.

## VI. RECOMENDACIONES

- Al momento de elaborar compost, se debe tener en cuenta los residuos a utilizar, ya que los parámetros o valores que se desea obtener en el compost final, dependerán de la materia prima que se utilice. Cuando se realice un compostaje, se debe tener una mezcla equilibrada de materiales frescos y secos, para lograr un ambiente apropiado para la descomposición.
- Realizar proyectos de compostaje a gran escala empleando los estiércoles y rumen del camal municipal y así minimizar la contaminación ambiental y al mismo tiempo fomentar la agricultura orgánica.
- Airear periódicamente por volteo las composteras, debido a que su temperatura se eleva por la descomposición de la materia orgánica, produciéndose un ambiente anaeróbico que puede matar a los microorganismos que realizan la descomposición de la materia orgánica.
- Realizar un estudio de micronutrientes contenidos en los materiales iniciales del compostaje, teniendo en cuenta el requerimiento de los mismos en el compost final.
- Es importante realizar una evaluación de la aplicación del compost en terrenos degradados por mal manejo agrícola.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, O. (2018). *Optimización en la producción de compost a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Álvarez, J. M., (2010). Manual de compostaje para Agricultura Ecológica. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/311789650\\_Manual\\_de\\_compostaje\\_para\\_Agricultura\\_Ecologica](https://www.researchgate.net/publication/311789650_Manual_de_compostaje_para_Agricultura_Ecologica)
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Manual de producción de compost*. Barcelona, España. Recuperado de: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Bueno, P., y Diaz, M. (2008). *Factores que afectan al proceso compostaje*. 1ed. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Castillo, J. O. (2015). *Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, bokashi y lumbrifert) elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de El Alto* (tesis de grado). La Paz, Bolivia.
- Cabrera, V., y Rossi, M. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores* (trabajo de titulación). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2251/Q70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez, P. (2015). *Caracterización fisicoquímica y madurez del compost de las ciudades de Tingo María y Aucayacu mediante test de autocalentamiento*. Informe de prácticas preprofesionales. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. Recuperado de [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/INFORME%20FINAL%20PPP%20-%20CD.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/INFORME%20FINAL%20PPP%20-%20CD.pdf)

- Clavijo Q., I. (2014). *Estudio Comparativo para la Elaboración de Compost por Técnica Manual en el Bioparque Amaru Cuenca*. Trabajo de grado para la obtención de título de Magister en Agroecología y Ambiente. Cuenca, Ecuador.
- García B., P. (2017). *Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2823/Q70-P7-T.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, 2017* (tesis de grado). Universidad Privada Autónoma Del Sur, Arequipa, Perú.
- Guerrero V. O., Acosta S. E., Benites A. E., Aliaga M. M. (2019). Sistematización en la producción de abono orgánico de residuos de frutas y verduras en la planta de compostaje de un gobierno municipal, Comas, 2018. *Revista ECI Perú*, 16(1):30-45.
- Iliquín, R. E. (2014). *Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y EM-compost en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Perú.
- Instituto Nacional de Normalización, Chile (INN). (2004). *Norma Chilena Oficial NCh 2880.of2004. Compost: Clasificación y requisitos*. Santiago, Chile.
- Martínez, M., Gutiérrez, V., Novo, R. (2011). *Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos*. Chile: Ed. USM. Universidad Federico Santa María.
- Suarez, M. A., (2014) *Evaluación del compost de residuos orgánicos domiciliarios con microorganismos efectivos como sustrato para la producción de plántulas* (proyecto de grado). Recuperado de: [http://premioslatinoamericaverde.com/archivos/2019/proyecto\\_7997\\_archivo.pdf](http://premioslatinoamericaverde.com/archivos/2019/proyecto_7997_archivo.pdf)

- Medina, S., Quintero, R., Espinoza, D., Alarcón, A., Etchevers, J., Trinidad, A., y Conde, V. (2017). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 206-210.
- Mendoza, M. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2016). *Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024*. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
- MPB (Municipalidad Provincial de Bagua). (2019). *Estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, en la ciudad de Bagua, provincia Bagua, región Amazonas*.
- MPB (Municipalidad Provincial de Bagua). (2016). *Estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, en la ciudad de Bagua, provincia Bagua, región Amazonas*.
- Negro, M.J.; Villa, F.; Aibar, J.; Alarcón, R.; Ciria, P.; Cristóbal, M.V.; De Benito, A.; García M., A.; García M., G.; Labrador, C.; Lacasta, C.; Lezaún, J.A.; Meco, R.; Pardo, G.; Solano, M.L.; Torner, C.; Zaragoza, C. (2000). Producción y gestión del compost. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>
- Rafael, MP. (2015). *“Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo”* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancaya, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCPC/3511/Rafael%20Avila.pdf?squence=1&isAllowed=y>
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. FAO. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

- Romero, L. G. y Céspedes, L del R. (2016). *Compost como abono orgánico para mejorar la agricultura convencional de los pobladores de La Libertad, distrito Aramango - Bagua - Amazonas, 2016* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Chachapoyas, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sáez, A. (2000). *La calidad del compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Soriano, J. A. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de "microorganismos eficaces"- Concepción* (tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Tapia C., M. O., Ruelas M., D. E., Gómez P., F. E., y Abarca M., F. D. (2018). Estrategias comunicativas y su relación con la formación de hábitos del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Puno. *Revista Comunicación*, 9 (2): 79-89.
- Uribe, J. F., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L. E., y Bedoya D. M. (2001). Evaluación de los Microorganismos Eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Recuperado de: <file:///C:/Users/Rafael/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLosMicroorganismosEficacesEMEnProducci-3243655.pdf>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Rendimiento de compost

**Tabla 24.** Rendimiento (%) del compost elaborado a base de aserrín más estiércol de vacuno más residuos orgánicos domiciliarios (T1).

Repetición	Total, de masa inicial (Kg)	Total, masa final (compost maduro) (Kg)	Rendimiento (%)	Promedio total de rendimiento (%)
1A	53,5	17,11	31,98	
1B	53,5	18,01	33,66	
1C	53,5	16,37	30,60	32,5
1D	53,5	17,53	32,76	
1E	53,5	17,92	33,50	

**Tabla 25.** Rendimiento (%) del compost elaborado a base de aserrín más estiércol de cuy más residuos orgánicos domiciliarios (T2).

Repetición	Total, masa inicial (Kg)	Total, masa final (compost maduro) (Kg)	Rendimiento (%)	Promedio total de rendimiento (%)
2A	53,5	19,45	36,36	
2B	53,5	22,34	41,75	
2C	53,5	19,14	35,78	38,33
2D	53,5	21,26	39,73	
2E	53,5	20,33	38,01	

**Tabla 26.** Rendimiento (%) del compost elaborado a base de aserrín más estiércol de vacuno más estiércol de vacuno más residuos orgánicos domiciliarios (T3).

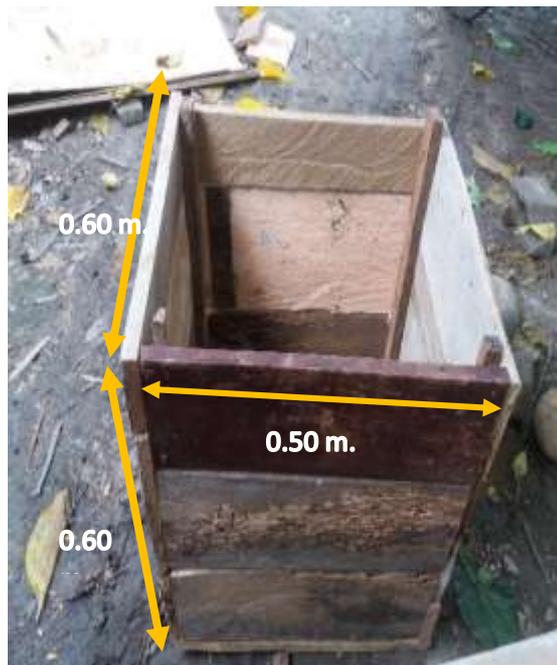
Repetición	Total, masa inicial (Kg)	Total, masa final (compost maduro) (Kg)	Rendimiento (%)	Promedio total de rendimiento (%)
3A	53,5	20,77	38,82	
3B	53,5	19,99	37,37	
3C	53,5	17,71	33,11	36,04
3D	53,5	18,43	34,45	
3E	53,5	19,49	36,43	

## ANEXO 2

### Panel fotográfico del trabajo realizado



**Figura 16.** A: Armado de cajas composteras; B: Ubicación adecuada de las cajas composteras



**Figura 17.** Medidas de las cajas composteras.



**Figura 18.** Recolección de residuos orgánicos domiciliarios.



**Figura 19.** A: recolección del estiércol de vacuno en el Camal Municipal de Bagua; B: recojo del estiércol de cuy.



**Figura 20.** A: Picado de los residuos orgánicos domiciliarios; B: Adición de aserrín en las cajas composteras.



**Figura 21.** A: Adición del estiércol de cuy y de vacuno en las cajas composteras; B: Adición de residuos orgánicos domiciliarios en las cajas composteras.



**Figura 22.** A: Medición de la temperatura; B: Medición del pH.



**Figura 23.** A: Volteo del compost. B: Compost producido.



**Figura 24.** Pesado de la muestras de compost.



**Figura 25.** Muestras de compost etiquetadas.

ANEXO 3

Análisis fisicoquímico del compost producido



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"  
 "INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN SUELOS Y AGUAS



ANALISIS DE COMPOST : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :  
 Solicitante : CLAUDIO RAUL TAPIA MARTINEZ

Departamento : AMAZONAS  
 Provincia : BAGUA  
 Distrito : BAGUA

Casero :  
 Sector :  
 Cod./ N° Muestra :  
 Fecha : 26/07/19

2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K ppm	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico		Clase textural	CIC	Cationes Cambiables mg/100g					Suma de Cationes	Suma de Cat. de Bases	% de Bases	
									Arena	Limto			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>				
1056	CAJON 1A	7.56	4.16	649.51	6069.39	7.03	12.12	0.61	76.0	8.0	16.0	Fr.A.	47.62	26.69	3.84	5.94	2.47	0.00	47.62	47.62	100
1057	CAJON 1B	7.34	0.92	704.06	5530.49	7.00	12.07	0.60	80.0	8.0	12.0	Fr.A.	50.86	34.01	5.89	8.49	1.60	0.00	50.86	50.86	100
1058	CAJON 1C	7.45	1.96	809.11	6571.72	7.29	12.56	0.63	76.0	8.0	14.0	Fr.A.	48.52	37.26	7.29	2.69	1.30	0.00	48.52	48.52	100
1059	CAJON 1D	7.42	2.72	712.72	5460.47	7.14	12.31	0.62	76.0	8.0	16.0	Fr.A.	49.19	35.70	5.07	6.92	1.49	0.00	49.19	49.19	100
1060	CAJON 1E	7.60	4.29	530.54	6187.58	6.86	11.82	0.59	80.0	4.0	16.0	Fr.A.	54.93	40.12	4.59	6.36	1.86	0.00	54.93	54.93	100
1061	CAJON 2A	7.93	7.24	635.19	5976.66	7.20	12.41	0.62	76.0	8.0	14.0	Fr.A.	41.86	29.48	4.42	6.00	1.95	0.00	41.86	41.86	100
1062	CAJON 2B	7.95	7.24	915.59	5543.68	7.43	12.81	0.64	80.0	0.0	14.0	Fr.A.	46.89	29.40	6.44	8.60	2.45	0.00	46.89	46.89	100
1063	CAJON 2C	7.95	7.24	915.59	5543.68	7.43	12.81	0.64	80.0	0.0	14.0	Fr.A.	45.41	28.61	4.92	9.62	2.26	0.00	45.41	45.41	100
1064	CAJON 2D	7.89	6.24	828.82	6161.00	7.49	12.91	0.65	76.0	8.0	14.0	Fr.A.	46.05	27.77	7.19	7.98	2.11	0.00	46.05	46.05	100
1065	CAJON 2E	7.93	6.00	712.82	5935.58	7.31	12.61	0.63	84.0	2.0	14.0	Fr.A.	46.69	34.31	4.63	8.36	1.39	0.00	46.69	46.69	100
1066	CAJON 3A	7.79	5.86	756.41	6619.49	7.66	13.20	0.66	82.0	4.0	16.0	Fr.A.	52.47	39.08	5.45	6.12	1.82	0.00	52.47	52.47	100
1067	CAJON 3B	7.82	4.96	825.27	7013.22	7.80	13.45	0.67	80.0	4.0	16.0	Fr.A.	61.56	43.63	5.96	9.17	2.80	0.00	61.56	61.56	100
1068	CAJON 3C	7.80	5.26	657.70	6437.01	7.60	13.10	0.66	80.0	0.0	12.0	Fr.A.	51.36	34.72	5.46	9.33	1.85	0.00	51.36	51.36	100
1069	CAJON 3D	7.73	4.62	602.08	6172.95	7.74	13.35	0.67	82.0	4.0	14.0	Fr.A.	43.93	28.75	4.64	8.41	2.52	0.00	43.93	43.93	100
1070	CAJON 3E	7.84	6.86	895.48	7077.10	7.71	13.30	0.66	76.0	4.0	18.0	Fr.A.	52.22	38.22	4.87	7.54	1.58	0.00	52.22	52.22	100

A = Arena ; A Fr. = Arena Franco ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN SUELOS Y AGUAS  
 To: Aldir Chichipe Vela  
 ESPECIALISTA EN SUELOS