

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CALIDAD DE COMPOST
PRODUCIDOS EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO-HUÁNUCO 2019 – 2020**

Tesis

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

MARLON RICARDO BAILÓN ROJAS

Tingo María – Perú

2021



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA
SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN**



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 012-2021-EPG-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las 07:00 pm, del día martes 07 de junio del 2021, reunidos virtualmente vía Microsoft Team, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

***"CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE ABONOS ORGANICOS TIPO COMPOST
PRODUCIDOS EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO – HUANUCO 2019 - 2020"***

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, Mención: Gestión Ambiental, el Sr. Bailón Rojas Marlon Ricardo.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO**, con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 09:16 pm, el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUARE
Presidente del Jurado

.....
Ing. MS.c JOSE LEVANO CRISOSTOMO
Miembro del Jurado

.....
Dr. Roberto Obregón Peña
DNI: 22995633
Ing. MS.c. ROBERTO OBREGON PEÑA
Miembro del Jurado

.....
Ing. M.Sc. NELINO FLORIDA ROFNER
Asesor



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA

I. DATOS GENERALES DE POSGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Maestría : Ciencias en Agroecología

Mención : Gestión Ambiental

Título de Tesis : **CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CALIDAD DE COMPOST PRODUCIDOS EN RUPA RUPA, LEONCIO PRADO-HUÁNUCO 2019 – 2020.**

Autor : Marlon Ricardo Bailón rojas

Asesor : Dr. Nelino Florida Rofner

Programa de Investigación : Ciencias básicas del suelo

Línea (s) de Investigación : Sistemas de producción orgánica

Eje temático de investigación : Gestión de riesgos naturales y ambientales.

Lugar de Ejecución : Rupa Rupa – Padre Abad

Duración : **Fecha de Inicio** : Setiembre 2019
Término : Febrero 2020

Financiamiento : **Propio: S/. 9,679.00**

DEDICATORIA

A Dios, por orientarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desistir en los problemas que se presentaron, enseñándome a enfrentar y superar las limitaciones sin perder los buenos valores.

A mis queridos padres: Fortunato Mariano, Bailón Trujillo y Clotilde, Rojas Albino, por sus consejos, comprensión, amor, que me formaron como persona y permitieron lograr mis objetivos y metas.

A mi esposa Gloria luz, Delgado Chávez y mis dos hijas; Gloria Alejandra, Bailón Delgado y Génesis Belén, Bailón Delgado, quienes han sido mi inspiración durante todo este tiempo; les agradezco por estar cuando los necesité y así aportar en mi proyecto profesional.

El autor

AGRADECIMIENTOS

A Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites disfrutar de todos mis logros que son resultado de tu ayuda, los obstáculos me sirven para mejorar como ser humano. La tesis ha sido una bendición en todo sentido y estaré agradecido, pues la meta está cumplida satisfactoriamente.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haber permitido formarme, gracias a todos los docentes que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes con sus aportes, que hoy se ve reflejada en la culminación de mi paso por la universidad.

Al Dr. Nelino Florida Rofner, por el asesoramiento durante la formulación del proyecto, la ejecución, redacción y sustentación de la tesis.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Abono orgánico	3
2.2. Compost	5
2.3. Materiales compostables	6
2.3.1. Residuos locales compostables	8
2.4. Abonos orgánicos disponibles en el mercado local	9
2.5. Normas de calidad de los abonos orgánicos.....	11
2.6. Factores del proceso que influyen la calidad del compost.....	14
2.7. Indicadores de madurez y calidad del compost.....	17
2.8. Antecedentes	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación	25
3.2. Clima.....	25
3.3. Materiales y equipos	26
3.3.1. Materiales de campo	26

3.3.2.	Materiales de laboratorio	26
3.3.3.	Equipos de campo y laboratorio	26
3.4.	Metodología	26
3.4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	26
3.4.2.	Diseño de la investigación	27
3.5.	Sobre los compost evaluados	27
IV.	RESULTADOS	32
4.1.	Indicadores fisicoquímicos.....	32
4.2.	Calidad de los compost evaluados	33
V.	DISCUSIÓN.....	36
5.1.	Indicadores fisicoquímicos.....	36
VI.	CONCLUSIÓN.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Abonos orgánicos según origen y grado de procesamiento.....	4
2. Composición nutricional del guano	9
3. Caracterización del bocashi	10
4. Norma técnica Colombiana NTC 5167-2011	12
5. Criterios de calidad del compost de la OMS	13
6. Norma Oficial Chilena NOCh 2880	13
7. Principales indicadores de calidad del compost	18
8. Ficha técnica, compost CAC-Divisoria (tratamiento CCD)	28
9. Ficha técnica del compost M & F Orgánicos (tratamiento CMF)	28
10. Indicadores fisicoquímicos evaluados	30
11. Estadística de indicadores fisicoquímicos en materia seca.....	32
12. Prueba de Tukey para el nitrógeno total	33
13. Calidad del compost según NTC 5167/2011	34
14. Calidad según la Norma Oficial Chilena (NOCh 2880).....	35
15. Calidad del compost según OMS.....	35

TABLA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Localizacion geografica del area de estudio, Fundo Alborada, CAC-Divisoria (C) Leoncio Prado (B) en la region Huanuco-Peru (A).	25
2. Compost producido en el Fundo Alborada	29
3. Recolector municipal de residuos sólidos orgánicos	30

RESUMEN

Los cultivos más importantes económicamente en la jurisdicción de Tingo María y en general en la provincia, son: cacao, café y plátano, y el uso de enmiendas orgánicas en la producción es alta, en especial compost. Por ello, se evaluó indicadores fisicoquímicos y determinó la calidad de los compost producidos con diferentes insumos y comercializados en la ciudad de Tingo María. Metodológicamente es una investigación no experimental descriptiva comparativa con diseño completamente aleatorizado (DCA), donde los tratamientos son representados por: el compost Alborada (CAL), compost de M&F Orgánicos (CMF), compost de residuos municipal (CML), compost CAC-Divisoria (CCD) y compost comercial formulado (CCF). Se evaluó indicadores físicos y químicos: % humedad y cenizas, pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn, y se determinó la calidad según la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167), la Norma Oficial Chilena (NOCh 2880) y los estándares de calidad de la Organización Mundial de la Salud-OMS. Los Resultados no muestran diferencias en los indicadores fisicoquímicos, excepto el N y según la NTC y la OMS los compost son de buena calidad y la NOCh los clasifica como compost de calidad media. En conclusión, los compost que se producen y comercializan en Tingo María son de calidad media y la Norma Técnica con mayor rigor y que mejor determina la calidad es la NOCh 2880.

Palabras clave: Compost formulado, compost estable, estándares, indicadores de calidad, normas técnicas, residuo municipal

I. INTRODUCCIÓN

Los cultivos más importantes económicamente en la jurisdicción de Tingo María y en general en la provincia Leoncio Prado, son: cacao, café y plátano, siendo los más difundidos el cacao y café (Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI, 2017). El Ministerio de Agricultura y Riego- MINAGRI (2019a) reporta que Perú es 2° exportador mundial de café orgánico, 1° producto agrícola de exportación, 7° país exportador de café a nivel mundial, con 425,416.00 ha que equivalen al 6 % de la producción nacional y la región Huánuco es el 7° mayor productor. Además, el cacao es el segundo cultivo más importante en la jurisdicción, a nivel país, al 2018 alcanzó 199,000 ha del cultivo, la región Huánuco ocupa la 5° posición en extensión (MINAGRI, 2019b) y 75 % es calificado cacao fino o de aroma. Al 2015 se colocó como 3° país productor de cacao fino del mundo (MINAGRI, 2016), y al 2018 alcanzó el 2° lugar como productor de cacao orgánico (MINAGRI, 2019c).

Evidentemente estos cultivos son los más dominantes en la zona y se manejan bajo criterios de una producción orgánica, promocionadas por instituciones que buscan cultivos alternativos, tanto públicas, privadas y cooperativas; criterios que implica el uso de enmiendas orgánicas en el proceso productivo, que tiende a incrementarse en especial el compost. Por lo tanto, la calidad de estos es relevante teniendo en cuenta que en nuestro país no dispone de una norma técnica específica para tal fin, se utilizó la Norma Técnica Colombiana - NTC 5167 (2011), la Norma Oficial Chilena NOCh 2880 (2004) y los Estándares de la Organización Mundial de la Salud- OMS (SORIANO, 2016), para determinar y comparar la calidad de los diferentes abonos orgánicos tipo compost que se producen y comercializan en la jurisdicción.

En este contexto, la investigación planteo como problema general ¿Cuál es la calidad de los compost producidos con diferentes residuos y comercializados en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado?; la respuesta hipotética fue “Existe variación en la calidad de los diferentes compost, producidos en la ciudad, y cumplen con las principales Normas Técnicas de calidad”. Además, los resultados de esta investigación servirán a las instituciones que asisten técnicamente y a los productores a tomar en cuenta la aplicación de las Normas Técnicas de calidad, antes de recomendar o aplicar alguna enmienda tipo compost, así, evitar efectos adversos a los cultivos. La investigación desarrollo los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar indicadores físicos, químicos y determinar la calidad de los compost producidos con diferentes residuos y comercializados en la ciudad de Tingo María, provincia Leoncio Prado.

1.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los indicadores fisicoquímicos: % Humedad, % de cenizas pH, MO, N, K, P, Mg, Ca, CIC, Mn, Fe, Zn y Cu, de los compost producidos con diferentes insumos.
- b) Determinar la calidad de los compost en base a la Norma Oficial Chilena NOCh 2880, Norma Técnica Colombiana NTC 5167 y los estándares de la OMS.
- c) Determinar las diferencias, a través del análisis de varianza, en los diferentes indicadores fisicoquímicos entre los compost evaluado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Abono orgánico

Las enmiendas orgánicas representan un componente importante en la regulación de procesos físicos, químicos y biológicos que determinan la productividad agrícola; Las funciones de las enmiendas han sido muy estudiadas y sugieren que puede aplicarse bajo diferentes criterios para conservar los niveles de materia orgánica del suelo y sustituir progresivamente el uso de fertilizantes químicos (RAMOS y TERRY, 2014). Las enmiendas orgánicas, contemplan los abonos procesados con estiércol de diferentes animales menores y mayores, compost de residuos de cosecha y residuos sólidos urbanos. Los abonos orgánicos, como enmiendas han demostrado tener un gran potencial para mejorar la fertilidad y la capacidad productiva de los suelos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2013).

En nuestros tiempos, los procesos productivos en las diferentes condiciones y espacios del planeta, generan cantidades enormes de residuos orgánicos, que al no ser aprovechados o reutilizados a través de los abonos orgánicos, se convierten en contaminantes del ambiente, provocando diversos impactos sobre los ecosistemas; los impactos negativos más usuales van desde salinización de suelos, lixiviación de nitratos hacia las aguas subterráneas, el traslado de nitratos y fosfatos a cuerpos hídricos superficiales y la acumulación de ligninas, aceites y resinas. Estos residuos pueden reciclarse, al ser aplicados en la agricultura previo tratamiento a través del proceso de compostaje (HERNÁNDEZ *et al.*, 2013).

La adopción de técnicas conservacionistas en un proceso productivo, promueven la sustentabilidad de los agroecosistemas, a través de sus efectos directos

sobre el reciclaje de nutrientes. Una de las principales técnicas es el compostaje de los diferentes residuos orgánicos generados en las fincas, que no solo produce compost, sino, permite controlar los impactos negativos de estos residuos sobre el medioambiente (FAO, 2013).

La aplicación de enmiendas orgánicas tipo compost representa un componente determinante en los sistemas de producción agrícola. En la actualidad es necesario incorporar y establecer prácticas conservacionistas que permitan la sustentabilidad del potencial productivo de los suelos, así, mantener los rendimientos agrícolas en niveles aceptables y garantizar en el tiempo la salud de los agroecosistemas (GARCÍA *et al.*, 2014). Por ello, agricultores y productores comerciales de abonos orgánicos buscan obtener un abono con la máxima calidad, según las normativas para cada país, excepto el Perú que no cuenta con una norma que fije los estándares de calidad de los diferentes tipos de abonos orgánicos.

Tabla 1. Abonos orgánicos según origen y grado de procesamiento

Fuente de nutrientes	Grado de procesamiento	Sólido	Líquido
Materia orgánica	No procesados	Residuos agrícolas: pulpa de café, cacao, palma, plátano, naranja, etc. Residuos animales: pollinaza, vacaza, cuyasa, etc. Abonos verdes: <i>Arachis sp.</i> , <i>Mucuna sp.</i> , <i>Leucaena sp.</i> , <i>Erythrina sp.</i> , etc.	Aguas mieles de pulpa de café, cacao, etc
	Procesados	Compost Lombricomposta Bocashi Ácidos Húmicos	Biofermentos, té de: compost, ácidos húmicos, estiércol y extractos de algas

Fuente: CABRERA y ROSSI (2016)

Las enmiendas orgánicas en general, se elaboran y procesan en base a residuos animales, vegetales o mixtas (Tabla 01), que se aplican al suelo con el propósito de recuperar, mantener y/o mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Los

de tipo no procesados se aplican sin previa descomposición, sin embargo, los abonos orgánicos procesados requieren un proceso de tratamiento previo para evitar efectos adversos fitotóxicos para el suelo y los cultivos (MUÑOZ, 2005).

2.2. Compost

Etimológicamente la palabra compost, es una palabra simple que proviene del latín “componere”, cuyo significado es juntar. Se refiere al compost como un producto del procesamiento de diversos materiales orgánicos, que resultan como residuos en las actividades agrícolas, y que sufren un proceso de biodegradación de manera natural por acción de microorganismos, para esto, requiere un ambiente adecuado para convertir los residuos en un material estable de color oscuro (HERNÁNDEZ, 2003).

La biodegradación de diversos materiales de origen orgánico se conoce como compostaje, la velocidad de la descomposición depende de la actividad y capacidad de los microorganismos presentes en el sustrato (RAMOS y TERRY, 2014). También, el compostaje es definido como la descomposición biológica de residuos orgánicos generados como desechos en los procesos productivos y se someten a un proceso en condiciones controladas en el que intervienen microorganismos y a los que se les brinda condiciones adecuadas de humedad, control de temperatura y residuos orgánicos diversos en estado sólido (MUÑOZ, 2005; OLIVARES *et al.*, 2012). Químicamente se trata de un proceso biológico de oxidación de los materiales orgánicos sometidos en condiciones controladas a la acción de grupos de microorganismos entre bacterias fototrópicas, actinomicetales y ácido lácticas y hongos tipo mohos y levaduras (RODRÍGUEZ *et al.*, 2010).

Transcurrida las diferentes etapas o fases (inicial, termófila, mesófila y maduración) del proceso de compostaje, resulta el compost, es la etapa final en donde se

alcanza la estabilización del proceso y la madures del producto, sin duda es una tecnología simple y económica para reciclar una serie de residuos con capacidad biodegradable y que normalmente se convierten en contaminantes del ambiente, estos pueden ser residuos de campos agrícolas, jardín, cocina, crianza de animales y puede aplicarse a gran escala (municipal o empresarial) como individualmente en pequeñas fincas (CABRERA y ROSSI, 2016). Para el procesamiento, los diversos residuos como estiércoles, rastrojos y otros se deben mezclar, si es necesario picar o triturar, y calcular la relación carbono / nitrógeno ($C/N < 15$), la humedad (40-50 %) y la aireación sean adecuadas, para estimular la actividad microbiana y puedan rápidamente modificar la estructura química y física de los materiales, convirtiéndolo en un producto orgánico rico en nutrientes disponibles para las plantas (HERNÁNDEZ *et al.*, 2013).

El procesamiento correcto, permite obtener un compost estable y maduro con excelentes características y gran potencial para el mejoramiento de las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas, así obtener mejores rendimientos en la producción de cultivos (CABRERA y ROSSI, 2016). La aplicación de un compost estabilizado e higienizado mediante compostaje enriquece con sustancias húmicas y elementos nutritivos al suelo y mejora la fertilidad de este, por su elevada CIC que presentan las sustancias húmicas, que retienen y liberan los nutrientes para las raíces (SILVA *et al.*, 2014).

2.3. Materiales compostables

Los desperdicios del proceso agrícola son una de las fuentes más importantes, por los grandes volúmenes de subproductos o materiales orgánicos que se generan y la mayoría son compostables (RAMOS y TERRY, 2014). Además, la FAO (2013) y la NOCh 2880 (2004) sugieren la siguiente lista de materiales compostables:

- Residuos de procesos productivos: ramas de podas, hojas caídas, hierba segada, césped, cascaras, seudotallos, pulpas, etc.
- Estiércoles diversos.
- Residuos de la actividad culinaria.
- Alimentos en mal estado de conservación: frutas, verduras, tubérculos, etc.
- Cáscaras de frutos: naranja, cacao, café, plátano, piña y otros.
- Aceites y grasas comestibles.
- Residuos de la industria de la madera.
- Residuos de papelería en general.
- Otros residuos como: plumas, pelos y esquilado de animales.

Así como se tiene una variedad de materiales compostables, la NOCh 2880 (2004) sugiere que no se deben utilizar los siguientes materiales en un proceso de compostaje:

- Residuos de plantas impregnadoras de madera.
- Residuos de productos antimanchas y antisarro.
- Sustancias utilizadas en silos contaminados.

Según la FAO (2013) no debe incluir materiales tóxicos, sintéticos y/o volátiles como:

- Residuos de pegamentos, solventes, hidrocarburos diversos y pinturas.
- residuos biorresistentes y recalcitrantes.
- Especies vegetales con sustancias biocidas como el tabaco, barbasco, ají, y otros.
- Productos de lavandería, insecticidas clorados y fosforados, antibióticos y otros.
- Animales en estado de putrefacción (requieren pilas especiales).

2.3.1. Residuos locales compostables

En la zona de influencia directa de nuestra ciudad y en general de la provincia, se dispone de algunos materiales compostables, generados como residuos de cosecha de nuestros principales cultivos como el café, cacao y en menor medida el plátano.

El café es el primer cultivo con mayor extensión y se generan grandes cantidades de residuos durante el procesamiento en la etapa post cosecha, los principales subproductos aprovechables son: pulpa, aguas mieles, película plateada, entre otros, y la proporción de la pulpa vs el café pergamino (parte aprovechable) equivalen al 42% del peso del fruto fresco (FIERRO *et al.*, 2018; DUANGJAI *et al.*, 2016). Además, como residuo es rico en nutrientes esenciales y posee características ideales para el compostaje: alto contenido de azúcares, baja relación C/N (25-30/1) y buen tamaño de partículas (PIERRE, QUIROZ & GRANDA, 2009).

El cacao es el segundo cultivo de mayor extensión y al igual que el café se generan grandes cantidades de residuos durante el procesamiento en la etapa post cosecha, el principal residuo generado después de extraer la pulpa del cacao es el coco o mazorca de cacao, este residuo en comparación al grano equivale entre 52 a 70 % del peso total (MARTÍNEZ, VILLAMIZAR & ORTÍZ, 2015). Por tanto, es el cultivo de cacao el que más residuos genera, y si estos residuos no son tratados vía compostaje, pueden ocasionar serios problemas ambientales y fitosanitarios, por la propagación de microorganismos patógenos (ORTIZ & ÁLVAREZ, 2015).

Finalmente, el plátano es el tercer cultivo con mayor extensión y se generan grandes cantidades de residuos durante el procesamiento en etapa post cosecha, los principales subproductos aprovechables son: hojas, pseudo tallo, cascara y raquis,

actualmente solo se aprovechan un 30 %, perdiéndose en el campo un 70 %. Los residuos del platanero constituyen un excelente material para el compostaje, pueden mejorar significativamente el pH y los contenidos de MO y K. (FLORIDA, REATEGUI & POCOMUCHA, 2016).

2.4. Abonos orgánicos disponibles en el mercado local

a) Guano de islas

A la acumulación de las excretas de aves guaneras se le denomina, guano de islas, aves nativas y propias de las zonas costeras de nuestro litoral peruano. Los más representativos: *Phalacrocorax bouganinivilli Lesson* (Guanay), *Sula variegata Tshudi* (Piquero) y el *Pelecanus thagus* (Pelícano), la razón de su abundancia en nuestro litoral y nuestras islas se debe al ingreso de agua fría desde el sur por la corriente de Humbolt, generando un clima de temperaturas moderadas y escasa precipitación. En estas condiciones favorables las excretas de estas especies denominadas “guaneras”, se almacenan en el tiempo y a través de procesos biooxidativo, los microorganismos producen diversas reacciones, que terminan liberando sustancias nutritivas (MINAGRI, 2019 d).

Tabla 2. Composición nutricional del guano

Elemento	Concentración (%)
N	10 – 14
P	10 – 12
K	2.0 – 3.0
Ca	8.00
Mg	0.50
Az	1.50
Fe	0.03
Mn, Cu, B	0.02

Fuente: MINAGRI (2019d)

Las aves guaneras (piquero, guanay y alcatraz), son especies silvestres de importancia económica para Perú, al acumular una gran cantidad de excremento en el área donde habitan, dando origen a un fertilizante orgánico de alta calidad conocido como “guano de las islas” (GARCÍA *et al.*, 2016); que, por su composición elevada en N y otros macroelementos (Cuadro 02) decisivos en la producción agrícola y ha sido reconocido mundialmente el fertilizante orgánico de mayor calidad (MINAGRI, 2019d; GARCÍA *et al.*, 2016).

b) Bocashi

El Bocashi, significa abono orgánico fermentado; incorpora al suelo MO y nutrientes como: Ca, Mg, N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu y B; los cuales, inducen cambios positivos en indicadores de calidad del suelo; estos abonos estimulan la vida microbiana y la nutrición de plantas (RAMOS *et al.*, 2014).

Tabla 3. Caracterización del bocashi

Parámetro	Concentración
Cenizas (%)	42,13±3,89
Perdidas por volatilización (%)	57,87±3,89
Carbonatos (% CO ₃)	10,69±1,36
Carbonatos (% CaCO)	17,83±2,23
pH	6,18±0,30
CIC (meq.100 g)	34,20±4,25
Nt (%)	0,50±0,01
C/N	31,7
P (%)	1,22±0,25
Ca (%)	17,2
Mg (%)	2
K (%)	1,2
Na (%)	1,8
MO (%)	26,95±3,22
COT (%)	15,86±1,90

Fuente: SILVA *et al.* (2014)

La riqueza de estas enmiendas varía su composición según el proceso: tiempo, acción biológica y tipo de residuos (RAMOS *et al.*, 2014). El bocashi es un acondicionador de suelos que cumplen con los criterios de calidad exigidos por la NTC 5167 (SILVA *et al.*, 2014).

2.5. Normas de calidad de los abonos orgánicos

El compost es el producto resultante al final de un proceso de compostaje y presenta importantes cantidades de MO, N y macro y microelementos (RAMOS y TERRY, 2014), sin embargo, para certificar su calidad, debe ser sometida a los criterios de las normas técnicas de calidad, determinada por cada país. Para determinar la calidad debe tener en cuenta los atributos finales de una enmienda y que el producto sea utilizado como enmienda o como substrato (GARCÍA *et al.*, 2014).

No considerar el control de calidad de los abonos orgánicos, pueden tener efectos residuales en el suelo y fitotóxicos en los cultivos. Estos efectos fitotóxicos de una enmienda orgánica se producen por los elevados contenidos de amonio, ácidos volátiles, metales pesados y sales. Estas sustancias, pueden generar efectos negativos en el desarrollo de los cultivos, inhibiendo la germinación, desarrollo radicular; por ello, debe ser cuidadoso y aplicar el respectivo control de calidad de las enmiendas orgánicas antes de su utilización en los cultivos (GARCÍA *et al.*, 2014).

El país no dispone de Norma Técnica para valorar la calidad de un abono orgánico tipo compost; por ello, para determinar la calidad y su categorización en este trabajo se tomó como referencia los lineamientos y rangos del Instituto Nacional de Normalización de la República de Chile, Norma Técnica NOCh 2880, aprobada en 2004, Norma muy utilizadas por las instituciones peruanas, como referente para establecer la calidad del compost. Además, se disponen de otras Normas Técnicas, entre ellas: la

Norma Técnica Colombiana la NTC 5167, vigente desde el 2011, normas que ya fueron utilizados por FLORIDA y REATEGUI (2019) y CABRERA y ROSSI (2016), entre otros.

La norma técnica colombiana (Cuadro 04) tiene solo dos categorías, compost de buena calidad y compost que no alcanzan los niveles de un compost maduro de buena calidad.

Tabla 4. Norma técnica Colombiana NTC 5167-2011

Producto	Componentes principales	Indicadores												
Abono orgánico	Residuos sólidos de animales, vegetales, urbanos, o mezclas de estos con contenidos mínimos de C orgánico oxidable total, e indicadores que se señalan.	<ul style="list-style-type: none"> * Cenizas < 60 % * Humedad: <ul style="list-style-type: none"> - Materiales de origen animal, < 20 % - Materiales de origen vegetal, < 35 % - Mezclas, en función del material dominante. * Carbono oxidable total > 15 %. * N, P₂O₅ y K₂O totales (> 1 %) * CIC, > 30 Cmol⁽⁺⁾ / Kg * CRH, > su propio peso. * pH 4 - 9 * Densidad < 0,6 g/cm³ * metales pesados (mg/Kg) <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr><td>As</td><td>41.0</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>39.0</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>1,200.0</td></tr> <tr><td>Hg</td><td>17.0</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>420.0</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>300.0</td></tr> </table> 	As	41.0	Cd	39.0	Cr	1,200.0	Hg	17.0	Ni	420.0	Pb	300.0
As	41.0													
Cd	39.0													
Cr	1,200.0													
Hg	17.0													
Ni	420.0													
Pb	300.0													

Fuente: NTC 5167 (2011)

También la OMS, determino criterios mínimos y los niveles de los principales indicadores físicos y químicos (Cuadro 05) para determinar la calidad del compost.

Tabla 5. Criterios de calidad del compost de la OMS

Parámetros	Unidad	Límites de calidad OMS	
Generales	pH	6 a 9	
	MO	%	25 a 50
	N	%	0.4% - 3.5%
	P ₂ O ₅	%	0.3% - 1.8%
	Humedad	%	30 - 50%
Metales pesados	Pb	mg/kg	200 - 400
	Cd	mg/kg	15 - 40

Fuente: SORIANO (2016)

En comparación, la norma oficial chilena NOCh (Cuadro 06), clasifica en tres categorías: compost de clase A (compost de alta calidad), clase B (compost de calidad media) y clase C (compost inmaduro) que no es apto para ser utilizado en la agricultura.

Tabla 6. Norma Oficial Chilena NOCh 2880

Producto	Componentes principales	Indicadores
Abono orgánico	Origen. -Producto sólido de residuos animales, vegetales, sólidos urbanos o mezcla de los anteriores	*Contenido de cenizas no especifica * Contenido de humedad: <ul style="list-style-type: none"> • Para clase A < 20% • Para clase B entre 25-40% * Contenido de materia orgánica <ul style="list-style-type: none"> • Clase A, ≥ 45% • Clase B, ≥ 20% * N total ≥ 0.8%
	Clase: A, no presenta restricción de uso, producto de alta calidad.	* Relación C/N <ul style="list-style-type: none"> • -Clase A, 10 y 25 • -Clase B, 10 y 40 • -Clase C, 10 y 50 * Capacidad de intercambio catiónico, no especifica
	B, calidad intermedia, presenta algunas restricciones de uso.	* pH <ul style="list-style-type: none"> • Clase A, 5-7.5 • Clase B, <5 y >7.5
C, compost inmaduro que no ha alcanzado la etapa de maduración necesaria. No apto para su uso	* metales pesados mg/Kg (base seca) Arsénico (As) 15 (A), 20 (B) Cadmio (Cd) 2 (A), 8 (B) Cromo (Cr) 120 (A), 600 (B) Mercurio (Hg) 1 (A), 4 (B)	

Niquel (Ni)	20 (A), 80 (B)
Plomo (Pb)	100 (A), 300 (B)
Cobre (Cu)	100 (A), 1000 (B)
Zinc (Zn)	200 (A), 2000 (B)

Fuente: NOCh 2880 (2004)

2.6. Factores del proceso que influyen la calidad del compost

Son factores de deben ser monitoreados para garantizar un producto final de buena calidad, estos factores son:

a) Temperatura: Los cambios de este indicador durante el procesamiento es consecuencia de los procesos bio-oxidativos, producidos por la actividad metabólica de los microorganismos, por tanto, es un buen indicador del final del procesamiento (HERNÁNDEZ, 2020). Además, se observa un amplio rango de variación, definiendo las diferentes etapas del proceso. En la primera etapa del proceso inicia con la activación de la actividad microbiana, que puede provocar un ascenso de hasta 65°C o más, producto del metabolismo de los diferentes consorcios microbianos asociados en el proceso, para luego retornar a la temperatura inicial, durante la fase de estabilización o maduración.

Se recomienda que la temperatura en la segunda fase (termófila), no descienda con rapidez, por su impacto en la velocidad de descomposición y la higienización del producto final. Las reducciones drásticas pueden estar ligadas a la falta de humedad y oxigenación, que afectan la actividad metabólica de los microorganismos.

Sin embargo, es necesario controlar las altas temperaturas, estas, pueden afectar a los microorganismos mesófilos e inhibir el proceso de descomposición (FAO, 2013).

b) Humedad: Indicador muy importante para el normal desarrollo de los microorganismos, responsables del proceso. Los valores óptimos que garantizan un compost de calidad deben mantener un contenido medio entre 50- 55 %, puede variar con el estado físico y tamaño de los materiales a compostar y del sistema diseñado para el procesamiento del compost. La disminución de la humedad a niveles menores a 45 %, afecta directamente sobre el metabolismo microbiano, y esto, restringe que las pilas de compostaje presenten las fases correspondientes de biodegradación, afectando su composición nutrimental y afecte su calidad final. Por el contrario, humedades mayores de > 60 %, saturan los poros y reducen la disponibilidad de oxígeno en el sistema. Por ello, los niveles de humedad durante el procesamiento deben ser monitoreadas para que en ningún caso bajen de 45 % o superen el 60 % de los materiales compostados (FAO, 2013).

c) pH: El comportamiento del potencial de hidrogeno durante el proceso está en función a los residuos utilizados y varía en cada fase del proceso, generalmente descende al inicio y se incrementa al final (de 4.5 a 8.5). En las fases iniciales, el pH tiende a acidificar el sustrato por la formación de ácidos orgánicos, liberados por la biodegradación; esta etapa inicial de gran desarrollo microbiano induce el aumento de la temperatura, generando la fase termogénica o termófila, en donde el pH tiende a incrementarse por la transformación del amonio en amoniaco, el medio se alcaliniza para estabilizarse en pH cercanos al neutro o ligeramente alcalino. El pH finalmente determina la viabilidad de determinados grupos de microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos

de crecimiento y desarrollo. Las bacterias se desarrollan apropiadamente a pH 6 a 7.5 y la fúngica a pH 5.5 a 8 (FAO, 2013).

d) Relación C/N: Es otro criterio utilizado tradicionalmente para determinar el nivel de estabilización o madures de una enmienda orgánica y determinar su potencial o eficiencia fertilizante. La relación recomendada debe fluctuar entre 30 al inicio y preferiblemente menor a 15 al final del proceso (HERNÁNDEZ, 2020). La composición estructural (celulosa, hemicelulosa, ligninas, y otros) de los componentes sometido a compostaje determinan la relación C/N y cambia en función de la proporción de los diferentes materiales que componen el inicio del proceso. La relación C/N se calcula al dividir el % C total sobre el % N total de los materiales compostables, durante el proceso esta proporción debe ser al inicio máximo 35:1 y al final de 15:1 (FAO, 2013).

e) Oxígeno. – El proceso de compostaje se desarrolla en presencia de oxígeno, por tanto, debe tomar las previsiones necesarias para mantener un nivel adecuado de aireación dentro de las pilas de compostaje, para permitir la respiración y el desarrollo microbiano, que oxidan la materia orgánica y liberan CO₂ a la atmosfera. Además, mantener condiciones favorables de aireación evita que la pila se compacte y se sature de agua. El requerimiento de oxígeno por los microorganismos varía durante el proceso, siendo mayor en la fase termogénica, por ello la concentración media en las pilas no debe ser menor a 5 %, siendo el nivel óptimo 10 %. Valores superiores al 10 % produce disminución de la temperatura y pérdida de humedad por evaporación, esto detiene la actividad metabólica microbiana por deficiencia de agua. Sin embargo, valores menores al 5% de oxígeno, reduce la evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente anaeróbico, en estas condiciones aparecen olores fétidos y acidificación en las

pilas, por la elevada aparición de compuestos como el ácido acético, sulfhídrico y metano (FAO, 2013).

2.7. Indicadores de madurez y calidad del compost

La determinación de la calidad de un producto orgánico es una acción muy importante, para determinar atributos importantes como: inocuidad, madures, capacidad fertilizante, efectos residuales y fitotóxicos. Por tanto, en esta etapa es fundamental disponer de Normas Técnicas que permitan clasificar, categorizar y determinar la calidad del compost (RAFAEL, 2015).

Para GARCÍA *et al.* (2014) Determinar la calidad de un producto orgánico es muy complejo, requiere considerar múltiples aspectos físicos, químicos, biológicos e incluso sensoriales y sugiere considerar la suma de las distintas propiedades y características entre ellos:

- Atributos físicos: granulometría, retención de agua, humedad, partículas extrañas y olor.
- Atributos químicos: materia orgánica, macro y micronutrientes y presencia de contaminantes.
- Atributos biológicos: presencia de semillas y patógenos.

Uno de los indicadores utilizados tradicionalmente para determinar la madurez y definir la calidad agronómica del compostes es la relación C/N, siendo necesario un valor menor de 15; sin embargo, esta relación C/N no puede ser utilizado como indicador absoluto, ya que presenta gran variabilidad según los materiales del sustrato utilizado Para HERNÁNDEZ (2020). Valores altos retrasan el proceso de incorporación al suelo (MENDOZA, 2012).

La CIC ha sido utilizado por numerosos autores y aceptado universalmente como indicador de la madurez e indirectamente del grado de humificación del compost, se han descritos valores mínimos de 60 a 100 Cmol/kg (HERNÁNDEZ, 2020). También, los niveles de óxido fosfórico (P_2O_5), óxido de potasio (K_2O) son importantes para definir la madurez del compost, una proporción entre 0,3% y 3,5% P_2O_5 y 0,5% y 1,8% K_2O son rangos ideales (MENDOZA 2012), Además, diferentes autores sugieren el uso del pH, MO, N, P y bases Ca, Mg y K para determinar la calidad del compost (HERNÁNDEZ, 2020; FLORIDA y REATEGUI, 2019; FAO, 2013; MENDOZA, 2012).

La FAO (2013) recomienda los siguientes rangos (Cuadro 07) e indicadores para definir la calidad del compost en diferentes etapas del proceso.

Tabla 7. Principales indicadores de calidad del compost

Parámetro	Fase I (2 - 5 días)	Fase II (2 - 5 semanas)	Fase III y IV (3-6 meses)
C/N	25 - 35	15 - 20	10 - 15
Humedad (%)	50 - 60	45 - 55	30 - 40
pH	6.5 - 8.0	6.0 - 8.5	6.5 - 8.5
Densidad (kg/m^3)	250 - 400	< 700	< 700
MO (%)	50 - 70	> 20	> 20
N (%)	2.5 - 3.0	1 - 2	~1

Fuente: FAO (2013)

2.8. Antecedentes

FLORIDA y REATEGUI (2019) en “Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*)” evaluó el potencial de las plumas para ser utilizado como insumo en un proceso de compostaje por la empresa O&D Innovation Sustainable, EIRL, en Leoncio Prado. Reporta incrementos con diferencias significativas de materia orgánica y nitrógeno, este último alcanzó 4.8 %, en compost con 30 % de plumas, los demás

indicadores P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Concluye que las plumas en proporción de 30 % elevan los contenidos de materia orgánica y nitrógeno, y recomiendan las plumas como residuo compostable.

VÁZQUEZ y LOLI (2018) en “Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*”. Evaluó el efecto del vermicompost y compost de residuos de podas de jardín y estiércol de vacuno, en suelos de Ecuador. La caracterización del vermicompost muestra niveles más bajos de pH, salinidad, sodio y mayor retención de humedad. El compost logró mayor altura y peso seco del tallo, mientras que el vermicompost tuvo mejor cosecha. Los sustratos, con ambas enmiendas disminuyeron la densidad, elevaron los contenidos de MO y redujeron el pH.

CABRERA y ROSSI (2016) en “Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores”, evaluó a escala piloto la elaboración de compost a partir de residuos vegetales de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. Realizaron la caracterización de los residuos antes de someter a procesamiento y la comparación de cuatro formulaciones diferentes. Sus resultados muestran que el compost final obtenido, se clasifican como clase B según la Norma Oficial Chilena NOCh 2880 y concluyen que la producción de compost a base de estos residuos es viable económica y técnicamente, tratando 230 Mg/mes de residuos.

FLORIDA, REATEGUI & POCOMUCHA. (2016) en “Caracterización del compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*) y otros insumos”; Los autores realizaron la caracterización química de un compost a base de plumas de pollo y compararon con compost procesados con diferentes materiales locales, producido por la

empresa M&F Orgánicos. Los diferentes abonos evaluados tuvieron un periodo de compostaje de 90 días y encontró diferencias estadísticas en compost de plumas en comparación a otros insumos; el compost de plumas presento los promedios más altos de MO y N, excepto, el P, Ca^{+2} , Mg^{+2} y pH, en comparación del compost a base de escobajo de palma, cascara de plátano, pulpa de café y estiércol de vacuno. Concluye que las plumas en un proceso de compostaje pueden mejorar significativamente los niveles de materia orgánica y nitrógeno.

SORIANO (2016) en “Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de EM”. Determinó el periodo de procesamiento y calidad del compost con aplicación de EM al tratamiento de Residuos Sólidos del “Centro Ecoturístico de Protección Ambiental Santa Cruz- CEPASC”, en la provincia de Concepción. El periodo de procesamiento duro 43 días y los principales indicadores se encuentran dentro de los rangos que categorizan como buena calidad, excepto para la NOCh 2880 el tratamiento control, Tratamiento 1, 2 y 3 los indicadores conductividad eléctrica y metales pesados, están fuera de los rangos, restringido este producto para su aplicación a tierras agrícolas. Sin embargo, la Norma 503- EPA, NTC 5167 y para la OMS, son de buena calidad.

RAFAEL (2015) en “Proceso de producción y aplicación del producto EM en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo”. Determino el efecto de la aplicación de los EM en el proceso de producción de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos. Encontró valores de pH alcalinos con una media de 8.72, con tendencia a la neutralidad conforme se incrementó la dosificación de EM”. La relación de C/N fue de 12.21, valor ideal según la NOCh 2880 (10 a 25). La MO está dentro del rango optimo siendo el tratamiento con 10 % de EM el valor más alto con 59.8%, la MO muestra relación directa

positiva con el incremento de EM. Los macro y micronutrientes están en el rango establecido en la NOCh 2880, excepto, Ca en todos los tratamientos con proceso tradicional. Los metales presentan valores aceptados por la NOCh 2880.

MUÑOZ (2014) en “Efecto de tres abonos verdes, sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo *Brassica oleracea L., Var. Snow White* (Coliflor), en un suelo de baja fertilidad, Zungarococha, San Juan, Loreto”. Comparó el efecto de la biomasa de *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium heterocarpon* y *Centrosema pubescens*, como abonos verdes, sobre características agronómicas y rendimiento de la coliflor en suelo de baja fertilidad. La Gallinaza mostró mayor efecto en características agronómicas y rendimiento de pella (10.45 t/ha) en comparación con *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *D. heterocarpon*), que tuvieron rendimientos de pella 9.00, 7.84 y 7.64 t/ha respectivamente. La gallinaza alcanzó el mayor rendimiento (10.45 t de pella/ha), sin embargo, no alcanzó el óptimo de la variedad (12 t de pella/ha) los abonos verdes mostraron menores valores en el cultivo de la coliflor: *P. phaseoloides* con 9.tn/ha, *C. pubescens* 7.84 t/ha y el *D. heterocarpon* con 7.64 t/ha respectivamente.

RAMOS *et al.* (2014) en “Abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá”. Evaluó la estabilidad de los diferentes indicadores químicos y microbiológicos en la etapa post-preparación. Determinaron que los contenidos de los principales indicadores: N, P, K, Ca, Mg, MO, C/N, se mantienen estables durante el día 21 al 150, después de iniciado la preparación del abono. Los valores de los diferentes indicadores se encuentran dentro de los rangos adecuados en cada momento de evaluación. Los metales están en el rango de nivel bajo según las Normas y la mayor población de microorganismos encontrados perteneces al grupo de las bacterias.

SILVA *et al.* (2014) en “Caracterización física y química de bokashi y lombricomposta y su evaluación agronómica en plantas de maíz”, Realizo la caracterizados del Bokashi y Lombricompost, elaborados con residuos de fincas productores y empresas comercializadoras de insumos agrícolas localizadas en Florencia. Los indicadores físicos del Bocashi y Lombricompost diferencias estadísticas en el % de humedad, densidad real, capacidad de retención de agua y CE. Los indicadores químicos mostraron diferencias significativas en: % de cenizas, carbonatos, pH, CIC, P disponible, MO, CO oxidable, CO total y C de los ácidos húmicos. El lombricompost tuvo mayor efecto favorable en el crecimiento vegetal del maíz, por lo que, como mejorador del suelo tuvo mejor desempeño agronómico en comparación al Bocashi.

HERNÁNDEZ *et al.* (2013) en “Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios”. Evaluaron la calidad de los compost producidos a base de estiércol de vacuno lechero, gallinaza, aserrín y esquilmos de maíz. Evaluaron indicadores fisicoquímicos que determinan la calidad, entre ellos: temperatura, pH, C/N, macro y micronutrientes, en un periodo total de procesamiento de 24 semanas. Culminado el proceso, las cuatro mezclas muestran una reducción en la relación C/N (4.9 a 12.9) y un incremento en el contenido de N-NO. La gallinaza con aserrín y esquilmos presento las mejores condiciones para los indicadores: CO (10.9 a 13.4 %), N (2.3 a 2.1%), C/N (4.9 a 6.5), N-NO₃ (1190 a 1473 mg k⁻¹), P (0.11 a 0.114 %), Cu (56 a 48 mg k⁻¹), Fe (1633 a 1662 mg k⁻¹) y Mn (7.8 a 7.9 mg k⁻¹) respectivamente. Los materiales usados muestran potencial para la elaboración de abonos orgánicos.

GUISADO (2012) en "Efectos de diferentes abonos orgánicos e inorgánico en el establecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) en Leoncio Prado,

Departamento de Huánuco”. Evaluó el efecto de la gallinaza, bocashi y urea en el crecimiento de la maralfalfa. Evaluó indicadores de crecimiento: Número de plantas y macollos, altura de planta, % cobertura, biomasa fresca y seca. Sus resultados muestran diferencia estadística significativas entre los tratamientos, los mejores promedios lo presento el tratamiento con bocashi y Urea, concluye que para instalar el pasto *Pennisetum sp* se debe utilizar la enmienda orgánica tipo bocashi, por las ventajas agronómicas y productivas que presento, además, descarta el uso de la urea por crear dependencia, eleva los costos de producción, entre otros efectos negativos para el agroecosistema.

MENDOZA (2012) en “Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura”. Realizó una propuesta de tratamiento para los residuos vegetales generados en el campus de la Universidad de Piura, a través del compostaje y aplicaciones de EM. Sus resultados muestran que el tratamiento 2 (pila 3) fue el que registró mayor % de residuos degradadas (36.70 %) en dos meses que duró el procesamiento, en comparación a los 22,19 % de ramillas degradadas que presento el tratamiento control (pila 1); los EM aplicadas al tratamiento 2 mostraron efectividad en el proceso. Concluye que, el tratamiento 2 con dosis de 4 % de EM fue más eficiente, registró el valor medio más alto en pH (7.39) y tuvo menor % de residuos sin degradar, al final del procesamiento.

PÉREZ *et al.* (2011) en “Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México” Evaluó el procesamiento de bagazo y cachaza, para caracterizar el producto final y evaluar el efecto del $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ como activador. Los resultados muestran que no se alcanzó la fase termogénica, la pérdida de calor superó la ganancia térmica influenciado por: el tamaño de las pilas y por qué el

bagazo de caña incrementó la humedad de los sustratos y redujo la temperatura. Además, la adición de 0.5 % de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a los sustratos, incrementó la temperatura, CE, NH_4^+ y NO_3 y redujo el pH. Concluye que, el uso de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ como activador biológico debe aplicarse en residuos con alta relación C/N.

RENGIFO (2011) en “Aislamiento e identificación de fungi y bacterias presentes en abono orgánico bocashi”; Evaluó géneros bacterianos y fúngicos presentes en el bocashi procesados en Las Palmas - Leoncio Prado. Aisló e identificó cuatro géneros de fungí a partir de muestras de bocashi, *Trichoderma sp*, *Aspergillus sp*, *Fusarium sp*, *Rhizopus sp*, los dos últimos tienen capacidad patogénica y pueden dañar los cultivos, además, aisló e identificó bacterias gram negativas, *Pseudomonas sp*, *Rhizobium sp*, este último con capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis con vegetales. La carga microbiana presente en el Bocashi vario de $7,6 \times 10^6$ a $10,5 \times 10^6$ mo/g. Concluye que, el bocashi tiene una carga microbiana alta, típica de suelos fértiles y grupos microbianos ligados al proceso de mineralización y absorción de nutrientes a través de simbiosis.

WIDMAN *et al.* (2005) en “El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán”. Evaluó el comportamiento agronómico de diferentes cultivos con aplicación de composta elaborado a partir de residuos sólidos municipales (RSM) de la ciudad de Mérida. Sus resultados muestran mayor poder germinativo en sustrato tierra-composta, además, el comportamiento agronómico del tomate sobre el sustrato suelo-composta, tuvieron tallos más largos y mayor número de hojas evaluados durante 50 días. Concluyen que, la composta elaborada con residuos sólidos urbanos mejoró el suelo, la germ crecimiento de los cultivos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en la jurisdicción de la ciudad de Tingo María (Figura 1), considerando el sector Mapresa en Naranjillo y el Aserradero en Castillo Grande; políticamente pertenecen a la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

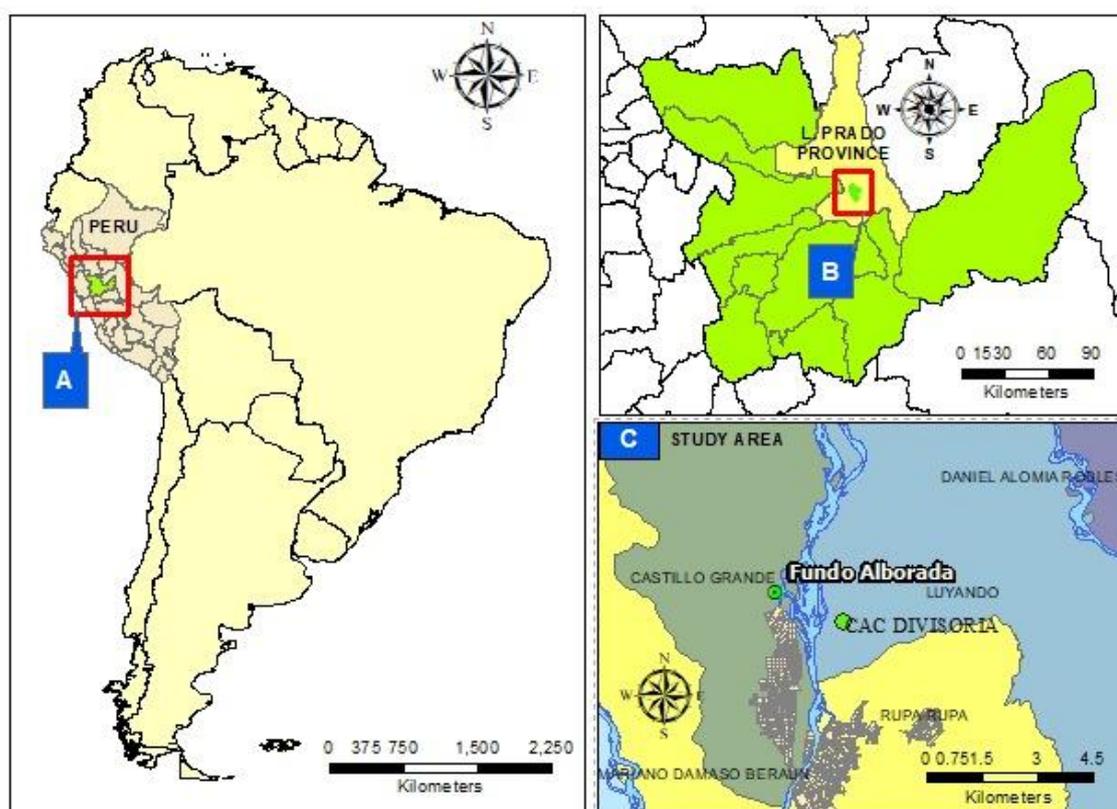


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio, Fundo Alborada, CAC-Divisoria (C) Leoncio Prado (B) en la región Huanuco-Peru (A).

3.2. Clima

Las características climatológicas que presenta la jurisdicción, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú- SENAMHI (2020), Tingo María presenta medias de: 24,5 °C de temperatura, 84 % de humedad relativa y 3 400 mm de precipitación, con régimen bimodal, una seca (junio a setiembre) y otra lluviosa

(octubre a mayo). Además, de acuerdo con la clasificación de zonas de vida y formaciones vegetales de HOLDRIDGE (2000), el área de estudio pertenece a bosque muy húmedo-Premontano Sub Tropical (bmh-PST). También, según PULGAR (2014) la jurisdicción pertenece a la ecorregión Rupa Rupa.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1. Materiales de campo

Bolsas plásticas, etiquetas, Marcadores, tubo de muestreo, guantes de goma, botas de protección.

3.3.2. Materiales de laboratorio

Probeta de diferentes medidas volumétricas, embudos de vidrio, vasos de precipitación, tubos de ensayo, micropipetas, tamices de 3 mm de diámetro, botellas de vidrio, papel filtro N° 40, reactivos diversos y matraces de 250 cm³.

3.3.3. Equipos de campo y laboratorio

Cámara fotográfica, navegador GPS, balanza gramera y analítica, estufa, mufla, pH metro, bureta digital, espectrofotómetro de absorción atómica y espectro fotómetro UV - Visible.

3.4. Metodología

3.4.1. Tipo y nivel de investigación

Es de tipo aplicada, porque se recurrió a conocimientos establecidos en las ciencias agrícolas para evaluar el problema de la calidad de los abonos orgánicos. Además, corresponde a un nivel de investigación descriptiva comparativa, porque se evaluó la calidad física y química, según Normas Técnicas internacionales, de los abonos orgánicos producidos con diferentes insumos y técnicas.

3.4.2. Diseño de la investigación

Correspondió a una investigación no experimental mixto, incluyó una parte descriptiva y otra comparativa, con diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA), donde los tratamientos lo constituyeron los diferentes tipos de abonos orgánicos producidos y comercializados en Tingo María. Los datos se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) y las correspondientes pruebas post-hoc de Tukey con un nivel de confianza del 95 %, para la comparación de medias de los indicadores físicos y químicos de los abonos evaluados que presentaron diferencias.

3.5. Sobre los compost evaluados

La investigación realizó visitas a los principales establecimientos comerciales, instalaciones de las principales asociaciones de productores y plantas privadas de comercialización de compost. Este proceso, permitió identificar a los principales productores, así como aquellos que ofrecen comercialmente compost denominados formulados.

Definido la localización y los puntos de producción y comercialización, se realizó las coordinaciones para su adquisición y/o muestreo de su producto. Una vez realizado el muestreo se registró información básica sobre los insumos de su preparación y la descripción de su ficha técnica si disponía de este. Las muestras se colocaron por cuadruplicado (4 muestras) en bolsas herméticas y se derivaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para los análisis fisicoquímicos correspondientes, entre ellos:

a) Compost producido por la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria, cuyo acrónimo es CAC-Divisoria, este compost es representado por el tratamiento CCD, la

cooperativa no permite develar los insumos y técnicas aplicadas al proceso de producción, sin embargo, el producto presenta ficha técnica (Cuadro 08) que describe su composición.

Tabla 8. Ficha técnica, compost CAC-Divisoria (tratamiento CCD)

Indicador	Contenido medio
Humedad (%)	18.12
MO (%)	40.21
N (%)	1.2 ± 0.5
P ₂ O ₅ (%)	1.5 ± 0.5
Ca (%)	9.5 ± 0.5
MgO (%)	5.5 ± 0.5
K ₂ O (%)	1.5 ± 0.5
Na (%)	0.50
Cu (ppm)	42.02
Fe (ppm)	3029.11
Zn (ppm)	780.09
Mn (ppm)	1647.13

b) Compost elaborado por la empresa M&F Orgánicos (tratamiento CMF), el Cuadro 09, el productor revela que está producida a base de estiércol de vacuno y otros insumos de origen vegetal y mineral mediados por microorganismos eficientes, no acepto develar las proporciones. Sin embargo, dispone de ficha técnica (Tabla 09) que muestra su potencial nutrimental.

Tabla 9. Ficha técnica del compost M & F Orgánicos

Indicador	Contenido medio
Humedad (%)	20.00
pH	7.82
MO (%)	39.00
N (%)	1.70
P ₂ O ₅ (%)	1.00
Ca (%)	1.90
Mg O (%)	1.40
K ₂ O (%)	1.10
Na (%)	0.60
Fe (ppm)	3500.00
Mn (ppm)	230.00
Zn (ppm)	70.00
Cu (ppm)	42.00

c) Compost elaborado por la empresa Agroforestal y Ambiental Alborada SAC (tratamiento CAL), el compost es producido para satisfacer el requerimiento de una propiedad privada, denominada Alborada, produce cacao con manejo 100 % orgánico del suelo, en base a compost, abonos foliares y aplicación de EM. No dispone de ficha técnica (Figura 2), sin embargo, lleva un control estricto de los materiales que combina para el compostaje: estiércol de cuy, estiércol de murciélago, restos de mazorcas de cacao, residuos vegetales frescos (tallo de plátano, hojas de kudzu y/o eritrina), mucilago de cacao y leche fresca.



Figura 2. Compost producido en el Fundo Alborada

d) Compost comercial formulado, es un abono orgánico tipo compost ofrecido por un reconocido centro comercial de fertilizantes, el mismo, no disponía de ficha técnica y tampoco especificaba los materiales de procesamiento, pero la marca de compost que solo llamaremos Compost Comercial Formulado (CCF), precisaba “abono orgánico enriquecido”.

e) Compost producidos por la municipalidad provincial de Leoncio Prado (tratamiento CML), procesado a base de residuos sólidos orgánicos urbanos, los residuos son recolectados por la municipalidad a través del programa de segregación en la fuente, dentro del programa del estado denominado “Gestión ambiental local sostenible-GALS”. El referido programa recolecta los residuos en horarios preestablecidos (Figura 3). Los residuos son tratados a través del compostaje en pilas aeróbicas y mediados por EM, para facilitar la higienización y mejorar la calidad final del producto.



Figura 3. Recolector municipal de residuos sólidos orgánicos

3.6. Parámetros evaluados

Tabla 10. Indicadores fisicoquímicos evaluados

Indicadores	Método de análisis
% de humedad	Gravimétrico
MO	Walkley y Black
pH	Electrométrico
N	Micro Kjeldahl
P	Olsen modificado
K	Acetato de amonio
Ca	

Mg	
CE	Electrométrico
CIC	Acetato de amonio
Microelementos	Espectro de Absorción Atómica

3.7. Análisis estadístico

El diseño utilizado es completamente aleatorizado DCA en donde los tratamientos lo constituyen los diferentes tipos de abonos orgánicos tipo compost identificados, con tamaño muestral $n= 20$ (4 muestras por compost identificado). Los datos se sometieron al análisis de varianza y la prueba post-hoc de Tukey con un nivel de confianza del 95% para la comparación de medias de indicadores físicos y químicos entre los compost evaluados. Para el procesamiento se utilizó el software de acceso libre IBM-SPSS 25, los datos se presentan en tablas, barras y líneas de tendencia.

3.8. Población y muestra

La población está constituida por todas las plantas públicas y privadas productoras y comercializadora de compost en la jurisdicción de la ciudad de Tingo María. La muestra lo constituyen 5 abonos orgánicos tipo compost elaboradas por las entidades productoras en el ámbito en estudio; el tipo de muestra no fue probabilístico ni aleatorio, porque, todas las plantas y entidades productoras de compost fueron tomadas como parte de la muestra.

3.9. Variables en estudio

a) Independiente

- Compost evaluados

b) Dependiente

- Indicadores físicos y químicos.
- Calidad del compost

IV. RESULTADOS

4.1. Indicadores fisicoquímicos

Se evaluaron los principales indicadores físicos y químicos (Cuadro 11), que son consideradas y exigidas por la norma técnica colombiana, la norma Oficial Chilena y la OMS. Además, son indicadores que definen la calidad de los abonos orgánicos tipo compost señaladas por diferentes autores.

Tabla 11. Estadística de indicadores fisicoquímicos en materia seca

Indicador	CAL	CML	CCD	CMF	CCF	Sig.
Humedad	34.8± 17 ^a	32.28 ± 19 ^a	33.55 ± 17 ^a	28.2 ± 17 ^a	27.28 ± 17.5 ^a	0.960
Ceniza	66.5 ± 11 ^a	63.17 ± 8.8 ^a	63.55 ± 11 ^a	67.4 ± 12 ^a	68.15 ± 12.8 ^a	0.950
pH	8.1 ± 1 ^a	8.13 ± 1.3 ^a	7.68 ± 1 ^a	8.33 ± 0.8 ^a	7.9 ± 1.3 ^a	0.930
MO (%)	33.5 ± 11 ^a	36.84 ± 8.8 ^a	36.45 ± 11 ^a	32.62 ± 12 ^a	29.35 ± 9.3 ^a	0.840
N (%)	1.65 ± 0.2 ^a	1.43 ± 0.2 ^a	1.44 ± 0.2 ^a	1.64 ± 0.1 ^a	2.48 ± 0.4 ^b	<0.001
P ₂ O ₅ (%)	1.58 ± 0.5 ^a	1.57 ± 0.4 ^a	1.35 ± 0.8 ^a	1.2 ± 0.3 ^a	1.76 ± 0.5 ^a	0.640
Ca (%)	1.18 ± 0.4 ^a	2.21 ± 0.8 ^a	1.98 ± 1.1 ^a	2.53 ± 0.7 ^a	2.67 ± 1 ^a	0.126
Mg (%)	1.13 ± 0.8 ^a	1.17 ± 0.4 ^a	1.49 ± 0.4 ^a	1.48 ± 0.5 ^a	1.36 ± 0.4 ^a	0.670
K (%)	4 ± 2 ^a	4.47 ± 2.9 ^a	4.45 ± 2.8 ^a	3.01 ± 0.9 ^a	3.55 ± 1.9 ^a	0.860
Na (%)	0.56 ± 0.5 ^a	0.65 ± 0.5 ^a	1.11 ± 0.5 ^a	0.93 ± 0.8 ^a	1.04 ± 0.5 ^a	0.611
Cu (ppm)	46.3 ± 33 ^a	38.5 ± 31.4 ^a	57.75 ± 46 ^a	41 ± 38 ^a	48.8 ± 37 ^a	0.954
Fe (ppm)	5218 ± 1071 ^a	4421 ± 2011 ^a	2992 ± 2162 ^a	4233 ± 2765 ^a	5138 ± 1206 ^a	0.515
Zn (ppm)	802 ± 464 ^a	727 ± 440 ^a	845 ± 311 ^a	621.5 ± 276 ^a	765 ± 385 ^a	0.935
Mn (ppm)	576 ± 329 ^a	474 ± 272 ^a	648 ± 286 ^a	399.5 ± 211 ^a	507 ± 323 ^a	0.779

CAL compost alborada, CML compost municipal, CCD compost CAC-Divisoria, CMF compost M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado, Sig. Significativo, letras diferentes en la columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

El cuadro 11, no muestra diferencias para los indicadores fisicoquímicos, excepto, el contenido de nitrógeno; el Cuadro 12, a través de la prueba de Duncan,

evidencia que el CCF presenta subgrupo diferente a los demás compost evaluados y con la media más alta.

Tabla 12. Prueba de Tukey para el nitrógeno total

Variable N			
Tukey ^{a,b} (p<0,05)			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
2	4	1.4275	
4	4	1.6375	
1	4	1.6525	
3	4	1.4350	
5	4		2.4750
Sig.		0.130	1.000

a, b subconjuntos homogéneos según Tukey para p<0.05

4.2. Calidad de los compost evaluados

4.2.1. Según la norma técnica colombiana (NTC)

El Cuadro 13, presenta los niveles medios de indicadores fisicoquímicos encontrados y la contrastación respectiva con la Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Se evidencia que el indicador % de cenizas en los diferentes tratamientos supera el nivel fijado por la NTC (máximo 60 %). Este indicador no tiene influencias directas sobre las funciones de las enmiendas orgánicas y no compromete la calidad del producto. Por lo que, según esta Norma, todos los compost son de buena calidad al poseer adecuados valores de pH, MO, N, P, K, Ca y Mg.

Tabla 13. Calidad del compost según NTC 5167/2011

Indica	NTC	Calidad según NTC									
		CA	Nive	CML	Nivel	CCD	Nivel	CMF	Nivel	CCF	Nivel
Humed	20-35 %	34.	*	32.28	*	33.55	*	28.19	*	27.28	*
Ceniza	Max. 60 %	66.	**	63.17	**	63.55	**	67.38	**	68.15	**
pH	4-9	8.1	*	8.13	*	7.68	*	8.33	*	7.9	*
MO	Min. 15 %	33.	*	36.84	*	36.45	*	32.62	*	29.35	*
N	> 1 %	1.6	*	1.43	*	1.44	*	1.64	*	2.48	*
P ₂ O ₅	> 1 %	1.5	*	1.57	*	1.35	*	1.2	*	1.76	*
Ca	> 1 %	1.1	*	2.21	*	1.98	*	2.53	*	2.67	*
Mg	> 1 %	1.1	*	1.17	*	1.49	*	1.48	*	1.36	*
K	> 1 %	4	*	4.47	*	4.45	*	3.01	*	3.55	*
Na	--	0.5	--	0.65	--	1.11	--	0.93	--	1.04	--
Cu	--	46.	--	38.5	--	57.75	--	41	--	48.75	--
Fe	--	521	--	4420.	--	2991.	--	4233	--	5137.	--
Zn	--	801	--	726.5	--	845	--	621.5	--	764.5	--
Mn	--	575	--	474.2	--	648	--	399.5	--	506.7	--
Calidad		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)	

*CAL compost alborada, CML compost municipal, CCD compost CAC-Divisoria, CMF compost M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado, -- valor no especificado, * valor dentro del límite de NTC, ** valor que excede la NTC*

El Cuadro 14, presenta los niveles medios de los indicadores fisicoquímicos y la contrastación respectiva con la Norma Oficial Chilena NOCh 2880, se pone en evidencia que el % la humedad, el pH, el MO y el Zn cumplen los niveles necesarios para un fertilizante de clase B, y los marcadores P, K, Ca, Mg Na y Cu se encuentran para un estiércol de clase A. No obstante, teniendo en cuenta que el% de humedad tiene relación directa con el peso y el pH y la MO son indicadores clave que caracterizan las capacidades y una progresión de los ciclos bioquímicos conectados a las reuniones utilitarias de la MO. Por tanto, los compost se clasifican en la clase B según la NOCh 2880, por que el % humedad, pH y MO definen significativamente la calidad del compost.

Tabla 14. Calidad según la Norma Oficial Chilena (NOCh 2880)

Indicador	NOCh		CAL	Clase	CML	Clase	CCD	Clase	CMF	Clase	CCF	Clase
	Clase A	Clase B										
Humedad	<25	25-40 %	34.78	B	32.28	B	33.55	B	28.19	B	27.3	B
Ceniza			66.49	--	63.17	--	63.55	--	67.38	--	68.2	--
pH	5-7.5	<5 y	8.1	B	8.13	B	7.68	B	8.33	B	7.9	B
MO	> 45 %	25-45 %	33.52	B	36.84	B	36.45	B	32.62	B	29.4	B
N	> 0.8%		1.65	A	1.43	A	1.44	A	1.64	A	2.48	A
P2O5	< 5 %		1.58	A	1.57	A	1.35	A	1.2	A	1.76	A
Ca	> 1%		1.18	A	2.21	A	1.98	A	2.53	A	2.67	A
Mg	> 1%		1.13	A	1.17	A	1.49	A	1.48	A	1.36	A
K	> 1%		4	A	4.47	A	4.45	A	3.01	A	3.55	A
Na	< 1%		0.56	A	0.65	A	1.11	B	0.93	A	1.04	B
Cu	Max		46	A	39	A	58	A	41	A	49	A
Fe	--		5218	--	4421	--	2992	--	4233	--	5138	--
Zn	Max		802	B	727	B	845	B	622	B	765	B
Mn	--		576	--	474	--	648	--	400	--	507	--
Calidad				Clase B		Clase B		Clase B		Clase B		Clase B

CAL compost alborada, CML compost municipal, CCD compost CAC-Divisoria, CMF compost M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado, -- valor no especificado, A y B compost de alta y calidad media.

El Cuadro 15, presenta las medias de diferentes indicadores, la contrastación con los estándares de la OMS coloca en todos los casos dentro del rango establecido y los clasifica como compost de buena calidad.

Tabla 15. Calidad del compost según OMS

Indica	OMS	Calidad según NTC									
		CA	Nive	CML	Nivel	CCD	Nivel	CMF	Nivel	CCF	Nivel
Humed	30% - 50%	34.	*	32.28	*	33.55	*	28.19	*	27.28	*
pH	6-9	8.1	*	8.13	*	7.68	*	8.33	*	7.9	*
MO	25-50 %	33.	*	36.84	*	36.45	*	32.62	*	29.35	*
N	0.4% - 3.5%	1.6	*	1.43	*	1.44	*	1.64	*	2.48	*
P ₂ O ₅	0.3% -	1.5	*	1.57	*	1.35	*	1.2	*	1.76	*
Ca	--	1.1	--	2.21	--	1.98	--	2.53	--	2.67	--
Mg	--	1.1	--	1.17	--	1.49	--	1.48	--	1.36	--
K	--	4	--	4.47	--	4.45	--	3.01	--	3.55	--
Na	--	0.5	--	0.65	--	1.11	--	0.93	--	1.04	--
Calidad del compost		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)	

CAL compost alborada, CML compost municipal, CCD compost CAC-Divisoria, CMF compost M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado, -- valor no especificado, * nivel dentro de los rangos de la OMS.

V. DISCUSIÓN

5.1. Indicadores fisicoquímicos

El Cuadro 11, muestran variaciones en el % de humedad entre 27.28 (CCF) y 34.8 % (CAL); este indicador es importante, un exceso de humedad afectaría el cálculo de los volúmenes aplicados al suelo; razón por el cual, la NOCh 2880 exige valores menores a 40 %, la NTC 5167 entre 20 a 35% y los estándares de la OMS máximo 50 %. Los resultados cumplen con este criterio y no se observa diferencias estadísticas significativas.

El pH (Cuadro 11) varía de 7.68 (CCD) a 8.33 (CMF); es un indicador importante y está influenciada por los residuos utilizados en el proceso de compostaje (FAO, 2013) y so valores típicos en el compost, así lo demuestran los resultados de FLORIDA y REATEGUI, (2019) en compost de plumas encontró variaciones de 7.79 a 8.32; HERNÁNDEZ *et al.* (2013) utilizando combinaciones de excrementos de vacas lecheras, fertilizante de pollo, aserrín y hojas de maíz, descubrió puntos medios entre 7.8 a 8.1 de pH; WIDMAN y col. (2005) rastrearon un pH medio de 7,35 en fertilizantes creados a partir de residuos fuertes metropolitanos; OLIVARES (2012) variedades de 6 a 7,42 en vermicompost y excremento de vacas lecheras. Además, se encuentran dentro de los alcances establecidos por el NTC (4-9), el NOCh (pH> 7,5) y la OMS (6-9). No se encontraron grandes contrastes entre el estiércol evaluado.

La MO va de 29,35 (CCF) a 36,84% (CML) y no presenta grandes contrastes medibles. Los resultados siguen los puntos de corte establecidos por el NTC (al menos 15%), el NOCh (25-45%) y la OMS (25 mitad). Asimismo, coincide con las consecuencias de OLIVARES (2012), quien descubrió medias del 25,7 al 32,01%;

WIDMAN y col. (2005) informan una normalidad del 38,46%; HERNÁNDEZ et al. (2013) de 18,79 a 30,68%; VASQUEZ y LOLI, (2018), en vermicompost y abono de 37,75 y 40,73 por separado; MENDOZA (2012) implica en algún lugar en el rango de 32 y 38% de MO en estiércol de depósitos vegetales. No obstante, son inferiores a los anunciados por RAFAEL (2015) de 39 a 59,8% y FLORIDA y REATEGUI (2019) de 39,6 a 51,14% de MO en fertilizante de plumas de pollos.

El N varía de 1.43 (CML) a 2.48 % (CCF), es el único indicador que presenta diferencias estadísticas significativas entre los compost evaluados, destacando el compost CCF quien alcanzó una media de 2.48 %, valor superior al resto. Los resultados son superiores a lo encontrado por MENDOZA (2012), implica algún lugar en el rango de 1.05 y 1.33% de N en el estiércol de las acumulaciones vegetales y SORIANO (2016) con implica entre 1.27 a 1.54% de N. En cualquier caso, son menores que los encontrados por RAFAEL (2015), métodos para 1,79 a 3,02% de N y de FLORIDA y REATEGUI (2019), implica de 2,4 a 4,8% de N.

El 2,48% de N en el CCF, es un alto incentivo para este estiércol empresarial, en contraste con el otro fertilizante, además, es el que introdujo el menor% de MO (29,35%), una posible modificación con alguna fuente de compuestos nitrogenados. se supone. En general, las cualidades encontradas se encuentran dentro de los alcances establecidos por la OMS (0,4 - 3,5%), el NOCh (> 0,8%) y el NTC (> 1%).

Se encontraron variedades de P (1,2 a 1,76%), Ca (1,18 a 2,67%), Mg (1,13 a 1,49%), K (4 a 4,47%) y Na (0,56 a 1,11%) y no se observaron contrastes críticos medibles para estos indicadores. Los resultados son similares a los revelados por varios creadores y están dentro de los alcances que necesitan las guías NTC, NOCh y OMS, que exigen valores normales > 1% para estos marcadores.

Los microelementos no presentan grandes contrastes, lo que implica que el cambio de 38.5 (CML) a 57.75 ppm de Cu (CCD), 2992 (CCD) a 5218 ppm de Fe (CAL), 621.5 (CMF) a 802 ppm de Zn (CAL) y 399,5 (CMF) a 648 ppm Mn CCD. Los resultados son como los detallados por RAFAEL (2015) en cada uno de los marcadores, por Fe y Cu son como los encontrados por FLORIDA y REATEGUI (2019) implica entre 3738 a 5290 ppm de Fe y 42 a 49 ppm de Fe. Cu, además de Zn y Mn son menores implica; asimismo HERNÁNDEZ (2013), muestra cualidades comparables en Cu (48 a 93 ppm), sin embargo menores en Zn, Mn y Fe. La principal Norma Técnica que requiere rangos para estos marcadores es NOCh, necesita en Cu (max 100) y Zn (max 200), para esta situación se cumplen los niveles de Cu, pero no Zn. En cualquier caso, las cualidades encontradas por los referidos a los creadores son satisfactorias implica que no lo pienses dos veces contrariamente sobre la naturaleza del fertilizante.

5.2. Calidad del compost según las normas

La investigación evaluó indicadores de calidad: humedad, cenizas, pH, MO, macronutrientes P_2O_5 , K, Ca, Mg y Na, y los microelementos Cu, Fe, Mn y Zn. Estos son indicadores que nos permiten determinar la calidad y madures de un compost y han sido utilizadas por los diferentes autores ya citados.

Los Cuadros 13 y 15, muestran que todos los indicadores cumplen con lo establecido por la NTC y la OMS, excepto el % de cenizas para la NTC; sin embargo, ningún autor citado considera que este indicador comprometa la calidad final del compost. La aplicación de las Normas Técnicas, la NTC 5167 y la OMS, clasifican de buena calidad a todos los compost. Sin embargo, la NOCh 2880 (Cuadro 14), muestran que el % de humedad, el pH, MO y los niveles de Zn corresponden a compost de clase B. El pH y la MO son indicadores sensibles que definen la reactividad y una serie de

procesos químicos que definen la calidad del compost y su eficiencia fertilizante (FLORIDA y REATEGUI, 2019; CABRERA y ROSSI, 2016; FAO, 2013), por lo tanto, la NOCh 2880 clasifica de calidad media (clase B) a todos los compost evaluados y que presentarían ciertas restricciones para su uso en la agricultura.

La calidad es importante por los efectos fitotóxicos que puede producir la aplicación de un compost de baja calidad, pueden generar efectos perjudiciales en el desarrollo de las plantas y de los cultivos (GARCÍA *et al.*, 2014), por ello, RAMOS y TERRY (2014) sugiere el uso de Normas Técnicas de calidad, establecidas por cada país, según el material compostado (RAFAEL, 2015). El Perú no tiene normas técnicas para definir la calidad del compost; por ello, se tomó como referencia la NOCh2880 (2004), la NTC 5167 (2011), los estándares de la OMS. Por tanto, los compost evaluados y que se comercializan en el distrito Rupa Rupa son de calidad media y la norma que mejor determina la calidad es la NOCh 2880.

VI. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los objetivos y resultados encontrados se concluye:

1. Se identificó a cinco entidades públicas y privadas que producen abonos orgánicos tipo compost y comercializan en el distrito. Además, los indicadores fisicoquímicos entre los compost evaluados no presentan diferencias estadísticas significativas, excepto los niveles de Nitrógeno.
2. Los valores medios de humedad, cenizas, pH, MO, los macronutrientes P_2O_5 , K, Ca, Mg y Na y los microelementos Cu, Fe, Mn y Zn en los diferentes compost evaluados se encuentran dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Colombiana, la Norma Oficial Chilena, los estándares de la Organización Mundial de la Salud.
3. Los resultados según la Norma Técnica Colombiana 5167 y los estándares de la Organización Mundial de la Salud corresponden a compost de buena calidad y para la Norma Oficial Chilena 2880 los clasifica a todos como compost de calidad media (clase B), según esta norma, presentan restricciones para su uso en la producción de cultivo.
4. La Norma Técnica de mayor rigurosidad y que permite una categorización efectiva de la calidad de los diferentes compost evaluados es la Norma Oficial Chilena 2880.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados recomendamos lo siguiente:

1. Utilizar la Norma Oficial Chilena- NOCh 2880 como referencia para determinar la calidad del compost.
2. Realizar una investigación que permita proponer una norma técnica peruana, para determinar la calidad de los diferentes compost que se producen en el país.
3. Desarrollar investigación para determinar la fitotoxicidad de los metales pesados que no se especifican en las diferentes normas de calidad (Fe y Mn).
4. Investigar el efecto económico y agronómico de un compost con exceso de humedad y de cenizas.

VIII. ABSTRACT

The most economically important crops in the jurisdiction of Tingo María and in general in the province are, cacao, coffee and banana, and the use of organic amendments in production is high, especially compost. Therefore, physicochemical indicators were evaluated, and the quality of the compost produced with different inputs and marketed in the city of Tingo María was determined. Methodologically it is a comparative descriptive non-experimental research with a completely randomized design (DCA), where the treatments are represented by: Alborada compost (CAL), M&F Organic compost (CMF), municipal waste compost (CML), CAC-Divisoria compost (CCD) and commercial formulated compost (CCF). Physical and chemical indicators were evaluated: % moisture and ash, pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn and Zn, and the quality was determined according to the Colombian Technical Standard (NTC 5167), the Official Chilean Standard (NOCh 2880) and the quality standards of the World Health Organization-WHO. The results do not show differences in the physicochemical indicators, except for N and according to the NTC and WHO the compost is of good quality and the NOCh classifies it as medium quality compost. In conclusion, the compost produced and sold in Tingo María is of medium quality and the most rigorous Technical Standard that best determines quality is NOCh 2880.

Keywords: Formulated compost, stable compost, standards, quality indicators, technical standards, municipal waste

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRERA, C. V., ROSSI, L. M. G. (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. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2251/Q70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DUANGJAI, A., SUPHROM, N., WUNGRATH, J., ONTAWONG, A., NUENGCHAMNONG, N., YOSBOONRUANG, A. (2016). Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts, *Integr, Med, Res*, 5: 324-331
- FIERRO, C. N., CONTRERAS, O. A., GONZÁLEZ, R. O., ROSAS, M. E., MORALES, R. V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.), *Agroproductividad*, 11(4): 9-13. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/261>
- FLORIDA, N., REATEGUI, F. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*). *Livestock Research for Rural Development*. 31(1), #11. <http://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html>
- FLORIDA, N., REÁTEGUI, F., POCOMUCHA, V. (2016). caracterización del compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*) y otros insumos. *Investigación y Amazonía* 2016; 6 (2): 1-5. <http://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/124/109> DINÁMICA POBLACIONAL DE LAS AVES GUANERAS EN LA CAMPAÑA DE
- GARCÍA, M., VALVERDE, M., LANNACONE, J. (2016). Dinámica poblacional de las aves guaneras en la campaña de recolección de guano de la isla Guañape Norte, Perú, 2007-2009 Y 2014. *The Biologist (Lima)*, 14(2): 307-326. Recuperado de <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/107>
- GARCÍA, C.D., LIMA, L.A., RUÍZ, G.L., CALDERÓN, P.P. (2014). Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de Fincas. Medio

Ambiente y Desarrollo. 14(26). Recuperado de <http://ama.redciencia.cu/articulos/26.03.pdf>

GUISADO, W.M. (2012). Efecto de diferentes abonos orgánicos e inorgánico en el establecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) en Tingo María. Tesis de pregrado. Facultad de Zootecnia Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco-Perú. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/817/TZT-592.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, M. (2020). Aspectos físico-químicos, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje. Evaluación de la calidad. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/92881/1/3%202%20Unidad%20tematica%204.pdf>

HERNÁNDEZ, R.O., HERNÁNDEZ, T.A., RIVERA, F.C., ARRAS, V.A., OJEDA, B.D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana* 31: 35-46. www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00035.pdf

HERNÁNDEZ, A. (2003). La composta, su elaboración y beneficio. Tesis pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila Mexico.

HOLDRIDGE, R.L. (2000). Ecología basada en zonas de vida. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José-Costa Rica, 216 pp.

Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI. (2017). Encuesta Nacional Agropecuaria, Superficie cosechada, según principales cultivos, comparativo 2016-2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/

MARTÍNEZ, J.D., VILLAMIZAR, R.A., ORTÍZ, O.O. (2015). Characterization and evaluation of cocoa (*theobroma cacao l.*) pod husk as a renewable energy source *Agrociencia*, 49(3): 329-345. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30238027008>

- MENDOZA, M. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI (2019a). Situación actual del café en el país, MINAGRI en línea. <http://minagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI (2019c). Comportamiento del mercado nacional e internacional de los commodities. Dirección General de Políticas Agrarias; Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Recuperado de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/e-economia/e71/commodities_consolidado_marzo2019.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. MINAGRI-DGPA-DEEIA Perú. Recuperado de <http://repositorio.minagri.gob.pe/handle/MINAGRI/478>
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. (2019b). Dirección General de Políticas Agrarias; Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Observatorio del Cacao. Boletín de publicación trimestral, enero 2019. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2019?download=14703:commodities-cacao-enero-2019>
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. (2019d). Guano de las islas. Dirección de operaciones sub dirección de insumos y abonos- AGRORURAL. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/SEPARATA-G12.pdf>
- MUÑOZ, L.E. (2014). Efecto de tres abonos verdes, sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo *Brassica oleracea L., Var. Snow White* (coliflor), en un suelo de baja fertilidad, Zungarococha, San Juan, Loreto. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos Perú. Recuperado de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3354/Leoncio_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- MUÑOZ, J.S. (2005). Compostaje en pescador, cauca: tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. Tesis pregrado. Ingeniería Ambiental Universidad Nacional de Colombia sede Palmira- Colombia. revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/download/11742/12290
- Norma Chilena Oficial - NCh 2880. OF (2004). Norma Chilena de Calidad de Compost. Instituto Nacional de Normalización INN – Chile. Recuperado de <https://edoc.pub/nch2880-norma-chilena-de-calidad-de-compost-pdf-free.html>
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5167 (2011). Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Segunda actualización 10p. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5167.pdf>.
- OLIVARES, C., HERNÁNDEZ, R.A., VENCES, C.C, JÁQUEZ, B., OJEDA, B.D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Trópico Húmedo*, 28(1): 27-37. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423170003>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- ORTIZ, V., ÁLVAREZ, L. R. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, municipio de Yaguará (Huila, Colombia). *bol.cient.mus.hist.nat.* 19 (1): 65-84. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v19n1/v19n1a05.pdf>
- PÉREZ, M.M., SÁNCHEZ, H.R., PALMA, L.D., SALGADO, G. (2011). Sergio Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México *Interciencia*, 36(1): 45-52. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917727007>

- PIERRE, F. R., QUIROZ, A. M., GRANDA, Y. (2009). Evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en Caspito municipio Andrés Eloy Blanco, estado Lara. Venezuela. *Bioagro*. 21(2). 105-110.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612009000200004&lng=es&tlng=es.
- PULGAR, V. J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis (Nova Série)* 3: 1-20. Disponible en: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>
- RAFAEL, A. (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 pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- RAMOS, A., TERRY, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, vol. 35(04): 52-59. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>
- RAMOS, A., TERRY, A.E., SOTO, C.F., CABRERA, R.J. (2014). abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales*, 35(02): 90-97. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193230070011>
- RENGIFO, A.M. (2011). Aislamiento e identificación de fungi y bacterias presentes en abono orgánico bocashi en el distrito de Daniel Alomía Robles - Tingo María. Tesis de pregrado. Facultad de Recursos Naturales Renovables Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco-Perú. Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1056/TS_RAMG_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- RODRÍGUEZ, M., VENEGAS J., ANGOA, P., MONTAÑEZ, J. (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 (21): 133-147. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262647814_Extraccion_secuencial_y

[caracterizacion fisicoquimica de acidos humicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo](#)

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2020). Descarga de datos Meteorológicos a nivel nacional. Recuperado de <https://senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- SORIANO, J. (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de “microorganismos eficaces”- concepción. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano%20Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SILVA, J.W., RODRÍGUEZ, W., ROSAS, G. (2014). Caracterización física y química de bokashi y lombricompost y su evaluación agronómica en plantas de maíz. Ingenierías Amazonia 7: 5–16. Recuperado de http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/336/pdf_26
- VÁZQUEZ, J., LOLI, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1) 43-52. <http://doi/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- WIDMAN, A., HERRERA, R., CABAÑAS, V.D. (2005). El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. Estudios preliminares. *Ingeniería*, 9(3): 31-38. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46790303>

X. ANEXOS

10.1. Análisis fisicoquímicos

Tabla 16. Datos generales de los indicadores fisicoquímicos

Compost	Hum	pH	MO	Ceniza	N	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn
CAL	54,39	8,42	30,43	69,57	1,59	1,22	1,26	1,47	2,02	,11	33	5933	557	486
	42,75	6,71	40,76	59,24	1,75	2,36	,61	,39	6,59	,85	79	5732	1346	984
	15,66	9,29	43,19	56,81	1,82	1,38	1,36	1,00	4,29	,24	7	5580	300	193
	26,33	7,98	19,68	80,32	1,45	1,34	1,50	1,66	3,10	1,06	66	3625	1003	639
CML	15,33	8,37	24,47	75,53	1,20	1,38	1,37	1,29	1,68	1,24	35	5809	553	373
	54,17	8,61	36,79	63,21	1,45	1,42	1,81	1,51	2,31	,12	26	5928	699	495
	42,69	6,30	41,57	58,43	1,50	2,22	3,05	1,22	7,08	,85	83	1604	1342	838
	16,91	9,22	44,51	55,49	1,56	1,24	2,61	,66	6,83	,39	10	4342	312	191
CCD	24,20	7,53	48,06	51,94	1,25	,49	2,06	1,93	3,28	1,84	52	1113	867	619
	14,82	8,40	22,99	77,01	1,54	,91	,85	1,12	1,02	1,11	26	1138	504	337
	51,15	8,41	34,52	65,48	1,60	1,63	1,64	1,64	7,06	,58	29	5075	756	605
	44,02	6,36	40,23	59,77	1,35	2,35	3,36	1,27	6,44	,91	124	4640	1254	1031
CMF	16,06	9,13	47,91	52,09	1,75	1,20	2,55	,90	4,07	,37	9	5383	255	168
	27,07	7,29	22,20	77,80	1,60	,86	3,53	2,00	3,43	1,85	95	103	926	672
	17,70	8,39	23,38	76,62	1,58	1,53	2,03	1,34	2,31	1,44	38	5964	642	326
	51,94	8,49	36,98	63,02	1,62	1,24	2,00	1,67	2,24	,08	22	5482	663	432
CCF	52,87	6,23	37,16	62,84	2,60	2,39	3,65	1,24	6,01	1,27	95	3366	1191	934
	15,63	9,36	37,18	52,82	2,90	1,33	2,51	,94	3,94	,29	9	5578	299	178
	24,27	7,72	18,94	81,06	2,10	1,93	3,05	1,85	2,64	1,29	59	6078	935	549
	16,33	8,30	24,12	75,88	2,30	1,39	1,46	1,41	1,63	1,32	32	5528	633	366

CAL compost alborada, CML compost de la municipalidad de Leoncio Prado, CCD compost Cooperativa Divisoria, CMF compost de M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado

10.2. Análisis de varianza

Cuadro 17. Análisis de varianza del indicador humedad

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Humedad					
Origen	Suma cuadrado	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	175,801 ^a	4	43,95	0,14	0,96
Intersección	19486,900	1	19486,90	63,60	0,00
Tratamiento	175,801	4	43,95	0,14	0,96
Error	4595,773	15	306,38		
Total	24258,474	20			
Total, corregido	4771,574	19			

a. $R^2 = 0,037$ (R^2 ajustada = -0,22)

Cuadro 18. Análisis de varianza del indicador ceniza

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: Ceniza en materia seca					
Origen	Suma cuadrado	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	81,950 ^a	4	20,487	0,16	0,95
Intersección	86452,045	1	86452,045	700,36	0,00
Tratamiento	81,950	4	20,487	0,16	0,95
Error	1851,592	15	123,439		
Total	88385,587	20			
Total, corregido	1933,542	19			

a. $R^2 = 0,042$ (R^2 ajustada = -0,21)

Cuadro 19. Análisis de varianza del indicador pH

Pruebas de efectos Inter sujetos					
Variable dependiente: pH					
Origen	Suma cuadrado	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	0,973 ^a	4	0,243	0,203	0,933
Intersección	1288,173	1	1288,173	1075,295	0,000
Tratamiento	0,973	4	0,243	0,203	0,933
Error	17,970	15	1,198		
Total	1307,115	20			
Total,	18,942	19			
a. $R^2 = 0,051$ (R^2 ajustada = -0,202)					

Cuadro 20. Análisis de varianza del indicador MO

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: MO					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	150,020 ^a	4	37,505	0,347	0,842
Intersección	22785,975	1	22785,975	210,982	0,000
Tratamiento	150,020	4	37,505	0,347	0,842
Error	1619,992	15	107,999		
Total	24555,987	20			
Total, corregido	1770,012	19			
a. $R^2 = 0,085$ (R^2 ajustada = -0,159)					

Cuadro 21. Análisis de varianza del indicador N

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: N					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	2,992 ^a	4	0,748	18,027	0,000
Intersección	59,547	1	59,547	1435,040	0,000
Tratamiento	2,992	4	0,748	18,027	0,000
Error	0,622	15	0,041		
Total	63,162	20			
Total, corregido	3,614	19			

a. $R^2 = 0,828$ (R^2 ajustada = 0,782)

Cuadro 22. Análisis de varianza del indicador P

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: P ₂ O ₅					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	0,754 ^a	4	0,188	0,64	0,643
Intersección	44,41	1	44,411	150,55	0,000
Tratamiento	0,75	4	0,188	0,64	0,643
Error	4,42	15	0,295		
Total	49,58	20			
Total, corregido	5,17	19			

a. $R^2 = 0,146$ (R^2 ajustada = -0,082)

Cuadro 23. Análisis de varianza del indicador Ca

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Ca					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	5,479 ^a	4	1,370	2,137	0,126
Intersección	89,308	1	89,308	139,311	0,000
Tratamiento	5,479	4	1,370	2,137	0,126
Error	9,616	15	0,641		
Total	104,403	20			
Total, corregido	15,095	19			

a. $R^2 = ,363$ (R^2 ajustada = ,193)

Cuadro 24. Análisis de varianza del indicador Mg

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Mg					
Origen	Suma cuadrados	gl	Media	F	Sig.
Modelo	0,455 ^a	4	0,114	0,601	0,668
Intersección	35,089	1	35,089	185,204	0,000
Tratamiento	0,455	4	0,114	0,601	0,668
Error	2,842	15	0,189		
Total	38,386	20			
Total, corregido	3,297	19			

a. $R^2 = ,138$ (R^2 ajustada = -,092)

Cuadro 25. Análisis de varianza del indicador K

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: K					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	6,205 ^a	4	1,551	0,317	0,862
Intersección	303,740	1	303,740	62,053	0,000
Tratamiento	6,205	4	1,551	0,317	0,862
Error	73,422	15	4,895		
Total	383,367	20			
Total, corregido	79,627	19			
a. $R^2 = ,078$ (R^2 ajustada = $-,168$)					

Cuadro 26. Análisis de varianza del indicador Na

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Na					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	0,936 ^a	4	0,234	0,689	0,611
Intersección	14,747	1	14,747	43,431	0,000
Tratamiento	0,936	4	0,234	0,689	0,611
Error	5,093	15	0,340		
Total	20,777	20			
Total, corregido	6,029	19			
a. $R^2 = 0,155$ (R^2 ajustada = $-0,070$)					

Cuadro 27. Análisis de varianza del indicador Cu

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Cu					
Origen	Suma cuadrados	gl	Media	F	Sig.
Modelo	903,700 ^a	4	225,925	0,163	0,954
Intersección	43152,050	1	43152,050	31,102	0,000
Tratamiento	903,700	4	225,925	0,163	0,954
Error	20811,250	15	1387,417		
Total	64867,000	20			
Total, corregido	21714,950	19			

a. $R^2 = 0,042$ (R^2 ajustada = -0,214)

Cuadro 28. Análisis de varianza del indicador Fe

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Fe					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	12897617,2 ^a	4	3224404,3	0,85	0,516
Intersección	387208800,1	1	387208800,1	102,06	0,000
Tratamiento	12897617,2	4	3224404,3	0,85	0,516
Error	56911229,75	15	3794081,98		
Total	457017647	20			
Total, corregido	69808846,95	19			

a. $R^2 = 0,185$ (R^2 ajustada = -0,033)

Cuadro 29. Análisis de varianza del indicador Zn

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Zn					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	115929,800 ^a	4	28982,450	,198	,936
Intersección	11305568,450	1	11305568,45	77,225	,000
Tratamiento	115929,800	4	28982,450	,198	,936
Error	2195980,750	15	146398,717		
Total	13617479,000	20			
Total, corregido	2311910,550	19			
a. $R^2 = 0,050$ ($R^2_{ajustada} = -0,203$)					

Cuadro 30. Análisis de varianza del indicador Mn

Pruebas de efectos inter sujetos					
Variable dependiente: Mn					
Origen	Suma cuadrados	Gl	Media	F	Sig.
Modelo	144999,7 ^a	4	36249,925	0,438	0,779
Intersección	5424652,8	1	5424652,8	65,564	0,000
Tratamiento	144999,7	4	36249,925	0,438	0,779
Error	1241069,5	15	82737,967		
Total	6810722,0	20			
Total, corregido	1386069,2	19			
a. $R^2 = 0,105$ ($R^2_{ajustada} = -0,134$)					

10.3. Panel fotográfico



Figura 4. Procesamiento del compost municipal



Figura 5. Almacenaje y comercialización del compost municipal



Figura 6. Área de tamizaje del compost Alborada



Figura 7. Compost Alborada



Figura 8. Compost M&F Orgánicos



Figura 9. Compost CAC-Divisória

10.4. Reporte de análisis de caracterización