

Fertilizante orgánico a partir de mezclas de residuos orgánicos de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018

Pérez Ramírez Mayra Cristell¹, Laines Canepa José Ramón¹, Barceló Quintal Icela Dagmar²,
Ávila Lázaro Israel^{1*}

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5. S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Centro, Tabasco. C.P. 86150. México.

²Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02200. México.

*Autor para correspondencia: ing.avilaisrael@yahoo.com.mx

Recibido:

14/septiembre/2020

Aceptado:

11/diciembre/2020

Palabras clave:

Compostaje,
estabilidad,
fertilizante

Keywords:

Composting,
stability,
fertilizer

RESUMEN

El presente trabajo realizó un proceso de compostaje de excreta de borrego (EB) y mezclas con paja y vegetales de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018. Se determinó el pH, Conductividad eléctrica (CE), nitrógeno (N), relación C/N, fósforo (P) y potasio (K). Al final del proceso la EB tuvo % de N de 2.27, pH de 8.12, CE 8.34 dS/m, C/N 16.7, % de P de 3.8 y K con 46.87. La mezcla de EB con paja, un pH de 8.12, CE 7.59 dS/m, % de N de 2.22, C/N de 18.2, un % de P de 2.92 y K con 14.58. Para la mezcla EB con vegetales un pH de 7.94, CE 7.92 dS/m, % de N de 2.71, C/N de 13.67, un % de P de 3.14 y K con 21.87. De acuerdo con la NMX se determinaron compostas tipo II y III y se considera un fertilizante orgánico.

ABSTRACT

The present work carried out a composting process of sheep excreta (EB) and mixtures with straw and vegetables in accordance with NMX-AA-180-SCFI-2018. The pH, electrical conductivity (CE), nitrogen (N), C/N ratio, phosphorus (P) and potassium (K) were determined. At the end of the process, the EB had % of N of 2.27, pH of 8.12, EC 8.34 dS/m, C/N 16.7, % of P of 3.8 and K with 46.87. The mixture of EB with straw, a pH of 8.12, EC 7.59 dS/m, % of N of 2.22, C/N of 18.2, a% of P of 2.92 and K with 14.58. For the mixture EB with vegetables a pH of 7.94, EC 7.92 dS/m, % of N of 2.71, C/N of 13.67, a% of P of 3.14 and K with 21.87. According to the NMX, type II and III compost were determined and it is considered an organic fertilizer.

Introducción

Las excretas de los animales manejados inadecuadamente generan impactos negativos ambientales y económicos a nivel mundial. La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, (FAO por sus siglas en inglés) reporta que la descomposición de estos residuos sin ningún tratamiento emite gases de efecto invernadero (GEI) y son un problema para la salud humana. A nivel mundial se han desarrollado diversos estudios de investigación sobre la sustentabilidad del compostaje y vermicompostaje. En 2018 se realizó un estudio de vermicompostaje con diferentes mezclas (paja de arroz, estiércol de vaca y desechos de papel) empleando *Eisenia foetida*, lo cual obtuvieron mayor contenido de nutrientes y metales pesados en el vermicompost que en el pre-composteo y una estabilización de la relación C/N al final del proceso (Sharma et al., 2018). El objetivo de este trabajo es evaluar el pre-composteo de EB y mezclas para comparar la calidad de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018 como primera etapa, para después someterlas a vermicompostaje con lombrices de la Especie *Eisenia Foetida* como segunda etapa.

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en el rancho el "Rodeo". Ubicado en la ranchería Aquiles Serdán, en el municipio de Jalapa, Tabasco, las coordenadas N 17.844261 y O -92.816922 del área.

Pre-compostaje y montaje

La excreta de borrego se sometió a una estabilización, con la finalidad de conseguir las características requeridas para la sobrevivencia de las lombrices durante el vermicompostaje de acuerdo a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008. De acuerdo a la cuantificación de la generación de la excreta de borrego se tomó una muestra representativa de 100 kilos para su pre-composteo, lo cual consistió en vaciar los costales de excreta de borrego a la pileta. Aplicando la NOM-021-RECNAT-2000.

Caracterización analítica del sustrato

La muestra de excreta de borrego fue caracterizada, aplicando la NMX-AA-016-1984, para determinar el contenido de humedad se secaron en un horno feliza®, por 24 h a una temperatura de 103 ± 105 . Se molieron manualmente, se homogeneizaron y se tamizaron a través de una malla de 1.0 mm de luz, para las determinaciones física y química. Inmediatamente se guardaron en bolsas de plástico etiquetadas.

Determinación del pH y conductividad eléctrica

La determinación de pH se realizó de acuerdo con la técnica AS-02 de la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2000). la conductividad eléctrica se realizó de acuerdo con el método Soriano y Pons establecido en la técnica AS-18 de la misma NOM. Se pesaron 5 g de cada muestra colocándolo en un vaso precipitado se le adicionó 25 mL de agua destilada y se agitaron durante 10 min. consecutivamente se introdujo los electrodos en la suspensión de la muestra y se procedía anotar la lectura.

Determinación de Nitrógeno

La determinación de Nitrógeno se realizó por el método semi Micro-Kjeldah, donde se pesó 0.1 g. de muestra, se agregó en un matraz de bola, se le adicionó 1.1 g de catalizador de nitrógeno, y 3 mL de Ácido Sulfúrico concentrado (H_2SO_4) seguidamente se llevó a la cámara de digestión hasta que la MO se oxidara y se dejó por 1 h. Posterior a eso se llevó al proceso de destilación, El nitrógeno amoniacal se determinó por titulación con ácido sulfúrico 0.05 N. El punto de equivalencia de la titulación ocurrió cuando la solución vira de verde a rosado.

Determinación de la relación C/N

Este es el parámetro utilizado como control de calidad de los residuos sólidos dentro de un sistema, en base a la NMX-AA-067-1985. La relación C/N está en función del % MO. obtenida de acuerdo a la constante de Jackson y % NT. Para determinar el COT se multiplica el % de MO x 0.58. Dónde: 0.58 = constante dada por Jackson. Por lo tanto, la ecuación para determinar la relación C/N es:

$$(C/N) = \frac{(\%MO) * (0.58)}{(\%N)} \quad (C/N) = \frac{(\%C.O)}{(\%N)}$$

Determinación de Potasio (K)

El potasio, se determinó de acuerdo con el método Determinación de potasio en fotómetro HANNA. Las muestras se colocaron en tubos de centrifuga, se les adicionó 50 mL de agua destilada y se llevaron a una centrifuga marca HERMLE® Z400 a 3500 revoluciones por minuto (rpm) durante cinco minutos se tomaron 2 de mL muestra y se aforó en 48 mL de agua destilada. Las muestras fueron leídas en un fotómetro para el análisis de nutrientes HANNA® HI 83225 utilizando reactivo A HI93750A-0 y reactivo B HI93750B-0.

Estabilización de la relación C/N de la pre-composta de borrego.

Después de un tiempo de 45 días, se realizó una prueba de viabilidad para la supervivencia de las lombrices en la pre-composta de borrego. Esta prueba permite de manera empírica conocer si el material tiene una relación

C/N adecuada y está listo para que las lombrices realicen la degradación del material orgánico. (González-Rosales et al., 2019). Como la prueba de supervivencia de las lombrices en la pre-composta de borrego fue negativa, se realizaron dos mezclas buscando estabilizar la relación C/N: a) una mezcla que contenían excreta de borrego y paja, b) excreta de borrego y vegetales. Debido a que, en la primera mezcla, la prueba de viabilidad las lombrices fueron negativa (Las lombrices no se adaptaron a la mezcla), se composteo durante un tiempo de 45 días. Como la segunda mezcla permitió la adaptabilidad y supervivencia de las lombrices, se procedió a realizar el vermicompostaje inmediatamente. A cada mezcla, se le realizaron los parámetros en base a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 con la finalidad de monitorear las características del compostaje durante el proceso.

Resultados y discusión

Parámetros de control del proceso de pre-composteo en laboratorio: EB

pH

En la Figura 1, se muestran los resultados del comportamiento de pH del pre-composteo. Se observa que el pH máximo de 8.4 fue alcanzado a los 60 días de pre-composteo. Esto se debe, a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas (Sánchez-Monedero, 2001). Se observa que a los 90 días se obtuvo un pH de 8.12, lo cual indica un síntoma de una buena descomposición (Moreno y Moral, 2008).

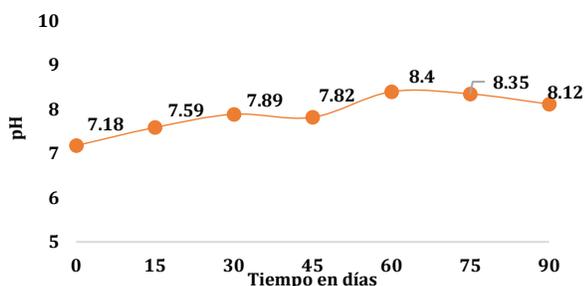


Figura 1. Comportamiento del pH del pre-composteo.

Conductividad eléctrica

En la Figura 2, se muestra el comportamiento de la CE del proceso de pre-composteo a los 90 días. Se observa que en el inicio del proceso fue de 9.44 dS/m. Está se determina por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y la presencia de iones amonio o nitrato (Sánchez-Monedero, 2001). Sin embargo, hubo un descenso a los 30 días de 7.78 dS/m, esto se entiende, que cuando ocurre a veces un descenso de la CE durante el proceso, puede deberse a fenómenos de lixiviación provocados

por la humectación de la masa. Obteniendo al final del proceso 8.34 dS/m, que generalmente se debe a la mineralización de la materia orgánica (Moreno y Moral, 2008).



Figura 2. Comportamiento de la CE a los 90 días.

Nitrógeno

En la Figura 3, se muestra el comportamiento de Nitrógeno del proceso de pre-composteo. El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma (Díaz et al., 2004). En la figura se observa que en el día 45 se obtiene el valor más alto de N con 2.45 %, por lo tanto, la concentración del N depende fundamentalmente de la naturaleza del material empleado y de la degradación de la materia orgánica, sin embargo, hubo una disminución en los días 75 y 90 con 2.32% y 2.27% respectivamente., Esto se debe a que la concentración de N sufre leves oscilaciones teniendo pérdidas por volatilización de amoníaco durante el proceso.

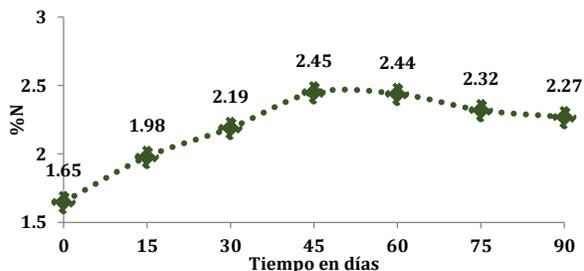


Figura 3. Comportamiento de NT en el proceso de pre-compostaje.

Relación C/N

En La figura 4, muestra el comportamiento respecto al tiempo de la relación C/N en el proceso. En la Figura se observa una relación C/N inicial de 28.5, ya que para un correcto compostaje los microorganismos utilizan 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N óptimo para el proceso es de 25-35 (Jhorar et al., 1991). Sin embargo, conforme pasa el tiempo la relación C/N va descendiendo, pero a partir del día 45 se encuentra una estabilización de 16.8 manteniendo esta relación hasta los 90 días. Zhu et al., (2006) consideran que un compost es suficientemente

estable o maduro cuando $C/N < 20$ aunque esta es una condición necesaria pero no suficiente.

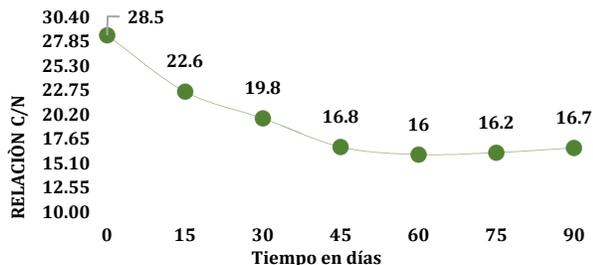


Figura 4. Comportamiento de la Relación C/N a los 90 días del proceso.

Fósforo

En la figura 5, se presentan los valores de la concentración de fósforo disponible en el proceso de pre-composteo. Se observa que el porcentaje más alto de 3.99 % de fósforo se presentó a los 75 días, esto se debe a la disponibilidad de los elementos nutritivos que posee el sustrato a compostear y aunque el fósforo es un nutriente importante debe estar presente en condiciones mínimas para que el proceso se lleve a cabo de manera correcta (Moreno y Moral, 2008).

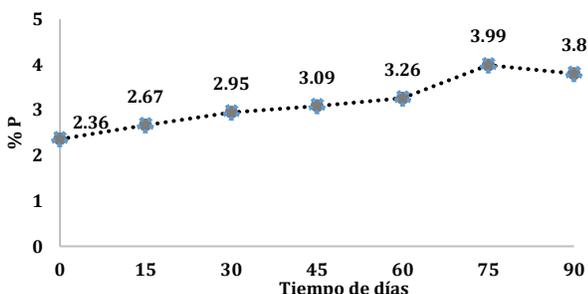


Figura 5. Comportamiento del Fósforo del pre-composteo.

Potasio

En la figura 6, muestran los resultados en porcentajes de potasio en los 90 días. Se observa un incremento considerable a partir de los 60 días de 45.83%, esto se debe que el potasio juega un papel vital en la síntesis de proteínas y de carbohidratos (FAO, 2013), sin embargo, la presencia de cantidades mayores a las estrictamente necesarias podría ser tóxica para los microorganismos implicados en el compostaje (Moreno y Moral, 2008).

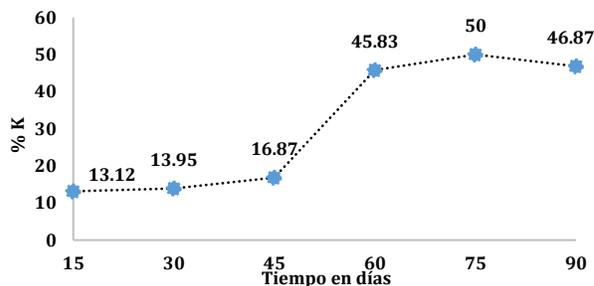


Figura 6. Comportamiento del Potasio del pre-composteo.

Parámetros de control del proceso de pre-composteo en EB con paja

pH

La Figura 7, muestra los resultados del comportamiento de pH de la mezcla en el pre-composteo. Se observa un incremento a través del tiempo, obteniendo al final del proceso un valor de 8.12. Regularmente los procesos con la aireación adecuada conducen a productos finales con un pH de 7 y 8 valores más bajos son indicativos de fenómenos anaeróbicos (Suler et al., 1977).

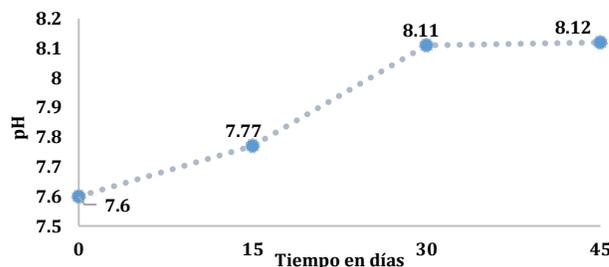


Figura 7. Comportamiento del pH del pre-composteo: paja-EB.

Conductividad eléctrica

En la Figura 8, se muestra el comportamiento de la CE del proceso de pre-composteo en la mezcla a los 45 días. Se puede observar un aumento desde 5.68 dS/m al inicio hasta 7.56 dS/m al final del proceso.

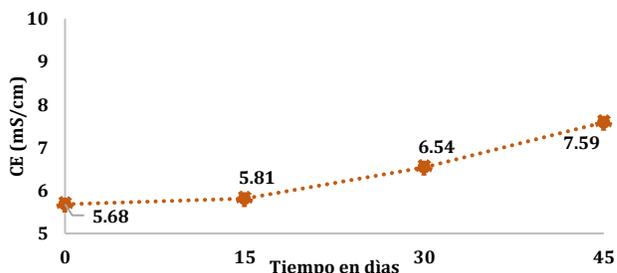


Figura 8. Comportamiento de la CE del pre-composteo: paja-EB.

Nitrógeno

En la Figura 9, se muestra el comportamiento de Nitrógeno del proceso de pre-composteo. En la Figura

siguiente, se observa un inicio de 1.25 % con un incremento al final de 2.22 % de N.

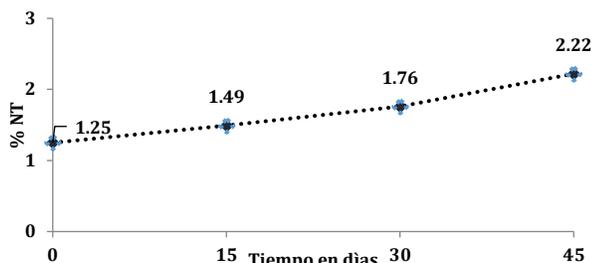


Figura 9. Comportamiento de NT del pre-composteo: paja-EB.

Relación C/N

En la Figura 10, se muestra el comportamiento de la relación C/N en el Pre-composteo de la mezcla con respecto al tiempo. Se observa un descenso en la relación C/N de 36.3 al inicio hasta 18.2 al final.

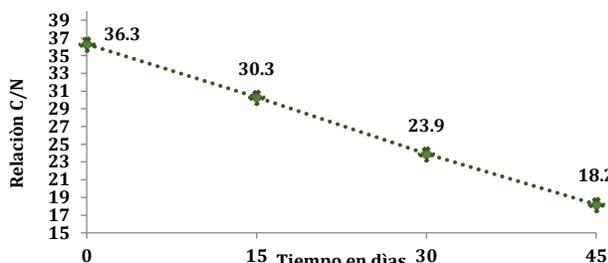


Figura 10. Comportamiento Relación C/N del pre-composteo: paja-EB.

Fósforo

En la Figura 11, se muestran los valores de la concentración de fósforo disponible en el proceso de pre-composteo. Se puede observar un aumento desde 2.28 % al inicio hasta 2.92 % al final del proceso.

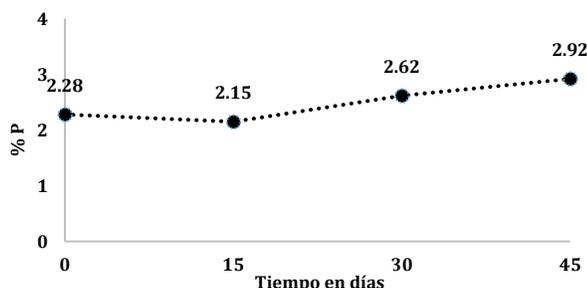


Figura 11. Comportamiento del Fósforo del pre-composteo: paja-EB.

Potasio

La figura 12, muestran los resultados en porcentajes de potasio en el proceso. Se observa que el porcentaje de potasio a los 15 días fue de 14.79, con un incremento desde el inicio de 0.72 % por día. sin embargo, los

resultados se mantuvieron con un incremento por día de 0.007 % desde el día 15 hasta el final del proceso.

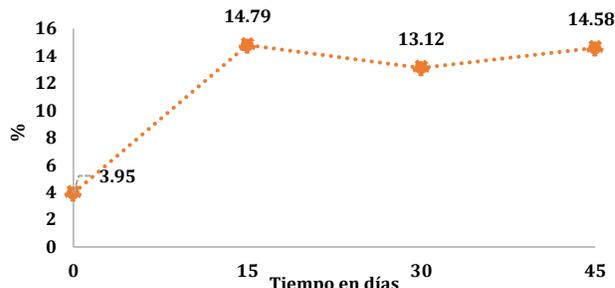


Figura 12. Comportamiento del Potasio del pre-composteo: paja-EB.

Caracterización inicial de la mezcla de EB-vegetales

En este apartado sólo se presenta la caracterización inicial de la mezcla mencionada. No se presentan los valores del análisis de control en campo y laboratorio debido a que se realizó la prueba de viabilidad a la mezcla y se pudo observar que las lombrices se adaptaron y sobrevivieron.

La Tabla 1, muestra las características iniciales de la mezcla de excreta de borrego paja y vegetales. Se observa, que la muestra tiene un porcentaje promedio de materia orgánica (MO) de 63.99, de carbono orgánico (CO) de 37.12, de nitrógeno total (NT) de 2.71, un (pH) de 7.94, una (CE) de 7.92 y una relación de C/N de 74.81.

Tabla 1. Características iniciales de la mezcla:EB-Vegetales.

Parámetro	Unidad	Muestras			
		1	2	3	Promedio
Humedad	%	45.5	44.9	45.7	45.4 ± 0.42
pH		7.9	7.9	7.9	7.9 ± 0.04
CE	dS/m	7.9	7.9	7.9	7.9 ± 0.02
CENIZAS	%	35.6	36.0	36.2	36.0 ± 0.30
MO	%	64.3	63.9	63.7	63.9 ± 0.24
CO	%	37.3	37.1	36.9	37.1 ± 0.17
NT	%	2.7	2.7	2.6	2.7 ± 0.03
C/N		13.6	13.5	13.8	13.6 ± 0.13

Calidad y tipo de la composta de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018.

La tabla 2 establece las especificaciones donde se establecen tres tipos de compostas (Tipo I, II, y III) de acuerdo con la norma antes mencionada.

La Tabla 3, muestra los resultados del cotejo de los valores del pre-composteo de EB con los valores establecidos en la norma antes mencionada en la Tabla 2. El signo ✓ indica los valores que cumple la composta de

excreta de borrego. Se observan valores que cumplen rangos de los tres tipos de composta de la Norma. Sin embargo, la mayoría de los parámetros están establecidos en la composta de tipo III.

La Tabla 4, muestran los resultados del cotejo de los valores del pre-composteo de la mezcla excreta de borrego-paja con las especificaciones del tipo de composta. Se observa que los resultados de la mezcla corresponden a la composta tipo III sin embargo, también se observa que el valor de la conductividad eléctrica está dentro de los valores de la composta tipo II.

Tabla 2. Especificaciones por tipo de composta por norma.

Parámetros	Valoración de Tipo de composta		
	I	II	III
Humedad (%)	25 - 35		< 35 - 45
pH	6.7 - 8.5		
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.5 - ≤ 4	4 - ≤ 8	8 ≤ - 12
Materia orgánica (%)	≥ 50	30 - 50	20 - 30
Carbono orgánico total (%)	Mínimo 10 % debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Nitrógeno total (%)	3	2	1
Relación C/N (%)	15 - ≤ 20	20 ≤ 25	
Macronutrientes primarios Fósforo (P), Potasio (K) en (%MS)	De 1 % a 3% en cualquiera de ellos y su suma ≤ 7%: debe portar la leyenda "Composta - mejorador de suelo orgánico" si cualquiera excede 3 % o la suma es mayor a 7% debe portar la leyenda "Fertilizante orgánico" y se debe indicar las cantidades para cada macronutriente.		
Granulometría	≤ 10 mm	10 mm ≤ 30 mm	
Fitotoxicidad (Índice de Germinación, IG)	IG > 90%	IG 85% a 90%	IG 80% a 85%
Temperatura medida a una profundidad ≥ 50 cm	25°C - 35°C		36°C - 50°C

Tabla 3. Valoración de la pre-composta de EB.

Parámetros	Valores	Valoración de Tipo de composta		
		I	II	III
Humedad (%)	68.08			✓
pH	8.12			✓
Conductividad eléctrica (dS/m)	8.34			✓
Materia orgánica (%)	63.9	✓		
Carbono orgánico total (%)	37.1			✓
Nitrógeno total (%)	2.27	✓		
Relación C/N (%)	16.7	✓		
Macronutrientes primarios Fósforo (P), Potasio (K) en (%MS)	3.8 46.87			"Fertilizante orgánico"
Granulometría	-	-	-	-
Fitotoxicidad (Índice de Germinación, IG)	-	-	-	-
Temperatura medida a una profundidad ≥ 50 cm	28 °C		✓	

Tabla 4. Valoración de la pre-composta de EB:paja

Parámetros	Valores	Valoración de Tipo de composta		
		I	II	III
Humedad (%)	45.42			✓
pH	7.94			✓
Conductividad eléctrica (dS/m)	7.92		✓	
Materia orgánica (%)	63.99	✓		
Carbono orgánico total (%)	37.12			✓
Nitrógeno total (%)	2.71	✓		
Relación C/N (%)	13.67	✓		
Macronutrientes primarios Fósforo (P), Potasio (K) en (%MS)	3.14 21.87			"Fertilizante orgánico"
Granulometría	-	-	-	-
Fitotoxicidad (Índice de Germinación, IG)	-	-	-	-
Temperatura medida a una profundidad ≥ 50 cm	-		✓	

La Tabla 5, muestran los resultados del cotejo de los valores del pre-composteo de la mezcla excreta de borrego-paja-vegetal con las especificaciones del tipo de composta. Se observa que los resultados de la mezcla corresponden a la composta tipo III, sin embargo, también se observa que el valor de la conductividad eléctrica está dentro de los valores de la composta tipo II.

Tabla 5. Valoración de la pre-composta de EB:paja-vegetal

Parámetros	Valores	Valoración de Tipo de composta		
		I	II	III
Humedad (%)	45.42			✓
pH	7.94			✓
Conductividad eléctrica (dS/m)	7.92		✓	
Materia orgánica (%)	63.99	✓		
Carbono orgánico total (%)	37.12			✓
Nitrógeno total (%)	2.71	✓		
Relación C/N (%)	13.67	✓		
Macronutrientes primarios Fósforo (P), Potasio (K) en (%MS)	3.14 21.87		"Fertilizante orgánico"	
Granulometría	-	-	-	-
Fitotoxicidad (Índice de Germinación, IG)	-	-	-	-
Temperatura medida a una profundidad \geq 50 cm	-		✓	

Conclusiones

Con base en el análisis de resultados y de acuerdo con la NMX-AA-180-SCFI-2018 se determinó que las compostas obtenidas son de tipo II y tipo III y se considera como un fertilizante orgánico.

Se sugiere que todo el material como las excretas de animales deben pasar por un proceso de precompostaje antes de aplicar el vermicompostaje. El factor del tiempo es importante para lograr una composta de calidad.

Agradecimientos

Al laboratorio de Química y Fisicoquímica Ambiental de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería en la Unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana por la estancia de investigación.

Referencias

- Díaz M.J., Madejón E., Cabrera F., Jiménez L., De Bertoldi M. (2004). Using a second-order polynomial model to determine the optimum vinasse/grape marc ratio for in-vessel composting. *Compost Science and Utilization*, 12(3), 273-279. Doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702192
- FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- González-Rosales G., Nieto-G.A., Murillo-A.B., Ramírez-S.R., Villavicencio-Floriani E. (2019). Lombricomposta. Guía Para Su Elaboración. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Ed. Trillas. Trillas. p.96
- Jhorar B.S., Phogat V., Malik R. S. (1991). Kinetics of Composting Rice Straw with Glue Waste at Different Carbon: Nitrogen Ratios in a Semiarid Environment. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 5(4), 297-306. Doi.org/10.1080/15324989109381289
- Moreno Casco J., Moral Herrero R. (2008). Compostaje. Mundi-Prensa (Mundi-Pren). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Sánchez-Monedero M. A., Roig A., Paredes C., Bernal M. P. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology*, 78(3), 301-308. Doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00031-1
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1984). NMX-AA-016-1984. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de humedad. Diario Oficial de La Federación.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1985). NMX-AA-067-1985- Protección Al Ambiente-Contaminación Del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación De La Relación Carbono/Nitrogeno. Diario Oficial de La Federación.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba, Diario Oficial de la Federación (2008). Retrieved from <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-109-scfi-2008.pdf>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (2018). NMX-AA-180-SCFI-2018. Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos fi. Diario Oficial de La Federación.

SEMARNAT. (2002). NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de La Federación. Retrieved from http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002

Sharma K., Garg V. K. (2018). Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource Technology*, 250(November 2017), 708–715. Doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101

Suler D. J., Finstein M.S. (1977). Effect of temperature, aeration, and moisture on CO₂ formation in bench scale, continuously thermophilic composting of solid waste. *Applied and Environmental Microbiology*, 33(2), 345–350. Doi.org/10.1128/AEM.33.2.345-350.1977

Zhu N. (2006). Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot-scale aerated static bin system. *Bioresource Technology*, 97(15), 1870–1875. Doi.org/10.1016/j.biortech.2005.08.011