

Factores determinantes de la calidad de una composta aeróbica a partir de estiércol de bovino

Determining factors of the quality of aerobic compost from bovine manure

Jesús Arcadio Muñoz Villalobos^{1*}, José Alberto Urrieta Velázquez², Julián Cerano Paredes, Erika Nava Reyna², Vicenta Constante García², Ramón Trucíos Casiano²

¹Campo Experimental Delicias; Centro Regional Norte Centro; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas Pecuarias (CIRNOC-INIFAP).

²INIFAP; CENID RASPA, km 6.5 margen derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo. México. 35140.

*Autor para correspondencia: villalobos.arcadio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las compostas son fertilizantes orgánicos que pueden aportar los macros y micro nutrientes esenciales para las plantas, aunque en forma orgánica y en más bajas proporciones que los fertilizantes minerales. La calidad de una composta está definida por los niveles de nutrientes que aporta para las plantas al usarse como fertilizante orgánico. Sin embargo, existen factores que van a determinar la calidad de la enmienda para usarse como fertilizante, y en este caso los materiales de base que se usan como materia prima para generar la composta. Los factores más importantes que intervienen en el proceso del composteo y que son esenciales en la descomposición de los materiales orgánicos son el pH, la temperatura, la humedad y la aireación de la pila de composta, pero también son importantes componentes como el carbón orgánico, relación carbono nitrógeno (C/N) y el nitrógeno total (Rivas y Silva, 2020). El objetivo del trabajo fue la evaluación de la evolución del carbón orgánico (CO), el nitrógeno total (NT) y la relación C/N, en la dinámica del desarrollo en cinco materiales composteados. Las variables se midieron en cuatro etapas del proceso de composteo aeróbico. Los tratamientos que se evaluaron, fueron cinco el T1 fue de 100% E+0 % R; el T2 se hizo con 75% E+25% R; en el T3 se mezclaron un 50% de E + 50% R; en el T4 se hizo con el 25% de E y un 75% R. Se usó un diseño experimental de bloques al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Cuando las compostas iniciaron el proceso se muestrearon todos los tratamientos para caracterizar cada una de las mezclas y después cuando estuvieron terminadas se tomaron muestras de cada tratamiento para analizarlas en el laboratorio y determinar los contenidos de carbón orgánico (CO) y nitrógeno total para calcular la relación C/N. Los resultados estadísticos mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las tres variables en el muestreo inicial y final. En el muestreo final de las compostas terminadas, los tratamientos mostraron diferencias significativas y mantuvieron la tendencia al registrar un mayor porcentaje de NT y CO cuando la composta tuvo una mayor proporción de rastrojo de maíz.

Palabras clave: Composteo, estiércol, rastrojo de maíz, microorganismos.

ABSTRACT

Composts are organic fertilizers that can provide essential macro and micronutrients for plants, although in organic form and in lower proportions than mineral fertilizers. The quality of a compost is defined by the levels of nutrients it provides for plants when used as an organic fertilizer. However, there are factors that will determine the quality of the amendment to be used as fertilizer, and in this case the base materials that are used as raw materials to generate the compost. The most important factors involved in the composting process and that are essential in the decomposition of organic materials are the pH, temperature, humidity and aeration of the compost pile, but components such as organic carbon, carbon nitrogen ratio (C/N) and total nitrogen (Rivas and Silva, 2020). The objective of the work was the evaluation of the evolution of organic carbon (CO), total nitrogen (TN) and the C/N ratio, in the dynamics of development in four composted materials. The variables were measured in four stages of the aerobic composting process. The treatments that were evaluated were five, T1 was 100% E+0% R; T2 was done

with 75% E+25% R; In T3, 50% E + 50% R were mixed; in T4 it was done with 25% E and 75% R. A randomized block experimental design was used with 4 treatments and 4 repetitions. When the composts began the process, all the treatments were sampled to characterize each of the mixtures and then when they were finished, samples of each treatment were taken to analyze them in the laboratory and determine the contents of organic carbon (CO) and total nitrogen to calculate the C/N ratio. The statistical results showed significant differences between treatments for the three variables in the initial and final sampling. In the final sampling of the finished composts, the treatments showed significant differences and maintained the trend by registering a higher percentage of NT and CO when the compost had a higher proportion of corn stover.

Keywords: Composting, manure, corn stover, microorganisms.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos toman el nitrógeno de los materiales orgánicos en forma de amonio y que se transforma en nitrato, proceso que conocemos como amonificación. La participación de los microorganismos en la mineralización de los elementos que son usados para multiplicarse y aprovechan el carbón orgánico como fuente de energía para desarrollar este proceso (Dalzell, *et al.* 1991). Hay ciertos factores que se deben considerarse para cada uno de los materiales que se van a usar en la producción de una composta. Se debe conocer su valor de la relación C/N, y se tienen como referencia valores óptimos entre 25/1 hasta 40/1. Estos valores están relacionados con los porcentajes de carbón orgánico (CO) y el nitrógeno total (NT) contenidos en los materiales que se van a mezclar para generar una composta de calidad. Si la relación carbono nitrógeno C/N es muy alta o muy baja, la descomposición de los materiales orgánicos incluidos en la composta va a ser muy lenta. Un desbalance en las proporciones del CO y el NT, afecta la velocidad de la descomposición y también afectará la calidad de la composta. El nitrógeno que es rescatando lo utilizan para el crecimiento de la población, pero el exceso de nitrógeno generará amoníaco y otros olores, y puede contaminar el agua (Dalzell, *et al.* 1991).

Lo más recomendable cuando se va a producir una composta aeróbica, es que los materiales ricos en nitrógeno se mezclen en proporciones determinadas, con una fuente con un alto contenido de carbono, como el forraje seco de maíz (rastrojo). El tamaño de las partículas de los materiales es importante en esta mezcla. En los rastrojos de maíz, el carbono tiene una mayor concentración que en una planta verde, de tal manera que con el tamaño de la partícula muy fina el carbono tendrá una mayor exposición para los microorganismos. Al descomponer los residuos se

genera calor por la actividad de los microorganismos. Cuando las temperaturas alcanzan más de 70° C, los organismos empiezan a morir. Es cuando se debe airear la pila antes de que la temperatura alcance este punto. Esta actividad debe de realizarse regularmente en las primeras 2 semanas de iniciado el composteo, lo cual impedirá el recalentamiento de la pila, para evitar la reducción de las poblaciones que descomponen los materiales orgánicos. El objetivo del presente trabajo fue medir el efecto de diferentes mezclas de materiales con variación en los porcentajes de CO, NT y relación carbono/nitrógeno sobre la calidad de la composta en un proceso de composteo aeróbico. En una composta aeróbica, las bacterias, hongos y otros microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición de los materiales orgánicos, consiguen su energía de fuentes de carbono, tales como residuos de cosecha, rastrojos, aserrín, etc. (Kim *et al.* 2000; Muñoz *et al.* 2022). Los microorganismos descomponen más rápido los residuos que una relación carbono y nitrógeno optima (entre 25 a 30), y se quedan los materiales más resistentes con una relación C/N mayor de 40. Conforme las temperaturas bajan al transcurrir el tiempo, el compost toma textura granulosa y oscura. Llegado este punto, el compost debe ponerse en acumulaciones grandes para madurar.

Los materiales que se incluyen en una composta deben tener una buena calidad en relación al porcentaje de nutrientes para que la tasa de descomposición y liberación de los nutrientes están determinadas por la calidad de la materia orgánica. La calidad del material vegetal es definida por los constituyentes orgánicos y los contenidos de nutrientes. La calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble, la celulosa (hemicelulosa) y la lignina; en este caso la calidad se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores

(Sánchez *et al.*, 2008). Las mezclas de enmiendas orgánicas como estiércoles y todos los materiales orgánicos reciclables que potencialmente se pueden usar como materiales de base para hacer una composta, y que posteriormente se puede utilizar como fertilizante en los cultivos o como mejoradores de suelos (Soto, 2003; Bernal *et al.*, 2009). En una composta aeróbica, las bacterias, hongos y otros microorganismos que llevan a cabo el proceso de descomposición de los materiales orgánicos, consiguen su energía de fuentes de carbón, tales como residuos de cosecha, rastrojos, aserrín, etc. (Kim *et al.* 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hicieron mezclas de estiércol de bovino y rastrojo de maíz, para generar los siguientes tratamientos: (T1) 100% Estiércol, 0 % Rastrojo; (T2) 75% Estiércol, 25% Rastrojo; (T3) 50% Estiércol, 50% Rastrojo; (T4) 25% Estiércol, 75% Rastrojo. Se evaluó la evolución de la descomposición en cuatro tiempos del proceso de composteo. El composteo de las mezclas se evaluó en pilas de aproximadamente 200 kilogramos (composteo aeróbico).

El proceso que se usó para hacer las mezclas de los tratamientos de composteo evaluados fue, el de colocar capas de los materiales de base, primero se puso una capa de rastrojo de maíz, más una capa de estiércol de vaca; mezclando los materiales con base al peso. La mezcla se humedeció hasta alcanzar niveles óptimos entre de humedad (entre el 50% al 60%).

El trabajo se estableció en terrenos del Centro Nacional de Investigación en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (INIFAP; CENID-RASPA). Se establecieron pilas de las mezclas antes mencionadas para desarrollar el composteo aeróbico al aire libre sobre una superficie de terreno cubierta con una película de plástico. Las pilas se taparon con cubiertas de plástico con el objetivo de proteger las compostas y evitar que se alteraran los contenidos de humedad y afectar las temperaturas alcanzadas en su momento.

Se usó un diseño experimental que se usó en el experimento fue un arreglo de bloques completamente al azar, con 5 repeticiones (Figura 1). Cuando las compostas estuvieron terminadas se tomaron muestras de cada tratamiento para analizarlas en el laboratorio y determinar las concentraciones de carbón orgánico (CO),

nitrógeno total (NT) y la relación carbono nitrógeno (C/N) para determinar la calidad de las compostas en base a estos indicadores. Los muestreos de las compostas para analizar en el laboratorio se hicieron en cuatro tiempos; al inicio del composteo o tiempo cero (T0) y a los 90 días de composteo (T4).



Figura 1. Un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados estadísticos mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las tres variables en el muestreo inicial y final. Se observa que el nitrógeno total fue menor en los tratamientos que recibieron una menor cantidad de estiércol en la mezcla, sin embargo, y considerando un comportamiento lógico, los valores del carbón orgánico y la relación carbono nitrógeno, fueron mayores al inicio, cuando las cantidades de rastrojo de maíz se incrementaron en las mezclas de los tratamientos de composteo.

En el muestreo final de las compostas terminadas, los tratamientos mostraron diferencias significativas y mantuvieron la tendencia al registrar un mayor porcentaje de NT y CO cuando la composta tuvo una mayor proporción de rastrojo de maíz. Sin embargo, la relación C/N se redujo cuando la cantidad de estiércol fue menor en la mezcla para la composta, y por otra parte, los valores de la relación C/N fue más baja cuando el porcentaje de rastrojo se incrementó.

Cuadro 1. Valores de las medias de porcentajes contenidos en los tratamientos evaluados en diferentes compostas.

Tratamiento	Muestreo de inicio T0			Muestreo Final T4		
	NTK (%)	C.O. (%)	C/N	NTK (%)	C.O. (%)	C/N
100 E + 0 R	1.6a	34.8c	22c	1.60c	31.1ab	19a
75 E + 25 R	1.5ab	40.8b	28c	1.67bc	31.3ab	19a
50 E + 50 R	1.2c	42.9ab	35b	1.84ab	31.5ab	17b
25 E + 75 R	1.0c	45.6a	45a	1.87a	32.1a	17b

*Los valores con la misma letra en la misma columna no son estadísticamente diferentes

Los resultados que se muestran en el Cuadro 1, indican que el valor de la relación C/N se redujo cuando se compararon los valores del análisis inicial (T0) con el resultado del análisis final (T4). Sin embargo, la relación C/N se incrementó al inicio, en todos los tratamientos, mostrando el valor más bajo el tratamiento 100% de E (T1) con una diferencia de 22 de C/N (Figura 2). También se puede observar que los valores más bajos de la relación C/N se observaron al final (T4), en los tratamientos donde se mezcló un menor porcentaje de estiércol (Figura 2 y Cuadro 1).

De acuerdo con estos resultados se puede concluir que estas tres variables son afectadas por las concentraciones de estiércol y rastrojo en formas diferentes como en el caso del CO, donde se observa una correlación directa con el porcentaje del rastrojo (R), o sea, a mayor concentración de rastrojo se tiene un valor mayor de CO (Figura 4).

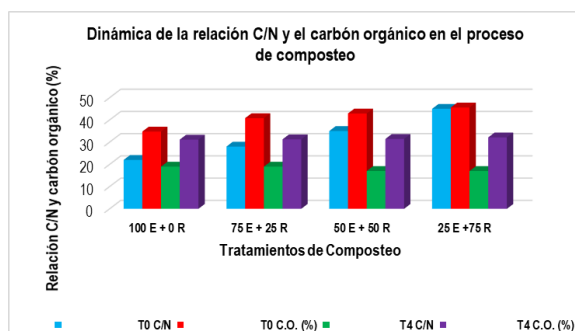


Figura 2. Gráfica del efecto de los tratamientos de composteo con mezclas de estiércol y rastrojo de maíz sobre la relación carbono nitrógeno y el porcentaje de carbono orgánico (CO), en la etapa inicial y final del composteo aeróbico.

En el Cuadro 1 y en la Figura 3, se observa que, en el análisis final de las compostas el NT se incrementó con una menor concentración de estiércol en la mezcla de la composta; por ejemplo, el T1 con 100% de E muestra un valor de NT de

1.60%, mientras que en el T4 con un 1.87% de estiércol.

Este comportamiento se debe a que en esta etapa del composteo hay una mayor liberación del NT por la mineralización del elemento en el proceso de descomposición del estiércol (Cordero, 2013).

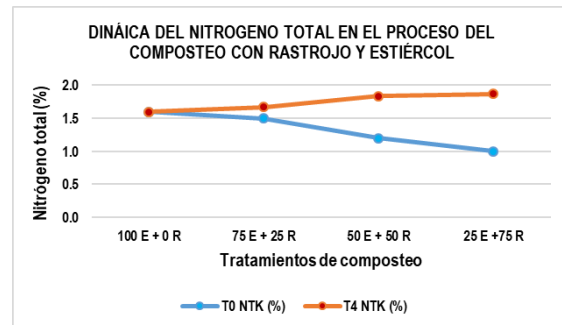


Figura 3. Gráfica del efecto de los tratamientos de composteo con mezclas de estiércol y rastrojo de maíz sobre nitrógeno total (NT), en la etapa inicial y final del composteo aeróbico.

En la Figura 3, los tratamientos de composteo con mezclas de estiércol y rastrojo de maíz, muestran un efecto significativo sobre el nitrógeno total (NT). En el análisis inicial de las compostas, el NT se incrementa por efecto del porcentaje de estiércol en cada tratamiento. En el tratamiento con 100% de E el valor de NT es de 1.6%, mientras que en el tratamiento con un 25% de estiércol en la mezcla, el valor se redujo hasta 1.0%. Sin embargo, en el análisis final de las compostas resultantes, se observa que los valores de NT se incrementan cuando el porcentaje de estiércol es menor en la mezcla (Barbaro *et al.*, 2013). La descomposición de la materia orgánica en el composteo, permite la mineralización del nitrógeno en forma de amonio (NH_3). La materia orgánica al transformarse, libera el contenido de nitrógeno que contiene en sus partículas, debido a actividad microbiana, liberándose como (NH_3) que posteriormente se transforma nitrato (NO_3). El contenido de nitrógeno en una composta puede variar entre 1.5 y 2.5 %; estos porcentajes dependen de los materiales de base usados para elaborarla (Tiquia y Tam, 2000).

En la Figura 4, se presenta la dinámica del carbono orgánico, y se observa que los porcentajes de este componente presentaron una mayor variabilidad en el análisis inicial con porcentajes desde 34.0 hasta 45.6 % de CO. La línea de los valores de CO iniciales, presentaron una relación directa con el porcentaje de rastrojo de maíz incluido en la mezcla de los tratamientos composteados. Sin embargo, en los resultados del análisis final, los

valores se mantuvieron constantes alrededor del 31 % de CO (Riera et al., 2014).

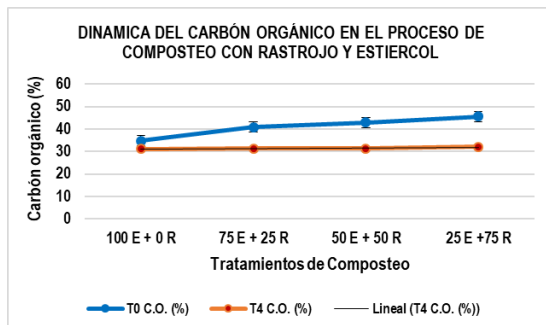


Figura 4. Gráfica del efecto de los tratamientos de composteo con mezclas de estiércol y rastrojo de maíz sobre porcentaje de carbono orgánico (CO), en la etapa inicial y final del composteo aeróbico

Si se observa el comportamiento de la dinámica en el tiempo del NT y CO en los tratamientos de composta evaluados, las dos variables muestran una variabilidad desde sus valores de inicio, hasta los valores resultantes después del proceso de composteo (Figuras 3 y 4). Estas dos variables determinan la relación carbono y nitrógeno (C/N), la cual determina la rapidez con la que se puede desarrollar una composta, debido a su influencia en la actividad microbiana. Si la relación de C/N es alta, debido a un alto contenido de carbono (rastrojo, paja, etc.), entonces se generará un proceso de composteo lento. Por otra parte, si se tiene una relación C/N baja, debido a un alto contenido de nitrógeno (estiércol u otra fuente rica en nitrógeno), como consecuencia, el proceso de descomposición de los materiales será rápido debido al aumento de las poblaciones de microorganismo porque hay más comida, sin embargo, se provoca las pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco por la eficiencia de los microorganismos en la liberación de este elemento (Sánchez et al., 2001).

CONCLUSIONES

De acuerdo con estos resultados se puede concluir que estas tres variables son afectadas por las concentraciones de estiércol, en los cuatro tratamientos evaluados, y el porcentaje de rastrojo influyó en la rapidez con que se procesan las mezclas incluidas en los tratamientos evaluados para compostear. como en el caso del carbono orgánico, donde se observa una correlación directa con el porcentaje del rastrojo (R), ya que, con una mayor concentración de rastrojo en la composta, se tiene un mayor valor de CO.

Se observó que existe una correlación directa entre la CO y la concentración de rastrojo, porque cuando se mezcla un mayor porcentaje de rastrojo en la composta y el valor de la relación C/N será alta.

De acuerdo con estos resultados se puede concluir que estas dos variables son afectadas por las concentraciones de estiércol y el rastrojo en formas diferentes como en el caso del CO, donde se observa una correlación directa con el porcentaje del rastrojo (R), o sea, a mayor concentración de rastrojo se tiene un valor mayor de CO.

Las variables evaluadas (CO, NT y C/N) son determinantes en la calidad de una composta debido a pueden determinar los niveles de elementos nutrimentales como es el caso del porcentaje del nitrógeno (N) en una composta terminada.

LITERATURA CITADA

- Barbaro, L.A.; M.A. Karlanian, P.F. Rizzo, N.I. Riera, V. Della Torre, M. Beltrán y D.E. Crespo. 2013. Compost de guano de gallina en la composición de sustratos para la producción de plantines florales. *Agriscientia*. Vol. 30. No 1. pp. 25-35
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453. doi: 10.1016/j.biortech.2008.11.027.
- Cárdenas, P.A, Carrasco, J.A, Pinochet, D. 2017. Cambia la mineralización del nitrógeno desde abonos orgánicos compost, bokashi y biol provenientes del mismo guano de gallina. *Agro Sur*. Vol. 45. No. 2. pp. 47-56. DOI:10.4206/agrosur. 2017.v45n2-05
- Cordero, J. R. I. 2013. Caracterización química del estiércol y su manejo en explotaciones de lechería familiar de los altos de Jalisco. Tesis de Ingeniero en sistemas pecuarios. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de los Altos División de Ciencias Biomédicas e Ingenierías. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Pp 68-75.
- Dalzell, H.W., A. Biddlestone, K. Gray y K. Thuraiarajan. 1991. Manejo del suelo, producción y uso de la composta en

- ambientes tropicales y subtropicales. Boletín Suelos 56. FAO. Roma. 178 p.
- Hernández-Rodríguez O. A., Hernández-Tecorral A., Rivera-Figueroa C., Arras-Vota A. M. y D. Ojeda-Barrios. 2013. Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. Facultad de Ciencias Agro tecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Terra Latinoamericana. Vol. 31, No. 1, pp. 31: 35-46.
- Kim T.I., Jeong K.H., Ham J.S., Yang C.B., Chung I.B., Kim M.K., Kim K.N. 2004. Isolation and characterization of cellulase secreting bacterium from cattle manure: Application to Composting. Compost Science & Utilization 12:242-248.
- Muñoz V. J. A., Urrieta V. J. A., Cerano P. J., Martínez S. A. R., Macías R. H. 2022. Contribución de micronutrientes en una composta aeróbica elaborada con estiércol de ganado bovino INIFAP. Agrofaz: Vol. 4, Nº. 2, 2022, pp. 15-22
- Riera N.I. Della T.V., Rizzo P.F., Bultti M., Bressan F.M., Zarate N. y Crespo D.E. (2014). Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas. Rev. Fac. Cienc. Agrar. 46 (1), 195-203.
- Rivas, N. M. Silva, A. R. 2020. Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). Universidad Estatal de Milagro. Revista Ciencia Unemi, Vol. 13, Núm. 32. pp. 87-100.
- Sánchez-Monedero M.A., Roig A., Paredes C. y Bernal M. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. Biores. Technol. 78, 301-308. DOI: 10.1016/S0960-8524(01)00031-1
- Soto, M. G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica, pp. 20-49.
- Tiquia, S. M., Tam N. F. Y. 2000. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. Environmental Pollution. ELSEVIER. Vol. 110. Issue (3). pp. 535-541.