

PRECOMPOSTAJE DE COMPUESTOS ORGÁNICOS PARA PRODUCIR HUMUS CON LA LOMBRIZ AFRICANA *EUDRILUS EUGENIAE*

PRECOMPOSTING ORGANIC COMPOUNDS TO PRODUCE HUMUS WITH THE AFRICAN WORM *EUDRILUS EUGENIAE*

SALAZAR MERCADO, H., BARBA AGUILAR, R.

RESUMEN

La evaluación del precompostaje de la mezcla de estiércol de bovino, con diferentes proporciones de pasto picado *Brachiaria decumbens*, como sustrato para alimentar a la lombriz africana, *Eudrilus eugeniae*, y reducir el tiempo de vermicompostaje obteniendo un producto con elevado contenido de macronutrientes. Se estudiaron 4 sustratos precompostados preparados en porcentaje con estiércol de bovino y pasto picado a: 50 - 50; 65 - 35; 80 - 20 y 100 - 0, estas mismas proporciones se repitieron en los otros 4 tratamientos sin precompostar. El precompostaje se realizó durante 30 días, se monitoreó la temperatura y pH, transcurrido ese tiempo, las mezclas orgánicas fueron vermicompostadas en lechos de madera con un volumen de 0,036 m³ e inoculadas con 100 lombrices africanas, *Eudrilus eugeniae*. Se tomaron datos de temperatura, pH y al finalizar el proceso se determinaron los contenidos de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio. En el precompostaje, las temperaturas de los sustratos variaron entre 27 a 37°C y se redujo el peso inicial de las mezclas de 4 a 3,92 kg aproximadamente. El vermicompostaje que demandó 25 días, las temperaturas y pH en los sustratos precompostados fueron inferiores a los registradas en los tratamientos sin precompostar. El tratamiento precompostado la producción de humus varía entre 91,28 y 86,67 %, el contenido de materia orgánica 27,75 y 25,40%, nitrógeno total 1,97 y 1,55 % y potasio 1,62 y 1,25 %. La mayor relación beneficio/costo en los tratamientos precompostados fue mayor que en los tratamientos sin precompostar confirmando el beneficio de esta práctica, al reducir el tiempo de los dos procesos a 55 días y obtener humus con elevado contenido de materia orgánica, nitrógeno total y potasio.

ABSTRACT

The evaluation of the precomposting of bovine manure mixture, with different proportions of *Brachiaria Decumbens* chopped grass, as a substrate to feed the African earthworm, *Eudrilus Eugeniae*, and reduce vermicomposting time, obtaining a product with a high macronutrient content. 4 precomposted substrates prepared in percentage with bovine manure and chopped grass were studied at: 50 - 50; 65-35; 80 - 20 and 100 - 0, these same proportions were repeated in the other 4 treatments without precomposting. The pre-composting was carried out for 30 days, the temperature and pH were monitored, after that time, the organic mixtures were vermicomposted in wooden beds with a volume of 0.036 m³ and inoculated with 100 African earthworms, *Eudrilus Eugeniae*. Temperature, pH data were taken and at the end of the process the organic matter, total nitrogen, phosphorus and potassium contents were determined. In the precomposting, the temperatures of the substrates varied between 27 to 37 °C and the initial weight of the mixtures was reduced from 4 to 3.92 kg approximately. The vermicomposting that demanded 25 days, the temperatures and pH in the precomposted substrates were lower than those registered in the treatments without precomposting. The precomposted treatment humus production varies between 91.28 and 86.67%, the content of organic matter 27.75 and 25.40%, total nitrogen 1.97 and 1.55% and potassium 1.62 and 1, 25%. The highest benefit/cost ratio in the precomposted treatments was higher than in the treatments without precomposting, confirming the benefit of this practice, by reducing the time of the two processes to 55 days and obtaining humus with a high content of organic matter, total nitrogen and potassium.

PALABRAS CLAVE

Lombricompostaje,
Vermicompostaje,
Lombriz africana *Eudrilus eugenie*,
Estiércol Bovino.

KEYWORDS

Vermicomposting,
African Worm *Eudrilus eugenie*,
Bovine Manurer.

INTRODUCCIÓN

Las actividades del sector agropecuario generan grandes cantidades de residuos orgánicos, como las excretas de animales y los residuos agrícolas, que en algunos casos son reaprovechados y, en su mayoría, son quemados o apilados a la intemperie sin ningún tratamiento previo. Todo esto genera un impacto negativo al medio ambiente (Oei, 2003 citado por López et al., 2013), porque se constituye en un importante reservorio de contaminantes de mantos freáticos y del suelo al ocasionar un aumento en la concentración de nitratos ($N-NO_3$). Esta realidad implica un enorme daño al ambiente.

Desde otra perspectiva, es una potencial industria novedosa y de gran aplicación, si se considera que los residuos orgánicos y especialmente los estiércoles contienen elevada concentración de nutrientes ingeridos por el animal en los alimentos, los cuales pueden representar una fuente potencial de nutrientes disponibles para las plantas cuando son reciclados mediante diferentes formas de compostaje (Mondini et al, 2003 citado por Olivares et al., 2008).

Una de estas formas es el vermicompostaje que es una tecnología que utiliza lombrices domesticadas para transformar todo tipo de material orgánico en humus (Herrán et al., 2010 citado por López et al., 2013). En el proceso de producción de vermicompost intervienen factores como el tipo y cantidad de composta, la especie y la cantidad de lombrices, las condiciones de las instalaciones utilizadas (Mirabelli, 2008 citado Giunta et al., 2019).

Varios trabajos han surgido encaminados a estudiar el efecto de diferentes tipos y combinaciones de residuos orgánicos, destinados al desarrollo de la lombriz y en la producción de vermicompost. Entre estos residuos se encuentran los desechos de animales vacunos, porcinos, equinos y gallinaza (Giunta et al., 2019), así como los residuos agroforestales como la broza de café, residuos de banano, restos de follaje ornamentales, aserrín y residuos de pastos (Duran & Henríquez, 2009).

En las variadas referencias bibliográficas (Herrán et al., 2010 citado por López et al., 2013; Giunta et al., 2019) se observa que cuando se usa estiércol de bovino es necesario proporcionar un tiempo adecuado para promover su estabilización, permitiendo la liberación de sustancias tóxicas y microorganismo patógenos que pueden incidir de forma directa sobre la lombriz, y por ende, en la calidad del producto final.

La lombriz más conocida y usada en el vermicompostaje es la *Eisenia foetida*, llamada lombriz roja o californiana. También existen otras especies que son utilizadas con fines comerciales como la *Eisenia andrei*, *Eudrilus eugeniae* y *Helodrilus caliginosus* (Bollo 1999 citado por Durán & Henríquez, 2009).

En nuestro medio es escasa la información referente al uso de la lombriz roja africana en la transformación del estiércol de bovino en humus a pesar de tener una alta tasa de crecimiento y prolificidad (Reinecke, 1989), con un ciclo de vida de 50 a 70 días, vida útil de 1 a 3 años, y ser capaz de descomponer rápidamente grandes cantidades de residuos orgánicos (Edwards, 1996).

Por las características detalladas, se realizó un estudio sobre el precompostaje de los estiércoles en combinación con pasto *Brachiaria decumbens*, que luego se ofreció como alimento a la lombriz africana con objeto de obtener una mayor producción de humus en el vermicompostaje.

Para Laines & Sosa (2013), la gestión adecuada del estiércol de bovino ayuda a disminuir el impacto que genera. Una alternativa para la disminución es su transformación en humus, mediante la técnica de vermicompostaje, también llamado lombricompostaje (Moreno, 2003 citado por Hernández et al., 2009), que realizan las lombrices de tierra absorbiendo una pequeña parte del sustrato que encuentran para alimentarse (Avilés, 2018).

Para mejorar la calidad del material orgánico que les servirá de alimento, es necesario realizar un precompostaje, descomposición previa del estiércol de bovino, debido a que las

lombrices no sobreviven en medios extremadamente ácidos o alcalinos o demasiado calientes (Enríquez & Soto, 2017).

Velecela (2019) demostró que la propuesta de pretratamiento por 6 semanas del vermicompostaje es viable y rentable al obtener humus en 40 días, tiempo menor al convencional de 90 días, que refleja la satisfacción de madurez de los residuos biológicos agropecuarios, tornándose en una nueva propuesta de gestión ambiental para reducir el estiércol de bovino.

En la literatura existen varios reportes de los efectos positivos de las diferentes variantes en los sustratos en el proceso de producción de humus de lombriz. Méndez (2015) registró una mayor velocidad de descomposición del estiércol de bovino cuando agregó raquis de banano, debido a su estructura suave y al elevado contenido de agua. Por su parte, Terán (2017) combinó distintas proporciones de estiércol de bovino con raquis de banano y encontró que, al usar 50% de estiércol de vacuno, se acelera la descomposición del sustrato utilizado para obtener humus de lombriz.

En la investigación desarrollada por Moreira (2021) se verifica que, con el uso de 50% de moringa y 50% de estiércol de ganado, en 77 días se consiguió la producción de 14,23 kg de humus de lombriz, con 3% de nitrógeno, superior a cuando raquis de banano y hortalizas son incorporadas al sustrato.

Debido a la diversidad de materia orgánica que puede emplearse como sustrato, es de esperarse que exista variación en la adaptación de la lombriz, en las propiedades del humus y en el tiempo de obtención de este producto. Por ello es necesario investigar el precompostaje de diferentes proporciones de estiércol de bovino en mezcla con pasto (*Brachiaria decumbens*) picado, para luego proporcionar como sustrato alimenticio a las lombrices africanas y, con ello, reducir el tiempo de vermicompostaje.

MÉTODOS Y MATERIALES

Eudrilus eugeniae es la llamada lombriz africana, figura 1, originaria de África. En Sudamérica se está extendiendo gradualmente hacia el sur, favorecida posiblemente por el cambio climático, a pesar de ser menos tolerante a extremos térmicos (Schuldt, 2009).



Figura 1. Lombriz africana *Eudrilus eugeniae*

Según Domínguez et al., (2001) citado por Blakemore (2015) en zonas tropicales y subtropicales las especies más efectivas son *Eudrilus eugeniae* y *Perionyx excavatus*, mientras que en climas templados las más utilizadas son *Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*, y en menor medida *Dendrobaena veneta* y *Lumbricus rubellus* (Vargas et al., 2008).

La vida útil de la lombriz africana puede ser de 1 a 3 años, su ciclo de vida varía de 50 a 70 días, su madurez sexual alcanza entre 25 a 50 días en los residuos orgánicos (Reinecke, 1989).

La lombriz africana presenta un gran tamaño pudiendo medir entre 15 y 20 cm en estado adulto, con una alta tasa de crecimiento y es bastante prolífica (Reinecke, 1989). Exhibe un dorso marrón rojizo o azul verdoso brillante, con el vientre de color beige, con clitelo más oscuro (Blakemore, 2015).

La clasificación taxonómica de la lombriz africana reportada por Blakemore (2015) corresponde a:

Reino: *Animalia*
 Phylum: *Annelida* (Lamarck, 1802)
 Clase: *Oligochaeta* (Grube, 1850)
 Orden: *Megadrilacea* (Benham, 1890)
 Familia: *Eudrilidae* (Claus, 1880)
 Género: *Eudrillus* (Claus, 1880)
 Especies: *E eugeniae* (Kinberg, 1867)

Según Edwards (1988), sus principales desventajas son su fragilidad y su estrecho margen de temperatura (sensibilidad a bajas y altas temperaturas), también resulta ser huidiza ante condiciones adversas del medio, lo que dificulta su manejo. Es capaz de descomponer rápidamente grandes cantidades de residuos orgánicos incorporándolas al suelo (Edwards, 1996).

El pasto *Brachiaria decumbens*, figura 2, es originario de África central y oriental, es la especie con más plantaciones en Sudamérica, crece bien en altitudes entre 400 y 1.800 msnm, con climas moderadamente húmedos de 1000 a 3500 mm anual, y temperaturas superiores a 19 °C; tolera sequías prolongadas y suelos ácidos de mediana a baja fertilidad, soportando alta saturación de aluminio (Wenzl et al., 2002 citado por Manrique, 2018).

Es una planta herbácea perenne, figura 2, semi erecta a postrada y rizomatosa, produce raíces en los entrenudos; crece en forma de erectos y densos manojos, sus hojas pueden llegar a medir 35 cm de largo por 2 cm de ancho, son vellosas, de color verde intenso muy brillante, con bordes duros y cortantes (Gélvez, 2021).



Figura 2. Pasto *Brachiaria decumbens*

El contenido de proteína se establece entre 7 a 10% y su digestibilidad entre 50 y 60%, la proteína cruda disminuye con la edad (Agro Activo, 2022).

La investigación de Vega et al. (2006) reporta una disminución del contenido de proteína bruta en *B. decumbens* por el aumento de la edad. Esta se produce por la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote, con esta la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes. La fibra aumenta con la edad por el desarrollo de los tallos, las senescencias de las hojas y acumulación de material muerto, componentes que poseen un alto contenido de fibra y lignina, los que disminuyen la digestibilidad del pasto, Tabla 1.

Tabla 1. Composición Bromatológica de *Brachiaria decumbens*

DETERMINACIÓN	PERIODO	
	LLUVIOSO	SECO
Proteína (%)	5,86	7,19
Fibra (%)	34,35	33,45
Fósforo (%)	0,24	0,29
Calcio (%)	0,39	0,22
Magnesio (%)	0,28	0,14
Ceniza (%)	5,40	7,50

Fuente: Vega et al., 2006

La producción de materia seca varía dependiendo de factores como clima, época del año y fertilidad del terreno; ésta puede ser alta en la época de lluvias con fertilización, obteniendo rendimientos normales de 6 a 8 toneladas de materia seca por hectárea, reduciéndose hasta un 70% en la época seca. A este pasto se le pueden hacer de 6 a 10 cortes por año (Gonzales, 2021).

La composición química del follaje del pasto *Brachiaria decumbens* se encuentra en el Cuadro 11 y Anexo D. Para estimar la cantidad de nitrógeno a partir de la determinación de la proteína, se dividió esta última entre el factor 6,25 (Galvani & Gaertner, 2006)

El riego de las pilas de precompostaje se realizó con agua potable de la comunidad San Lorenzo, a los tres días de su conformación para mantener la humedad y la temperatura inferior a 50 °C.

El valor de la temperatura y el pH se registraron después de la formación de las pilas de precompostaje y luego con un intervalo de cinco días entre lecturas. En cada pila se tomaron cuatro lecturas previo a realizar los volteos destinados a promover la aireación.

Después de formar las pilas de compostaje se determinó la temperatura y el pH, y luego con intervalos de cinco días. De cada reiteración se tomaron 10 g de la mezcla orgánica, se adicionó 50 ml de agua destilada y se agitó manualmente durante 10 minutos, luego se procedió a leer con peachímetro, previamente calibrado a pH 10, 7 y 4.

En base a la información recopilada por Villar (2017), que encontró una gran variabilidad de tiempo para el precompostaje que fluctúa entre 15 días, con estiércol de ganado inoculado con *E. andrei* (Lazcano et al., 2008), hasta 5 semanas con el mismo estiércol con *E. fétida* (Gunadi et al., 2002 decidido), se decidió trabajar con un intervalo de 30 días.

Posterior al precompostaje, mezclas de compuestos orgánicos (estiércol de bovino con pasto picado, ambos en diferentes proporciones) fueron pesadas. La cantidad inicial, en todos los tratamientos, fue de 4 kg. A partir de este dato se observó que los valores se redujeron entre 0,04 y 0,10 kg. Estos datos fueron tomados en base seca.

Para iniciar el vermicompostaje se transfirieron 0,02 m³ de sustratos precompostados y sin precompostar a cajas de madera con un volumen de 0,036 m³, 0,40 x 0,30 x 0,30 m de alto, acondicionadas con un desnivel de 5% para favorecer el drenaje.

Se colocaron 100 lombrices en la superficie de los diferentes sustratos. Una vez inoculadas las lombrices, se procedió a tapar las cajas con malla milimétrica, para evitar el ingreso de roedores y pájaros.

Se conformaron 32 lechos que corresponden a 8 tratamientos

con 4 reiteraciones: 4 mezclas de estiércol de bovino con pasto picado precompostado y 4 con las mezclas sin precompostar.

Se aplicó riego con agua potable a requerimiento de cada tratamiento. Previamente se determinó de forma manual la humedad del sustrato, recolectando al azar una porción pequeña del material. Con la mano se presionó y verificó que estando húmedo no soltó agua, indicativo de que la humedad se encontraba entre 70 a 80% que, según Valdez (2013), es la condición óptima para la adecuada actividad de las lombrices.

En este proceso también se controlaron la temperatura y pH de la mezcla de compuestos orgánicos precompostados y sin precompostar. Al finalizar el vermicompostaje, 25 días después de la inoculación de las lombrices, se determinaron los contenidos de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio.

Con un termómetro se determinó la temperatura en cuatro puntos de cada lecho, se introdujo el termómetro, se esperaron dos minutos para la estabilización de la temperatura y se registró el valor, actividad que se realizó con intervalos de 5 días durante 25 días.

Se determinó el pH de los sustratos, una vez cada 5 días, con peachímetro. Para ello, en un vaso de precipitado, se recolectaron 10 g del sustrato, se agregaron 50 ml de agua destilada, se agitó manualmente con una varilla y luego se sumergió el peachímetro en la solución durante al menos 20 segundos y se tomó la lectura comparando con la escala de colores.

Posterior a la transferencia de las lombrices a las mezclas orgánica, (estiércol de bovino con pasto picado en diferentes proporciones) precompostadas y sin precompostar, se demoraron 2 días en comenzar con la alimentación activa. Al respecto Villar (2017) sugiere comenzar directamente el vermicompostaje con las lombrices en el propio sustrato de maternidad o cultivo y añadiendo capas de residuo sobre este sustrato; aclimatando las lombrices mediante la incorporación de dosis bajas de residuo mezclado con el alimento durante la elaboración del stock de lombrices. Además, emplear sustratos de escape, como la vermiculita, de manera que las lombrices se vayan alimentando lentamente del residuo y puedan migrar hacia el sustrato en caso de requerirlo. El tiempo de demora en el inicio de la alimentación puede haber afectado sobre la conversión de vermicompost y sobre los contenidos de nitrógeno total, fósforo y potasio.

Culminado el proceso de vermicompostaje, verificado por la disminución del peso del sustrato y el olor a tierra, se cosecharon las lombrices con trampas de alimento colocadas sobre bolsas de yute dispuestas en uno de los extremos de las cajas.

Finalizada la evacuación de las lombrices, se procedió al secado a temperatura ambiente, a la sombra, durante 7 días. Luego de ese tiempo se corroboró el contenido de humedad del humus, tomando 10 g de muestra de humus de cada tratamiento sometiéndolo a secado en un horno durante 12 horas a 65 °C. Los resultados variaron entre 38 a 43 %. Con esta información se procedió a tamizar el vermicompost con un tamiz de 1,50 cm de abertura, separando las impurezas y las granulometrías más gruesas, se colectaron las más finas, que fueron empacadas en bolsas de tela y almacenadas a la sombra.

Para calcular la cantidad de humus cosechado, en los tratamientos precompostados se partió de la cantidad de mezcla de compuestos orgánicos después del precompostaje y en los tratamientos sin precompostar se consideró el peso de 4 kg de la mezcla de estiércol de bovino con diferentes proporciones de pasto picado. Con esta información se obtuvieron los porcentajes de transformación en humus de lombriz.

Para conocer el contenido de la materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio en el humus de lombriz, de cada tratamiento se tomaron 300 g para su análisis.

RESULTADOS

La composición química del follaje del pasto *Brachiaria decumbens* se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición Química porcentual de *Brachiaria decumbens*

DETERMINACIÓN	COMPOSICIÓN
Nitrógeno	1,18
Fósforo	0,34
Potasio	2,35
Materia Orgánica	94,86

El resultado del análisis químico del estiércol de bovino se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química porcentual del Estiércol de Bovino

DETERMINACIÓN	ESTIÉRCOL DE BOVINO
Materia Orgánica	27,72
Nitrógeno total	3,46
Fósforo	0,37
Potasio	1,41
pH	9,84
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	351,50

Las figuras 3 y 4 muestran la variación de la temperatura y pH de la pila de precompostaje para las cuatro composiciones empleadas.

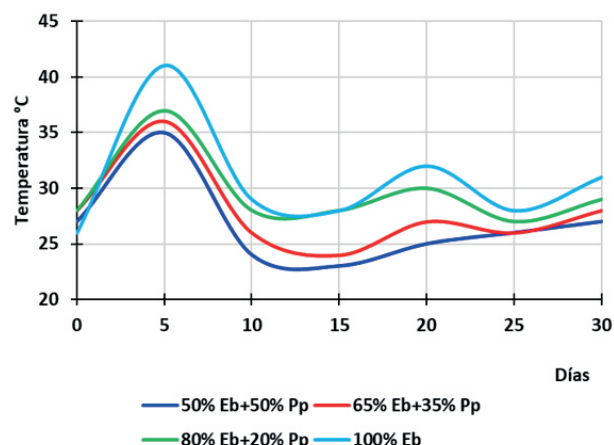


Figura 3. Variación de la Temperatura en la Pila de Precompostaje

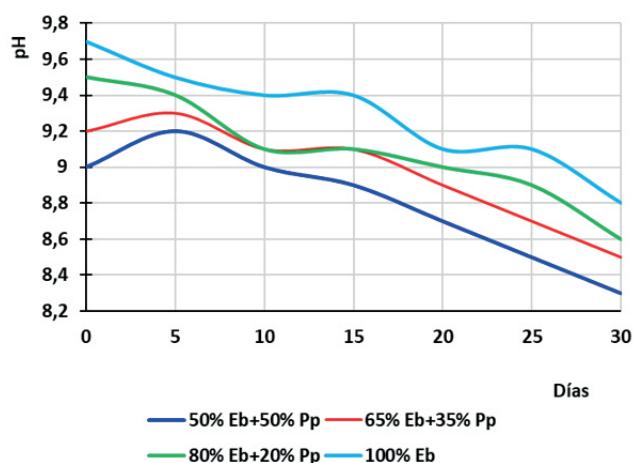


Figura 4. Variación del pH en la Pila de Precompostaje

Las figuras 5 y 6 muestran la variación de la temperatura y pH de las Mezclas Orgánicas Precompostadas y Sin Precompostar para las cuatro composiciones empleadas.

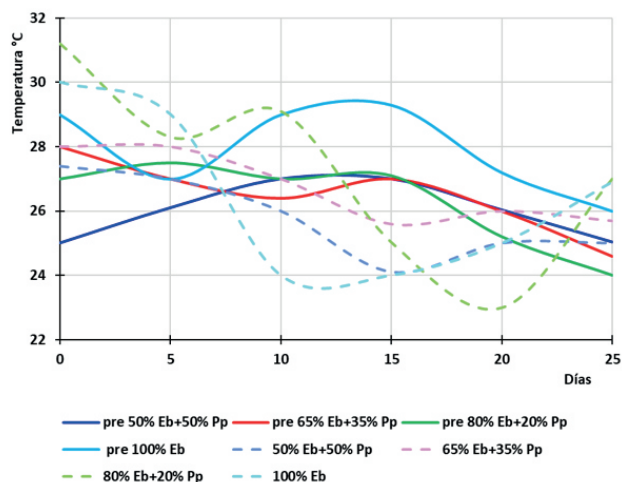


Figura 5. Variación de la Temperatura en el Proceso de Vermicompostaje

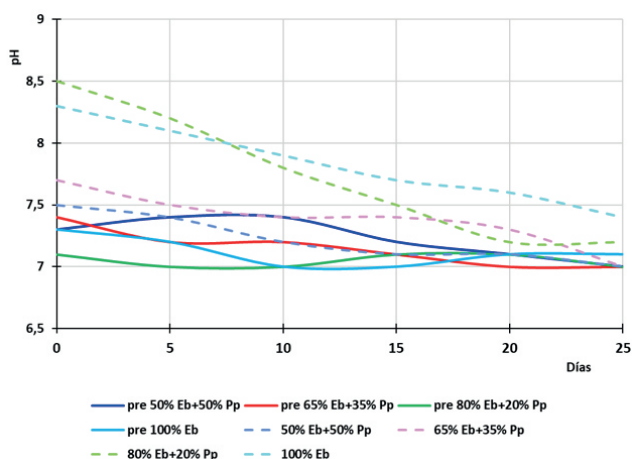


Figura 6. Variación del pH en el Proceso de Vermicompostaje

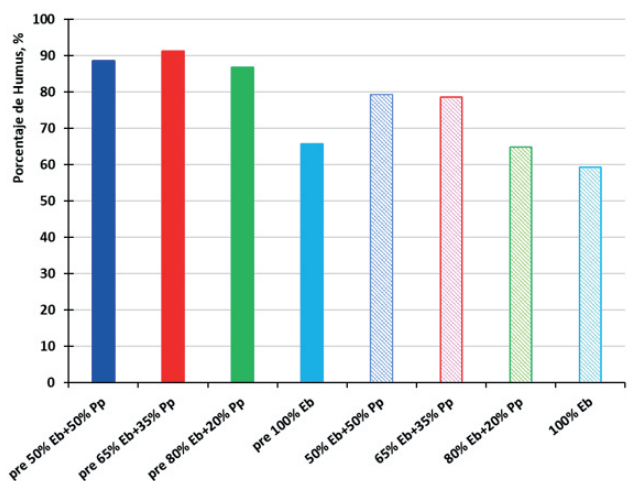


Figura 7. Porcentaje de humus de lombriz cosechado por tratamiento

Tabla 4 Composición porcentual de materia orgánica y nutrientes en el Humus de Lombriz

TRATAMIENTO	MO	N total	P	K
Pre Eb 50%+ Pp 50%	25,40	1,55	0,52	1,25
Pre Eb 65% + Pp 35%	27,75	1,97	0,60	1,62
Pre Eb 80% + Pp 20%	27,46	1,80	0,71	1,45
Pre Eb 100%	26,87	1,66	0,80	1,40
Eb 50%+ Pp 50%	26,20	1,83	0,58	0,99
Eb 65% + Pp 35%	25,90	1,75	0,65	1,22
Eb 80% + Pp 20%	25,85	1,62	0,77	1,30
Eb 100%	25,20	1,51	0,87	1,32

DISCUSIÓN

El pH del estiércol fue 9,84 considerado como fuertemente alcalino, valor similar al reportado por Silva et al., (2015), citado por Velecela (2019). Comparando con otras investigaciones, el valor obtenido fue elevado. Al respecto, Durán & Henríquez (2009) indican que rangos extremos de entre 5 y 11 retardan la actividad microbiana durante uno a dos días. Estos autores también sostienen que, con la descomposición del estiércol de bovino, el pH tiende a variar y disminuir debido a la pérdida de ácidos orgánicos mediante la volatilización a altas temperaturas, descomposición microbiana y liberación de aminoácidos a través de la mineralización del nitrógeno orgánico.

La conductividad eléctrica del estiércol de bovino fue de 351,50 μScm^{-1} , que es valor elevado y que indica la concentración de sales. Otárola (2007), citado por Velecela (2019), registró un valor de 22 dSm^{-1} que equivale a 22000 μScm^{-1} , atribuido a la dieta del animal, que es rica en componentes que poseen alta concentración de sales.

El contenido de materia orgánica (27,72%) fue inferior al intervalo encontrado por Hernández et al., (2011) de entre 60,81 y 76,75%. Estos valores son influenciados por factores inherentes al animal, como la fisiología digestiva y la dieta recibida.

El contenido de nitrógeno (3,46%) fue superior al intervalo registrado por varios autores, que varía de 0,84% (Hernández et al., 2011) a 2,48% (Lupwayi et al., 2000 citado por Cordero, 2013). Al respecto Griffin & Honeycutt (2000), citado por Barbazán et al. (2011), mencionan que, en el estiércol fresco, el N se encuentra en formas lábiles, como urea y ácido úrico, las cuales son más fáciles de perder por lixiviación o arrastre con el agua, y en formas orgánicas más resistentes al ataque microbiano. Estas últimas son las formas predominantes de N en los estiércoles acumulados por varios días o semanas.

El contenido de fósforo, P, fue 0,37%, que es la mitad del valor reportado por Tsai & Liu (2016) citado por Bernal & Orozco (2019) con 0,70%, debido a la baja eficiencia de uso de este nutriente por el ganado bovino, que hace que el estiércol y la orina contengan cantidades importantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y otros nutrientes.

El porcentaje de potasio, K, en el estiércol de bovino de esta investigación fue 1,41%, que, comparado con otras investigaciones, fue valor promedio. Este es un elemento muy variable, ya que en la literatura se encuentran valores tan bajo como los indicados por Romero (1997) de 0,60% hasta 3,22% por Griffin et al., (2003), ambos trabajos citados por Cordero (2013).

La composición del estiércol de bovino depende de la raza del animal, de los productos para su sanidad, de su alimentación, que puede ser de materia seca o fresca, del grado de descomposición debido a que al estar a la intemperie es susceptible de perder algunos componentes.

El aumento de la temperatura es similar al comportamiento reportado por Sequeira (2019). Con la descomposición de los materiales orgánicos las temperaturas tienden a subir con facilidad, como resultado del alto contenido de materia orgánica a ser descompuesta por los microorganismos presentes, que generan una alta actividad metabólica, que se refleja en un incremento de energía calórica.

Al respecto, Sánchez (2011), citado por Sequeira (2019), reporta que la alcalinización del medio se debe a que existe pérdida de los ácidos orgánicos y a que hay generación de amonio como resultado de la descomposición de las proteínas.

Según Soto (2008) los pH elevados disminuyen la disponibilidad de algunos nutrientes para los mismos microorganismos. Además indica que el pH óptimo debe de estar en el rango de 6 a 8.

Las lombrices inoculadas en los sustratos demoraron 2 días en comenzar a consumir el alimento, que se colocó a lo largo de los lechos, iniciándose de esta forma el vermicompostaje. Referente a la demora en el inicio de la alimentación, Elvira et al., (1998) citado por Villar (2017), verificaron que cuando se coloca en contacto un nuevo residuo con la población de lombrices, puede existir un periodo de baja alimentación o incluso mortalidad de parte de la población.

En general, las temperaturas de los sustratos cuando fueron inoculadas las lombrices, se situaron en el intervalo de 25 a 30 °C recomendado Loehr (1985) para obtener una buena actividad de la lombriz africana, especie que prefiere altas temperaturas para obtener la máxima producción de vermicompost.

Los sustratos que fueron sometido al precompostaje presentaron menores valores de pH, dotando al sustrato de un ambiente más adecuado para la adaptación y posterior alimentación de las lombrices. Según Medina & Quezada (2004), el pH óptimo fluctúa entre 6,8 a 7,2, rebasado este límite la lombriz entra en la etapa de dormancia, hecho que no se evidenció en la presente investigación.

Al iniciarse el proceso de vermicompostaje los pH de los sustratos fueron elevados y luego tendieron a descender como consecuencia, según Villar (2017), de la mineralización del nitrógeno a nitratos, la formación de ortofosfatos, la mineralización de materia orgánica a dióxido de carbono y a otros compuestos orgánicos ácidos intermedios.

La bioconversión encontrada en este trabajo de investigación fue inferior al obtenido por Limachi (2010), cuando mezcló estiércol bovino 75% + Aserrín 25%, que logró degradar un 99% del sustrato en 3 meses, al aumentar el aserrín a 50% (T2) y 75% (T3) la conversión se redujo a 98%.

Las condiciones medioambientales, como las bajas temperaturas del ambiente (Anexo A), probablemente influyeron de forma negativa en la ingesta de alimentos de las lombrices, por ello los valores de conversión son relativamente bajos.

Otro factor para incluir en la conversión en humus, fue la población de lombrices que se inoculó en cada tratamiento, que fueron de 100 lombrices por lecho de 0,12 m², que corresponde a 0,83 kg por m². Al respecto Ndegwa et al., (2000), citado por Villar (2017,) determinó que la densidad de 1,60 kg de lombrices por m² mostró la mayor bioconversión de biosólidos en biomasa de lombrices y las mejores producciones de vermicompost.

Según Ferruzzi (1994), citado por Piza (2017), independientemente de la especie, la lombriz come diariamente una cantidad equivalente a su propio peso de 1 g y expulsan 60% en forma de humus. También afirma que se puede conseguir una mayor producción de humus aumentando el número de individuos por lecho.

En general, los valores de MO reportados en esta investigación fueron inferiores a los alcanzados por Mendoza & Plaza (2019), que registraron un intervalo de materia orgánica entre 43 a 59%. Estos datos concuerdan con lo indicado por el portal Infoagro

(2005), citado por Mendoza & Plaza (2019), en que la materia orgánica para humus de lombriz debe oscilar entre 30 a 70%.

Los resultados obtenidos se encuentran en el intervalo enunciado por Cajas (2009), que oscila entre 1 a 2%. Por otro lado, Suthar (2007), citado por Villar (2017), menciona que las lombrices enriquecen el residuo con nitrógeno mediante la excreción de moco, enzimas y por la propia descomposición de lombrices muertas, además que el descenso en contenidos de carbono orgánico durante el vermicompostaje permite un aumento de la concentración de nitrógeno.

El porcentaje de fósforo en el vermicompost obtenido en esta investigación fue inferior al reportado por Moreira (2021) al trabajar con 100% de estiércol de bovino, la combinación de 50% de estiércol de bovino con 50% de moringa, 50% de estiércol de bovino con 50% de raquis de banano y 50% de estiércol de bovino con 50% con residuos de hortalizas, con valores de fósforo de 4,80; 4,30; 4,60 y 4,80% respectivamente.

En general, en los tratamientos precompostados, se encontraron los mayores porcentajes de nutrientes. Estos resultados se fundamentan con lo sostenido por Mota et al., (2019) quienes indican que la utilización de subproductos existentes en las unidades de producción agrícola ayuda a una mayor obtención de beneficio económico, encontrándose en el vermicompost una alternativa viable para su aprovechamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible inferir que el producto obtenido en esta investigación después de 30 días de precompostaje y luego 25 días de vermicompostaje, contiene nitrógeno total, fósforo y potasio en concentraciones semejantes a las que se reportan en la literatura internacional.

Tabla 5 Comparación de Algunas Variables del Vermicompost Obtenido con Otras Investigaciones

DETERMINACIÓN	SALAZAR (2022)	FEGAVE (1994) CITADO POR PATI (2002)	NORMA MEXICANA (2008)	BOLLO (2001) CITADO POR PIZA (2017)
pH	7,00 a 7,40	5,60 a 7,90	5,50 a 8,50	6,80 a 7,20
Materia orgánica (%)	25,70 a 27,75	35,00 a 70,00	20,00 a 50,00	30,00 a 50,00
Nitrógeno total (%)	1,51 a 1,97	1,40 a 3,00	1,00 a 4,00	1,51 a 3,35
Fósforo (mg kg ⁻¹)	5,20 a 8,70	2,0 a 25,00	5,50 a 11,00	7,00 a 25,00
Potasio (Cmol kg ⁻¹)	0,99 a 1,62	0,25 a 0,55	0,30 a 0,60	0,40 a 0,70
Humedad (%)	38,00 a 43,00	20,00 a 40,00	20,00 a 40,00	45,00 a 55,00

Fuente: Pati, 2002, Norma Mexicana, 2008; Piza, 2017

La relación costo/beneficio de los tratamientos precompostados fue mayor a la registrada en los tratamientos sin precompostar, confirmando la utilidad de esta práctica, al reducir el tiempo de tiempo de los dos procesos precompostaje y vermicompostaje a 55 días.

REFERENCIAS

- AGRO ACTIVO. (2022). Revista Agro Activo.
- BARBAZÁN, M.; DEL PINO, A.; MOLTINI, C.; HERNÁNDEZ, J.; RODRÍGUEZ, J. (2011). Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. Uruguay: Vol. 15 N° 1. Pág. 82–92.
- BLAKEMORE, R. J. (2015). Eco-taxonomic profile of an iconic vermicomposter — the 'African Nightcrawler' earthworm, *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867). *Revista African Invertebrates*. Vol. 56 (3). Pág. 527–548.
- CORDERO, J. R. I. (2013). Caracterización química del estiércol y su manejo en explotaciones de lechería familiar de los Altos de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Tesis de grado. Pág. 77.
- EDWARDS, C. A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. *Earthworms in Waste and Environmental Management*. C.A. The Netherlands: SPB Academic Publishing BV. Pág. 21-31.
- ENRÍQUEZ, L., & SOTO, R. (2017). Evaluación de la producción y composición química de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con el contenido ruminal en el camal Municipal de Huancavelica. Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Pág. 64.
- GALVANI, F. & GAERTNER, E. (2006). Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. Brasil. MS. Pág.8.
- GÉLVEZ, L. (2021). Mundo Pecuario - Gramíneas. https://mundo-pecuario.com/tema191/gramíneas/pasto_barrera-1048.html
- GIUNTA, S. A.; VELÁSQUEZ, E. F.; GUZMÁN M. S.; ZUTARA, J. R. & ESCALANTE, C. L. (2019). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia Andrei*). *Revista Difusiones*, Num. 17, Pág. 6-13.
- GONZALES. (2021). Pastos y Forrajes - *Brachiaria decumbens*. <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-peludo-brachiaria-decumbens/>
- HERNÁNDEZ, A. J.; CHACIN, L.; AVILA, J.; EL KHATIB, N.; CHIRINOS, I. & BRACHO, B. (2011). Methods salinity management of cattle dung for vermicomposting with the red worm (*Eisenia andrei*). *Revista Facultad de Agronomía* Vol. 1. Pág. 342-350.
- LAINES, C. J. R. & SOSA, O. J. A. (2013). Degradación anaerobia del contenido gástrico ruminal bovino para la obtención de biogás, en un biodigestor tipo cúpula. México: Universidad Autónoma de Yucatán. Vol. 17, N° 1. Pág. 57-65.
- LÓPEZ, C. X. A.; ROBLES, P. C. VELASCO, V. V. A.; RUIZ, L. J.; ENRÍQUEZ, DEL V. J. R. & RODRÍGUEZ, O. G. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. México: Universidad
- MANRIQUE, L. D. L. (2018). Número de hojas verdes por macollo como criterio para determinar el momento óptimo de cosecha en pasturas de *Brachiaria decumbens* del piedemonte Araucano. Tesis de Maestría en Producción Animal. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Pág. 80.
- MÉNDEZ, H. (2015). Uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción del humus con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Pág. 64.
- MENDOZA, E., & PLAZA, A. (2019). Evaluación química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), a partir de sustrato de cáscara de cacao y estiércol bovino. Ecuador: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Pág. 72.
- MOREIRA, C. L. F. (2021). Caracterización y evaluación de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) obtenido a partir de tres tipos de alimentación en el Cantón Quinsaloma, Provincia de los Ríos. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Tesis de grado. Pág. 43.
- MOTA, I., VALDÉS, O., SOL, G., & PÉREZ, A. (2019). Respuesta al bocashi y a la lombricomposta de *Moringa oleifera* Lam. después de la poda. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Vol 10, N° 2. Pág. 289-299.
- OLIVARES-CAMPOS, M. A.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, A.; VENCES-CONTRERAS, C.; JÁQUEZ-BALDERRAMA, J. L. & OJEDA-BARRIOS, D. (2008). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia* N° 28, V. 1. Pág. 27-37.
- PIZA C. (2017). Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) a partir de dos procesos en el tratamiento de alimento Ofertado. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Tesis de Grado. Pág. 66.
- SCHULDIT, M. (2009). Potencial biótico de *Eisenia foetida* [Lombriz Roja De California] [Oligochaeta, Lumbricidae] y *Eudrilus augeniae* [Lombriz Africana] [Oligochaeta, Eudrilidae]. *Especies relevantes para Lombricultura*. Estructurplan.
- SEQUEIRA, L. J. P. (2019). Uso de lacto-suero ácido en la elaboración de bocashi y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Tropicana. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Tesis de grado. Pág. 85.
- SOTO, A. T. (2008). Guía Técnica No. 1: Elaboración de abono Tipo bokashi. Proyecto para el Apoyo a Pequeños Agricultores en la Zona Oriental (PROPA-Oriente) <http://www.centa.gov.sv/sidia/inicio/html>
- VALDEZ, L. R. S. (2013). Niveles de estiércol de bovinaza más cáscara de cacao en la producción de humus de lombriz (*Eisenia foetida*). Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Tesis de grado. Pág. 52.
- VARGAS, M. R. N.; DOMÍNGUEZ, M. J. & MATO, DE LA I. S. (2008). Vermicompostaje. Ediciones Mundi-Prensa. Pág. 189 a 192.
- VEGA, E. M.; RAMÍREZ, DE LA R. J.; ACOSTA, L. I. & IGARZA, A. (2006). Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. *Universidad de Granma*. Vol. VII. N° 05. Pág. 1-6. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050506.html>
- VELECCLA, A. S. G. (2019). Pretratamiento de estiércol vacuno para producción de humus supresor a través de la interrelación de *Eisenia foetida* y microorganismos benéficos. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Doctorado. Pág. 180.
- VILLAR, C. I. (2017). Estudio de la dinámica microbiana durante la fase de maduración del compostaje de residuos orgánicos. Vermicompostaje como alternativa de tratamiento. Universidad de Vigo. Tesis de Doctorado. Pág. 161.

CITA

