

ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria RECOA

Caracterización de micro y macrominerales de residuos agropecuarios tratados con dos biofermentos

Characterization of macro- and microminerals from farming residues treated with two bioferments

Guder Elvira Pérez Mendoza¹ ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7519-5709>

Rizal Alcides Robles Huaynate² ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8013-2481>

Heráclides Hugo Saavedra Sarmiento³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0740-5823>

Iván González-Puetate⁴ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9930-0617>

Marco Antonio Rojas Paredes⁵ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3570-6885>

^{1, 2, 5.} Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.

^{3.} Universidad Nacional de Trujillo, Perú

^{4.} Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guayaquil, Ecuador

***Autor correspondiente:** marco.rojas@unas.edu.pe

Recibido: 21 marzo 2023

Aprobado: 22 mayo 2023

Publicado: 30 junio 2023

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Aprovechamiento de Residuos Pecuarios de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. El objetivo fue evaluar la calidad de Residuos agropecuarios con Biofermento de Montaña (T1) y Residuos agropecuarios con Biofermento de Bambusal (T2), mediante un diseño completo al azar (DCA) con dos tratamientos y 6 repeticiones evaluados al término del proceso del compost (37 días). Los tratamientos en estudio fueron; evaluando la calidad del abono con los parámetros de dinámica de temperatura, pH y las características químicas (macro y

microminerales) del abono obtenido. Las evaluaciones de macrominerales no presentaron diferencias en el contenido de Nitrógeno, aunque si ($p>0,05$) en Fósforo (P_2O_5) por el T1 con 0,39 %, en Potasio (K2O) por el T2 con 1,35 %, en Calcio (Ca) por el T1 con 0,71 % y en Sodio (Na) el T2 con 0,07 %. En las evaluaciones de microminerales se destacó el T2, por contener mayores cantidades de Cu, Mn y Zn, a comparación del T1. Se concluye que ambos biofermentos actúan de manera similar en la calidad del abono, debido a que contiene características propias.

Palabras clave: abono, bambusal, biofermento, calidad y suelo.



Es un artículo de acceso abierto con licencia Creative Commons de Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales y de revistas de OPEN JOURNAL SYSTEMS (OJS).



OJS / PKP

ABSTRACT

The present work was carried out at the Livestock Waste Utilization Unit of the Faculty of Animal Husbandry of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, Peru. The objective was to evaluate the quality of agricultural residues with Mountain Bioferment (T1) and agricultural residues with Bambusal Bioferment (T2), using a complete randomized design (CRD) with two treatments and 6 replicates evaluated at the end of the composting process (37 days). The treatments under study were evaluating the quality of the compost with the parameters of temperature dynamics, pH and chemical characteristics (macro and microminerals) of the compost obtained. The evaluations of macro minerals did not show differences in nitrogen content, although there were differences ($p>0,05$) in phosphorus (P₂O₅) for T1 with 0,39%, in potassium (K₂O) for T2 with 1,35%, in calcium (Ca) for T1 with 0,71% and in sodium (Na) for T2 with 0,07%. In the microminerals evaluations, T2 stood out for containing higher amounts of Cu, Mn and Zn, compared to T1. It is concluded that both bioferments act in a similar way in the quality of the compost, due to the fact that they contain their own characteristics.

Keywords: compost, bamboo, bioferment, quality and soil.

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, los residuos agropecuarios han ido en aumento debido a la producción intensiva de éstos, uno de los residuos con mayor impacto ambiental son las excretas de bovino, puesto que, al no ser procesados, emiten cantidades considerables de gases invernadero que influyen de manera importante al cambio climático y quedan reducidos a material orgánico de baja calidad mineral (Pérez, 2008).

En los últimos años, el uso de diferentes biofermentos de montaña ha estado en auge y su participación en mejorar la calidad de los residuos agropecuarios es muy usada (Restrepo, 2001), sin embargo, en una zona tropical, el suelo de montaña podría no ser la única fuente de microorganismos para la elaboración de biofermentos, colocando a suelos bambusales en la mira. Esta realidad nos permite formular el siguiente problema de investigación ¿Cuál es

el efecto de dos diferentes biofermentos en la calidad del compost de residuos agropecuarios? En la investigación se preparó dos biofermentos de zona tropical (montaña y bambusal) para evaluar su efecto en la calidad del compost elaborado a partir de heces de bovino.

Debido a que el bambú es un residuo orgánico fuerte y de larga duración, se ha observado que en suelos bambusales su descomposición es efectiva, por tal motivo se deduce que el biofermento de bambusal generará mayor calidad de abono orgánico.

La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de compost de residuos agropecuarios por efecto de dos biofermentos (montaña y bambusal) a través de la dinámica de temperatura y pH, sus características químicas (conductividad eléctrica, materia orgánica y cenizas) y cantidad de macro y microelementos del abono orgánico de residuos agropecuarios.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Aprovechamiento de Residuos Pecuarios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva que se encuentra ubicada en la región de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito Rupa Rupa, ciudad de Tingo María, Perú; geográficamente ubicada a 09°17'05" latitud sur, 76°01'07" latitud oeste, a una altitud de 660 m.s.n.m y ecológicamente considerada como bosques húmedo pre montano tropical (bh – PT); con una temperatura promedio anual de 24,8° C y una HR° media de 80%; con una precipitación pluvial de 3 660 (mm) (SENAMHI, 2017).

La Unidad de Aprovechamiento de Residuos Pecuarios tiene dimensiones de 20 m x 5 m y se caracteriza por el techo de cemento, el piso de cemento, la pared del material noble (1,5 m) y la cuadrícula galvanizada (2,5 m). El experimento tuvo una duración de 12 semanas, a partir de la primera semana de mayo a agosto del año 2022.

Los materiales usados de manera principal son aquellos indispensables que se encuentran en la Unidad de Aprovechamiento de Residuos Pecuarios, los cuales son; carretillas para el traslado de los insumos, palas y zapapicos para remover las excretas y abonos, mangueras y

cilindros plásticos para la preparación de la cepa fermentadora. Como equipos se utilizaron una balanza industrial de serie Z Missil F2-150K, con una capacidad de 150 kg y una sensibilidad de 20 g, para el control de la temperatura de los tratamientos se usaron termómetro de laboratorio, además se realizaron el uso de registros para el control de los tratamientos en evaluación.

Obtención de los componentes de estudio, en el presente proyecto los dos componentes de estudio son; Biofermento de montaña y de Bambusal.

El biofermento de montaña, fue extraído de mantillo de bosque virgen del BRUNAS (Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva), con una pala se delimitó un área de 4m² y se retiraron troncos grandes, se dejaron hojas parcialmente descompuestas y troncos pequeños, luego se extrajo la primera capa de tierra con una profundidad de 10cm. Para la obtención del biofermento de bambusal, fueron extraídos de la primera capa de tierra de un bambusal con mayor antigüedad de la variedad *Gigantochloa apus* del BRUNAS, se retiraron residuos grandes y se dejaron restos de bambusal parcialmente descompuesto que se encuentra dentro del área de 4m², se extrajo la primera capa de tierra con una profundidad de 10 cm.

El peso aproximado de ambas muestras fue de 40 kg las cuales se llevaron a la Unidad de Residuos Pecuarios para su posterior procesamiento.

Preparación de biofermentos, ambos biofermentos fueron preparados utilizando básicamente los mismos insumos y en las mismas: Biofermento de montaña (Mantillo de bosque 33 kg, Carbón 33 kg, Polvillo de arroz 33 kg y Melaza 1,6 litro), Biofermento de bambusal (Mantillo de bambusal 33 kg, Carbón 33 kg, Polvillo de arroz 33 kg y Melaza 1,6 litro) (López et al, 2015).

Se realizó una mezcla completamente uniforme, y luego se dividió en dos partes (50 kg por cilindro); este proceso se llama fase sólida, que incluye proporcionar condiciones suficientes para la reproducción de microorganismos

anaeróbicos y aeróbicos, por lo que la primera parte es de 50 kg al cilindro de plástico de capacidad es conveniente para comprimir y estrechamente cerca para desarrollar un ambiente anaeróbico que desarrollen microorganismos anaeróbicos. Bosque o Bambusal se han mantenido herméticamente durante 30 días, y la otra parte de la cubierta aún está al aire libre, lo que permite que se desarrollen microorganismos aeróbicos al mismo tiempo. Urriola et al, (2021).

Después de 30 días, se realizó la fase líquida. Se utilizaron dos cilindros de 100 L (mantillo de montaña y bambusal). Se utilizó 12 kg de fermentación de fase sólida anaeróbico, 2 kg. de cepa de fase aeróbica en una bolsa filtrante con una piedra dentro para que no se elevara. Luego se agregó el agua a 2/3 con 4 litros de melaza y luego se cubrió el tercio restante del agua hasta que alcance los 100 litros. Finalmente, se dejó cerrado herméticamente durante 15 días. Al culminar, se encuentra listo para su aplicación. (Ver figura 1).



Figura 1. Preparación del Biofermento de bambú.

Proceso de compostaje, los residuos agropecuarios utilizados, fueron estiércol de bovino y cascarilla de arroz. El estiércol vacuno fue recogido del establo de la granja de la Facultad de Zootecnia, se llevó en una carretilla hasta la unidad de residuos pecuarios, luego fue pesado con una balanza industrial, la cascarilla de arroz utilizado se recolectó de la piladora de arroz El Pescadito.

La pila de compost tuvo sólo dos componentes (excretas de vacuno y cascarilla de arroz). La proporción de los insumos fue de acuerdo con las concentraciones de sus proporciones de N y C, se inició con una relación 30:1.

De acuerdo con los análisis de laboratorio (método de calcinación y Kjendal) el estiércol de vacuno contiene una relación C/N de 51,44 y la cascarilla de arroz con unidades de 68,27, estos valores encontrados inicialmente nos sugieren balancear su relación C/N, por tal motivo utilizamos por ruma 80 kg de cascarilla de arroz y 150 kg de estiércol de vacuno, teniendo un total de 230 kg cada ruma de compostaje.

El proceso de compostaje tuvo una duración de 37 días, debido a que desde el primer día se realizaron las mediciones de temperatura y se realizaron volteos respectivos cada vez que la temperatura superó los 60 °C, al día 30 la temperatura no disminuía de los 40 °C, este valor nos indica que el proceso de compostaje no ha madurado, por tal motivo se esperó 7 días más hasta estabilizarse a temperatura ambiente. Los biofermentos fueron añadidos en forma de aspersión sólo el primer día a razón de 2 lt por ruma de 230 kg.

Análisis del abono resultante, al obtener el abono cernido, éste fue llevado de forma hermética y directa con material libre de contaminantes hasta el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía para obtener características químicas y contenido macro y micro mineral. Se registró los datos para las siguientes variables: Temperatura y pH con el uso de un termómetro digital Dial para tierra con temperatura máxima de 120 °C, se realizó la medición de la temperatura de cada repetición de forma diaria y constante, en tres puntos distintos y tres veces al día (8:00 am, 1:00pm y 6:00 pm) el termómetro fue introducido por la parte superior y laterales de la ruma.

Para poder determinar las características químicas, se evaluó en laboratorio la conductividad eléctrica, el cual se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución, se realiza según la ley de Ohm. La materia orgánica y ceniza se obtuvo a través del método de desecación e incineración de la muestra inicial. Para el análisis de macro y microminerales del compost se llevó a cabo al finalizar el compostaje (37 días) en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la selva (UNAS), mediante el procedimiento digestión vía seca.

Para determinar el Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn se usó el método de espectroscopía de absorción atómica (EAA) Varian Alemania, para determinar el fosforo se empleó el método Metavanadato y espectro UV visible – Thermo scientific USA. El azufre, se estableció con Turbidimetría del sulfato de bario y espectro UV visible – Thermo scientific USA.

Asimismo, el Nitrógeno se determinó con el método de Kjendhal. Se realizaron lecturas iniciales de cada componente del compost (cascarilla y heces de vacuno) al azar para mayor confiabilidad y al finalizar el compostaje (día 37), se realizaron una lectura por cada repetición. Se registraron las proporciones brindadas por el laboratorio y se verificó su normalidad, si no se cumple se procede a la transformación de datos.

Análisis estadístico, en el presente trabajo de investigación, para la determinación de las variables frecuencia de volteo, características químicas (macro - microelementos), grado de maduración (germinación) y productividad del abono orgánico de excretas de bovino. El diseño del completamente aleatorio (DCA) y el uso de dos canales biológicos diferentes y el uso de unidades experimentales de 230 kg y 6 repeticiones.

El modelo estadístico empleado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + A_i + E_{ij}$$

Dónde:

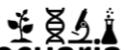
U = Media muestral

A_i = Efecto de los tratamientos en estudio (1, 2,

3 y 4) E_{ij} = Error experimental

Se realizó análisis de varianza para determinar la importancia entre tratamientos. Para comparar el promedio de los tratamientos, se usó el test de prueba DGC al 5 % de error. Para el procesamiento de datos, utilizó el programa estadístico de Infostat.

Asimismo, se utilizaron herramientas de la estadística descriptiva, como intervalos de confianza al 95%, tablas de frecuencias, histogramas y gráficos descriptivos que permitan describir el comportamiento de las variables respuestas.



3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Temperatura y pH, en la Tabla 1, se muestran los promedios de temperatura y pH que fueron evaluados de manera diaria y registrados cada seis días, se observa que en el día uno hay diferencias estadísticas ($p < 0,05$), las rumas de compostaje inician con temperaturas de 28,06 °C y 25,33 °C, para los abonos composteados con cepa fermentadora de montaña (T1) y bambú (T2) respectivamente, las temperaturas tomadas al primer día muestran que el T1 inició la actividad microbiana antes que el T2 al incrementarse la temperatura, a pesar de eso ambos se encuentran en etapa mesotérmica, según Uicab-Brito y Sandoval Castro (2003) la etapa mesotérmica inicia al tener temperaturas entre 20°C a 40°C y pueden iniciar desde las 24 h hasta las 72 h de iniciar las rumas. En nuestro trabajo de investigación el primer día ya se observan temperaturas mayores a 20 °C.

La etapa termogénica (40°C hasta 65°C) la pudo apreciar durante la primera semana y se mantiene hasta el día 27, ésta es la etapa donde se produce mayor acción de los Bacilos y actinomicetos termófilos Uicab-Brito y Sandoval Castro, (2003).

Al culminar la etapa termófila (< 40°C) regresa a una etapa mesotérmica y entra a un estado de maduración, esta etapa debe mantenerse hasta obtener la temperatura inicial el cual ocurre al día 37. Ekinci et al. (2004), mencionan que los microorganismos que se beneficiaron con la temperatura correcta fueron los mismos que descomponen la materia orgánica produciendo calor.

Este calor causa cambios en la temperatura de la pila dependiendo de otros factores para adaptarse al mejor intervalo, el tamaño de la pila, las condiciones ambientales y los tipos de sujeción de aire.

Tabla 1. Temperatura y pH promedio evaluado cada 6 días de los abonos orgánicos elaborados con diferentes biofermentos (media ± error estándar)

Tratamiento	Número de días						
	1	7	13	19	25	31	37
Temperatura (C°)							
T1	28,06 ± 0,45 ^a	47,48 ± 0,62	43,19 ± 0,79	42,33 ± 0,60	40,09 ± 0,33	33,34 ± 0,20	31,36 ± 0,21
T2	25,33 ± 0,52 ^b	47,05 ± 1,39	44,26 ± 0,35	41,45 ± 0,20	39,94 ± 0,15	33,07 ± 0,21	31,34 ± 0,40
p - valor	0,00260	0,78	0,24	0,19	0,69	0,38	0,95
CV	4,45	5,57	3,40	2,59	1,57	1,49	2,50
pH							
T1	5,67 ± 0,17	6,99 ± 0,05	7,22 ± 0,05	7,64 ± 0,04	7,53 ± 0,06	7,63 ± 0,05	8,58 ± 0,05
T2	5,67 ± 0,17	7,22 ± 0,09	7,17 ± 0,06	7,64 ± 0,05	7,57 ± 0,06	7,65 ± 0,02	8,53 ± 0,10
p - valor	0,9999	0,05	0,51	0,92	0,57	0,75	0,63
CV	7,20	2,59	1,95	1,44	1,85	1,29	2,29

ab: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas por el Test de Tukey 5%.

En la evaluación del pH, observamos que no hay diferencia en los datos registrados cada seis días ($p < 0,05$), pero podemos notar que comienza con un pH ácido (5,67) y con el tiempo, se eleva gradualmente, al día 37, el valor de pH de T1 fue de 8,58 y en T2 8,53. Según Urriola et al. (2021), debido al papel de los microorganismos, el pH tiene un impacto directo en el compost. Esta variable se utiliza para estudiar la evolución del compost, si las condiciones anaeróbicas innecesarias se crean en cualquier momento, el pH disminuye.

En la figura 2 observamos la dinámica de temperatura de forma diaria, los tratamientos al tener las mismas condiciones no mostraron diferencia en su dinámica, no obstante, podemos resaltar el ascenso rápido al segundo día de iniciado el compostaje, hasta obtener temperaturas promedio de 58°C y luego tener un descenso gradual térmico hasta el día 37 que se estabiliza, hasta llegar a una temperatura promedio de 31 °C.

Dinámica de temperatura

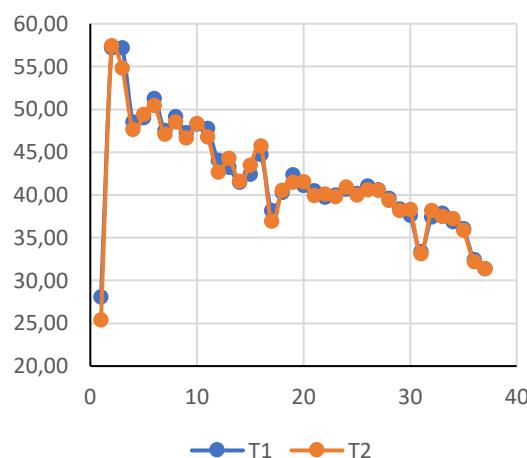


Figura 2. Dinámica de temperatura de los abonos orgánicos elaborados con cepa fermentadora de montaña (T1) y de bambú (T2)

En la dinámica de temperatura se puede distinguir las etapas térmicas adecuadas del proceso de compostaje Uicab-Brito y Sandoval Castro, (2003), la primera etapa mesotérmica I ($10^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$) que se manifestó el primer día, la segunda etapa termogénica ($40^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$) que inició el día dos y duro hasta el día 27 y la siguiente etapa mesotérmica II ($20^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$), inicia el día 28 hasta el día 37. Existe una última etapa de latencia que ocurre cuando el abono en compostaje ya no tiene actividad térmica (se mantiene a temperatura ambiente) y generalmente se aprecia desde su maduración y reserva para venta del abono.

En la figura 3 se muestra la dinámica del pH de las rumas de compostaje con cepas fermentadoras de montaña y bambusal, iniciando con 5,5 y conforme aumentó la temperatura (a partir del día 2) el pH también ascendió y se mantuvo constante hasta el día 25, luego de manera gradual fue subiendo conforme va madurando el abono (25 al 37), al culminar el proceso, llegando al último día de evaluación y con la temperatura estable, el pH llega a mantenerse en rangos superiores a 8.

Dinámica de pH

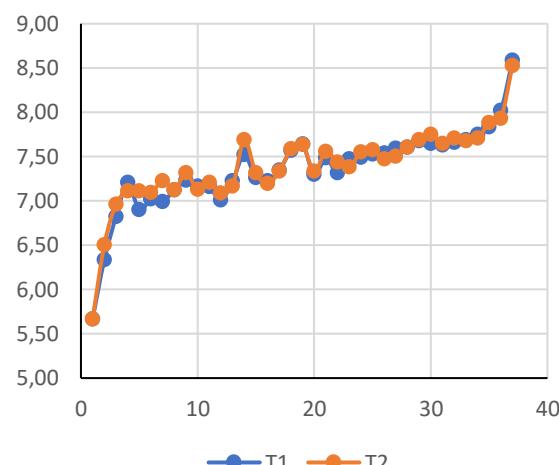


Figura 3. Dinámica de pH de los abonos orgánicos elaborados con cepa fermentadora de montaña (T1) y de bambú (T2)

Durante todo el proceso de compostaje, se observa leves disminuciones del pH y un ascenso progresivo, concordando con Sánchez *et al.* (2001) este ascenso sucede al coincidir con la fase termogénica del compostaje, donde se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas.

Parámetros químicos, en la Tabla 3 podemos observar diferentes parámetros evaluados al obtener el abono orgánico composteado de heces de vacuno, tanto en base húmeda y en base seca. En los parámetros de base húmeda no se observan diferencias estadísticas a excepción del indicador de Conductividad Eléctrica (CE) y en los parámetros en base seca se observan diferencias estadísticas tanto en Materia orgánica y Cenizas.

Tabla 3. Características generales de los abonos orgánicos composteados con diferentes cepas fermentadoras (media ± error estándar)

Tratamiento	Base húmeda			Base seca		
	pH	CE (dS/m)	Humedad (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Materia orgánica (%)
T1	9,54 ± 0,12	0,56 7 ± 0,82 a	43,08 ± 3,16	46,04 ± 2,48	10,88 ± 0,73	80,93 ± 0,41b 19,07 ± 0,41a
T2	9,45 ± 0,15	0,52 3 ± 0,35 ^b	39,67 ± 1,57	49,86 ± 1,31	10,48 ± 0,37	82,64 ± 0,41 ^a 17,36 ± 0,41 ^b
p - valor	0,6486	0,00 07	0,3556	0,204	0,6318	0,0155 0,0155
CV	3,49	2,86	14,77	10,14	13,24	1,24 5,56

ab: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas por el Test de Tukey 5%. CE: Conductividad Eléctrica. CV: Coeficiente de variación.

En las características en base húmeda, se observan que ambos abonos poseen un pH alcalino, Florida Rofner y Reátegui Díaz et al (2019) nos mencionan que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo tanto, el pH ideal en abonos orgánicos maduros debe ser superior de 7,5 debido a la relación pH aireación-microorganismos existentes en el proceso, por lo que, si el pH se mantiene por encima de este valor, es síntoma de una buena descomposición.

En cuanto a la conductividad eléctrica podemos observar diferencias estadísticas, con mayor valor para el T1 con 0,567 dS/m, seguido de 0,523 dS/m para el T2, estos valores son menores a lo reportado por Iliquín (2014), quien reportó valores de 5,02 dS/m en su proceso de compostaje de residuos de camal, Castillo (2015), que obtuvo valores de 5,4 dS/m hasta 11,0 dS/m, en su investigación de compostaje de residuos orgánicos urbanos con EM (microorganismos eficientes) comercial.

Bueno et al (2020) opinan que la concentración de sales solubles en la solución inferior se midió por CE. La CE es la medición de la capacidad de corriente impulsada por el material. Cuando la corriente pasa a través de su movimiento actual, mayor será el valor. Esto significa que cuanto mayor es la CE, mayor es la concentración de sal. Se recomienda que la CE del sustrato sea más bajo. Si es posible, inferior a 1DS M⁻¹. El bajo CE promueve la gestión de la fertilización y evita problemas debido a la toxicidad de los cultivos.

En los datos de base seca, se resaltan los valores de materia orgánica y cenizas (material mineral), donde se observan diferencias estadísticas con valores de 80,93 % para el T1 y 82,64% para el T2 en materia orgánica y 19,07 % para el T1 y 17,36 % para el T2 con respecto a Cenizas (contenido mineral), los valores obtenidos de materia orgánica son superiores a lo reportado por Huaraca (2020), quien obtuvo valores de 73,20% y 71,69% de materia orgánica para sus protocolos 1 y 2 en el compostaje de heces de vacuno con pollaza, cabe resaltar que al comparar la materia orgánica con las cenizas, el T1 presenta menor cantidad de materia orgánica pero mayor porcentaje de cenizas y el T2 presenta mayor contenido de materia orgánica con menor porcentaje de cenizas.

Según FAO (1991), el rango de materia orgánica en su valor es de entre 25 % y 80 %. Además del compost final, la cantidad inicial causada por la descomposición se basa en su conversión en minerales. Paul & Clark (1996), propone rangos aceptables de minerales aceptables (10 % y 20 %). Según estos datos, los dos tratamientos son diferentes. Ambos están dentro del rango aceptable de fertilizantes de calidad orgánica. El contenido de la materia orgánica y los minerales es suficiente.

Macrominerales, en la Tabla 4, se detalla los valores de macrominerales de los abonos obtenidos con dos tipos de biofermentos los cuales fueron evaluadas en base seca, se reportan las concentraciones de macrominerales del abono composteado con diferentes biofermentos, resaltan diferencias estadísticas ($p<0,05$) en valores de P₂O₅ (Fósforo), K₂O (Potasio) y Ca (Calcio).

Tabla 4. Macrominerales de los abonos orgánicos composteados con diferentes biofermentos (media ± error estándar)

Tratamientos	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
Cascarilla A.	0,62	0,044	0,033	0,054	0,02	0,003
Excretas V.	0,79	1,421	0,500	0,730	0,064	0,088
T1	1,29 ± 0,11	0,39 ± 0,01 ^a	1,21 ± 0,03 ^b	0,71 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,001	0,06 ± 0,001 ^b
T2	1,10 ± 0,05	0,28 ± 0,01 ^b	1,35 ± 0,01 ^a	0,55 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,002	0,07 ± 0,002 ^a
p - valor	0,16 ₉	<0,00 ₀₁	0,002 ₆	<0,00 ₀₁	0,097 ₉	0,000 ₅
CV (%)	17,9 ₅	7	4,8	4,31	6,02	5,83

ab: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas por el Test de Tukey 5%.

Los valores de nitrógeno no muestran diferencia estadística ($p>0,05$), en el proceso de compostaje utilizado, nuestra principal fuente de nitrógeno fueron las heces de vacuno, que generalmente tiene valores alto, tal como lo obtuvo Huaraca (2020) con 1.88% de nitrógeno en heces, hasta valores de 2,07 % reportado por Sevillanos (2021), sin embargo, al iniciar el trabajo de investigación podemos observar valores iniciales de nitrógeno en las heces de vacuno con 0,79% y se puede observar que a pesar de tener valores relativamente bajos, se han podido obtener valores aceptables de Nitrógeno de 1,29% para el T1 y 1,10 % para el T2, éstos valores se encuentran dentro de los rangos esperados para un compost y bokashi de calidad, donde se reportan valores ideales de 0,9% hasta 1.5% de nitrógeno, Soto y Meléndez (2004), señalan que estos valores serán diferentes según la gestión de las materias primas, de acuerdo con la gestión del compost, la mezcla de materiales y los tipos de procesos. En los niveles de fósforo (P₂O₅) encontramos diferencias estadísticas ($p<0.05$) donde el T1 contiene mayor concentración de fosforo con 0,39 %, en comparación del T2 que tiene 0,28%, estos datos son similares a lo reportado por Huamán (2018), quien presenta 0,35 % de fósforo en la elaboración de compost de heces de vacuno con coronta, pero son menores a lo reportado por Huaraca (2020) con 1,89 % de P₂O₅ en compost heces de vacuno con pollaza y Sevillanos Piña (2021) con 2,07 % de P₂O₅ en compost de heces de vacuno y estiércol de

pollo, este hecho es explicado por Bueno *et al.* (2020) quienes señalaron que la cantidad nutricional de compostaje puede cambiar de acuerdo con las materias primas y la actividad microbiana, porque el fósforo juega un papel básico en los compuestos celulares ricos en energía en células.

Los niveles de K₂O presentes en el abono, manifiestan diferencias estadísticas ($p<0,05$) con valores altos de 1,35 % de K₂O para el T2 y menor de 1,21 % de K₂O para el T1, estos valores son superiores a lo reportado por Huamán (2018) que manifiesta valores de 0,56 % de K₂O en el compost de heces de vacuno con pollaza y menores a lo reportado por Sevillanos Piña (2021) que presenta 3,17 % de K₂O utilizando microorganismos de bosque natural y Huamán (2018) que presenta 6,86 % de K₂O, estas diferencias se muestran debido al origen de la materia prima utilizada. Vandevivere (1995) manifiesta que los microorganismos influyen en la descomposición sobre el nivel de potasio aprovechable en residuos vegetales y al no tener grandes cantidades al inicio del abono (0,5 % K₂O en Heces), éste pudo haberse manifestado por los restos vegetales de pasto Camerún presentes en las heces de bovino.

Dentro de los niveles de Ca, Na y Mg, podemos resaltar que existen diferencias estadísticas en valores de Ca y Na, donde se obtiene valores de 0,71 % de Ca para el T1 y 0,55% de Ca para el T2, además de tener valores diferenciados en Na con 0,06 % para el T1 y 0,07% para el T2, nuestros valores son mayores a lo reportado por Huamán (2018), que muestra 0,28% de Ca y similar en Na que obtuvo 0,06 % para compost de heces con pollaza, los valores registrados en la presente investigación son inferiores a lo reportado por Sevillanos (2021) y Huaraca (2020) que obtienen valores desde 0,8 % hasta 2,40 % de Ca y 0,5 % hasta 0,73% de Na, éstos datos altos corresponden a la adición mineral por el uso de materias primas que lo incrementan como la ceniza, que fue utilizado en la elaboración del compost en ambos autores.

Microminerales, en la Tabla 5 podemos observar los niveles de microminerales encontrados tanto en la materia prima utilizada y en el abono obtenido al final del proceso de compostaje, dentro de todos los microminerales

se observa que todos los valores tienen diferencia estadística ($p<0,05$) resaltando valores más altos de Cu, Mn y Zinc por el T2 a comparación del T1 y con excepción de Fe, cuyo valor es mayor en el T1.

Tabla 5. Microminerales de los abonos orgánicos composteados con diferentes cepas fermentadoras (media ± error estándar)

Tratamiento	Microminerales			
	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn (ppm)
Cascarilla A.	259,463	1,815	68,336	8,542
Heces V.	1346,81	27,837	309,154	73,608
T1	537,50 ± 15,25 ^a	7,31 ± 0,31 ^b	250,11 ± 7,03 ^b	39,57 ± 0,44 ^b
T2	432,72 ± 40,60 ^b	9,63 ± 0,11 ^a	303,74 ± 5,88 ^a	51,03 ± 1,48 ^a
p - valor	0,0363	<0,0001	0,0002	<0,0001
CV	15,49	6,78	5,73	5,91

ab: Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas por el Test de Tukey 5%.

En niveles de Fe podemos observar que el T1 tiene 537,50 ppm, mayor cantidad que el T2 con 432,72 ppm, estos valores son superiores a lo reportado por Huamán (2018) que reporta 250,2 ppm de Fe usando solo dos componentes en compostaje (heces y pollaza) al igual que el presente estudio, al mismo tiempo son datos inferiores a lo reportado con Huaraca (2020) y Sevillanos (2021) que reportan valores superiores debido a que dentro de su materia prima de compostaje agregaron fuente mineral (ceniza) que aumentaron estos valores.

A pesar de utilizar solo dos materias primas en este proceso de compostaje, los niveles de microminerales han sido influenciados por la fuente de microorganismos utilizando diferentes biofermentos, resaltando que el T2 (biofermento de bambú) ha obtenido mayor cantidad de Cu con 9,63 ppm, Mn con 303,74 ppm y Zn con 51,03 ppm a comparación del T1 que obtuvo cantidades menores, Zuñiga et al (2016), menciona, la medición biológica microbiana se realiza para determinar los nutrientes disponibles en los fertilizantes orgánicos, lo que indica que la parte de

mineralización de los fertilizantes orgánicos controla la riqueza microbiana, la cantidad total y sus formas de aplicación por múltiples factores y sus formularios de aplicación.

CONCLUSIONES

El biofermento de bambú (T2) contiene características propias que no superan la calidad del abono, resultando similar al utilizar biofermento de montaña (T1).

La calidad del compost de excretas usando diferentes biofermentos, no se ve afectada en los valores de parámetros químicos y macrominerales, sin embargo, se puede resaltar mayor contenido de microminerales tales como Cu, Mn y Zn en el compost de excretas de vacuno utilizando biofermento de bambú (T2).

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Guder Elvira Pérez Mendoza y Rizal Alcidez Robles Huaynate desarrollo del trabajo de Titulación, Heráclides Hugo Saavedra Sarmiento, González Puetate Iván y Marco Antonio Rojas Paredes en la creación y redacción del artículo científico.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

- Bueno P., Díaz B. y Cabrera F., (2020). Factores que afectan el proceso de compostaje. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales. Campus El Carmen. 21071. Huelva. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), CSIC. Reina Mercedes, 10, 41012 Sevilla
- Castillo Tarqui J.O. (2015). Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, bokashi y lumbrifert) elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de el alto. Tesis de pregrado. Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia

- https://repositorio.umsa.bo/handle/1234
56789/6835
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ekinci, K., Keener, H.M., Elwell, D.L. (2004). Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. Trans. ASAE, 47 (5): 1697-1708.
- FAO. (1991). Manejo del suelo. Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Roma. 312 p.
- Florida Rofner N. & Reátegui Diaz F. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*) y otros insumos. Livestock Research for Rural Development 31 (1) 2019. <http://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html>
- Huamán, D. (2018). Caracterización nutricional de abonos orgánicos composteados con residuos agropecuarios. [Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1470/VHD_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huaraca Bazán, NB. (2020). Diferentes protocolos de obtención y activación de microorganismos eficientes de montaña sobre las características fisicoquímicas de abonos orgánicos. [Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1830/TS_HBKB_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Iliquín RE. (2014). Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y EM-compost. [Tesis Ing. Agroindustrial, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2082/TS_SPMC_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López González JM, Vargas-García MC, López MJ, Suárez-Estrella F, Jurado MM, Moreno J (2015). Biodiversity and succession of mycobiota associated to agricultural lignocellulosic waste-based composting. Bioresource Technology. Volumen 187, Páginas: 305-313. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.124>
- Paul E., Clark F. (1996). Soil Microbiology and Biochemistry. 2º ed. Academic Press, California. 340 p.
- Pérez Espejo R., 2008. El lado oscuro de la ganadería. Problemas del desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía, Vol. 39, núm. 154, julio-septiembre / 2008. México. 11 pág.
- Restrepo J., 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares, experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José – Costa Rica. 144 pág.
- Sánchez-Monedero M. A., Roig A., Paredes C. Bernal M. P. (2001). Transformación de nitrógeno durante compostaje de residuos orgánicos por el sistema de Rutgers y sus efectos sobre el pH, EC y madurez de la mezclas de compostaje. Biores. Technol., 78 (3): 301-308.
- SENAMHI, 2017. Reporte técnico: Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations. Precipitación v1.0. <ftp://ftp.senamhi.gob.pe/>.
- Sevillanos Piña, MC. (2021). Características fisicoquímicas de abonos composteados con tres fuentes de microorganismos eficientes obtenidos de bosque natural, rúmen y comercial Em®. [Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2082/TS_SPMC_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soto, G & Meléndez G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Hoja técnica. Manejo Integrado de Plagas y

Agroecología (Costa Rica) No. 72; 91-97.

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/318/A1909E.pdf?sequence=1>

Uicab-Brito, LA., & Sandoval Castro, CA (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de compost. Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales, 2 (2), 45-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912118001>

Urriola, L., Montes Castillo, K., & Díaz Vergara, M. (2021). Evaluación de la fitotoxicidad de abonos orgánicos comerciales usando semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y pepino (*Cucumis sativus*). Revista Semilla Del Este, 1(2), 1–11. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semla_este/article/view/2118

Vandevivere P., Ramírez C. (1995). Microorganismos y nutrientes en abonos orgánicos: Bioensayo microbiano para determinar los nutrientes disponibles en abonos orgánicos. Boletín Técnico de la Estación Experimental Fabio Baudrit M. 28(2):90-96.

Zuñiga W., Melesio J., Cortés V. y Raya L. (2016). Evaluación de un biofermento elaborado a partir de extractos naturales en cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea itálica*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. Septiembre 2016 Vol.3 No.8 53-56 https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol3num8/Revista_Ciencias_Naturales_V3_N8_8.pdf