

Disposición y tamaño de los desechos sólidos en el proceso de biodegradación aeróbica

Setting and particle size of solid wastes in the process of aerobic biodegradation

Jesús E. Matheus; Rudth Fernández y Torres Floride¹.

¹ Universidad de Los Andes, Núcleo Rafael Rangel, Departamento de Ciencias Agrarias. Trujillo. Edo. Trujillo. Venezuela. E-mail jmatheus@ula.ve

RESUMEN

En el Núcleo "Rafael Rangel" de la Universidad de Los Andes en Trujillo se colectaron restos de poda de grama, desechos sólidos orgánicos frescos del comedor universitario y estiércol de bovinos que sirvieron como materia prima para la elaboración de ocho pilas de compost. Cuatro se elaboraron siguiendo la metodología "indore" que consistió en la colocación de capas alternas de los materiales señalados hasta alcanzar una altura de 1,50m, en las otras cuatro pilas los materiales los fueron picados y mezclados homogéneamente antes de la construcción de las mismas; los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente. Durante el proceso se controló la humedad, se registró la temperatura diariamente y se efectuaron volteos de los montones según la evolución de la temperatura, tomando muestras para determinar pH, conductividad eléctrica (CE), carbono y nitrógeno total. Los compost elaborados fueron secados, tamizados y caracterizados determinando, además de las variables señaladas, el índice de humificación, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), densidad aparente y distribución del tamaño de partículas. Para evaluar la diferencia entre los valores promedio obtenidos se aplicó la prueba t de significación estadística. Los resultados señalan que hubo efecto de la forma en que se colocaron los materiales y de la reducción del tamaño de las partículas en la biodegradación de los desechos, solamente en las variables pH y conductividad eléctrica.

Palabras clave: compost, desechos, reciclaje, degradación, mezclas.

ABSTRACT

In the Nucleo Rafael Rangel of the University of Los Andes in Trujillo, six compost piles were built using grass clippings, fresh solid organic wastes from the university cafeteria, and bovine manure as raw materials. Three of the piles were prepared following the indore method that involved stacking alternate layers of those materials to a height of about 1.50 m. For the other three piles, the materials were chopped and mixed homogeneously before they were made. During the decomposition period, the compost pile moisture was controlled, temperature was daily registered, and aeration by turning the heaps was kept under control according to the evolution of the process. Samples were taken to measure pH, electric conductivity, carbon, and total nitrogen. The finished composts were dried, screened, and characterized to determine the humification index, cation exchange capacity, bulk density and particle size distribution. The results indicated that neither the way in which the materials were stacked, nor the reduction in particle size had significant effect on biodegradation of the waste materials.

The results showed that there was significant effect on the form that the solid wastes were disposed and of the particle size of the material just with the pH and the electrical conductivity variables.

Index words: composting, wastes, recycling, degradation, mixes.

INTRODUCCIÓN.

El uso de los desechos sólidos orgánicos mediante la técnica de compostaje, constituye una alternativa que actualmente se implementa en diversos países para el suministro de nutrientes en sistemas de producción orgánica y una de las principales tecnologías asequibles para hacer viable el reciclaje de residuos. El procesamiento de los desechos orgánicos para la producción de abonos, se hace necesario para contribuir a solventar problemas ambientales mediante el desarrollo de alternativas tecnológicas adaptables a las condiciones de cada región, a fin de obtener productos de calidad a menor costo posible y que además contribuirán con la activación biológica y el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo (Soto, 2003).

El compostaje es el proceso de degradación biooxidativo y catabólico de un sustrato orgánico sólido a través de organismos descomponedores hasta la obtención de un producto heterogéneo y estable denominado compost. Existen diversos sistemas tecnológicos para el procesamiento de los desechos sólidos mediante biodegradación aeróbica; en todos ellos se realizan una serie de procedimientos que tienen como objetivo acondicionar la masa de residuos para optimizar la eficiencia del proceso. En tal sentido, se debe garantizar la presencia de oxígeno, humedad y una mezcla balanceada de materia prima, además de considerar otros aspectos como el pH, la presencia de fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples y el tamaño de las partículas (Restrepo, 2001; Soto, 2003). La forma en que se disponen los materiales en las pilas y el desmenuzamiento de los residuos para reducir su tamaño son dos aspectos relevantes que van a determinar las propiedades físico-mecánicas de la mezcla de residuos como el índice de espacios vacíos y la masa volumétrica que condicionan el contacto entre las partículas, la evolución de la temperatura, la aireación, la retención de humedad y las reacciones que ocurran durante la degradación de los materiales y que en última instancia afectará la velocidad de descomposición y las características del producto obtenido. Tomuela *et al.* (2002) refieren que la reducción del tamaño de las partículas y la mezcla homogénea de los materiales, permite aumentar considerablemente el área superficial y el contacto entre los diferentes materiales lo que garantiza un ataque más específico por parte de las enzimas catabólicas de los microorganismos incrementando la velocidad de las reacciones bioquímicas durante el proceso de compostaje aerobio; además, el tamaño de las partículas determina la dimensión de los espacios entre las mismas, el movimiento de los gases y de retención de líquidos que es muy importante en el compostaje; no obstante, el fraccionamiento excesivo de los residuos podría crear condiciones adversas al buen desarrollo del proceso.

En este trabajo se estableció como objetivo determinar el efecto de la forma en que se disponen los materiales y el tamaño de los mismos en el proceso de biodegradación aeróbica de los desechos sólidos del comedor del Núcleo "Rafael Rangel" de la Universidad de Los Andes (ULA) en Trujillo.

MATERIALES Y METODOS.

El presente trabajo de investigación se realizó en La Unidad de Producción Integrada (UPI) del Núcleo "Rafael Rangel", de la ULA, ubicada en el Municipio Pampanito del estado Trujillo. Como fuente de materia prima para la elaboración del compost, se colectaron restos de poda de grama procedentes de la limpieza de las áreas verdes de la Villa Universitaria, desechos orgánicos frescos del comedor (restos de hortalizas y frutas) y estiércol de bovino procedente de la Operadora Agrícola "Rafael Rangel"; con ellos se elaboraron ocho pilas de compost empleando los materiales señalados en una proporción 3:1:1, para garantizar una relación inicial C/N adecuada de la mezcla.

Cuatro de las pilas de compost (tratamiento 1) se realizaron siguiendo la metodología "indore" que consistió en la colocación de capas alternas de restos de poda, desechos frescos y estiércol de bovino en las proporciones indicadas en forma sucesiva hasta alcanzar la altura deseada. Para la elaboración de las otras cuatro pilas (tratamiento 2) los materiales fueron picados (aproximadamente 5 a 10 cm) y mezclados homogéneamente antes de la construcción de las mismas; los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente. El tamaño de las pilas fue de 1,20 m ancho, 1,50 m largo y 1,50 m de altura y se hicieron directamente sobre la superficie del suelo.

Durante el proceso de biodegradación se controló la humedad entre 40 y 60% mediante muestreos periódicos determinando la humedad gravimétrica, humedeciéndolas cuando se consideró necesario y se registró diariamente la temperatura en la parte central de cada una de las pilas. Una vez que se alcanzó la fase termofílica (a los doce días de construidas) se realizó el primer volteo con la finalidad de promover la aireación necesaria para el proceso oxidativo; los demás volteos se realizaron según la evolución de la temperatura correspondiendo a los 26, 45 y 64 días de iniciado el proceso. En cada uno de los volteos se tomaron cuatro muestras compuestas de cada pila para determinar pH, conductividad eléctrica, carbono total, nitrógeno total y relación C/N.

Al finalizar el proceso, el compost obtenido de cada pila fue secado, pesado y caracterizado determinándose las siguientes variables: pH y CE (método electrométrico), C/N, índice de humificación (Sequí *et al.*, 1986), capacidad de intercambio catiónico (Harada e Inoco, 1980), % de partículas con diámetro ≤ 2 mm (juego de tamices) y densidad aparente. Para evaluar la diferencia entre los valores promedio obtenidos se aplicó la prueba t de significación estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Figura 1 se presenta la evolución de la temperatura durante el proceso según las metodologías empleadas. En ambos casos se observó una similar tendencia: al inicio una fase termofílica en la cual se alcanzan temperaturas superiores a 60 °C, luego la fase mesofílica (temperaturas cercanas a 40 °C) y finalmente la etapa de maduración hasta alcanzar la temperatura ambiente.

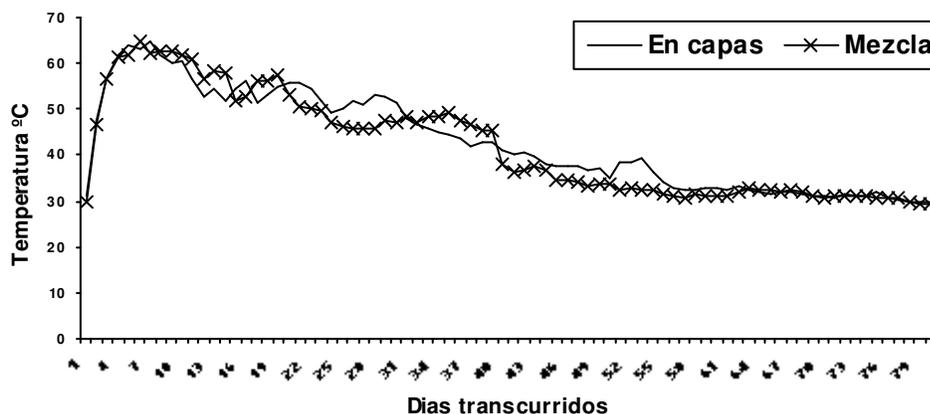


Figura 1. Evolución de la temperatura durante el proceso de biodegradación

El similar comportamiento observado en los dos tratamientos considerados en este trabajo indica que ni la forma en que fueron dispuestos los desechos ni el tamaño de los mismos afectaron el comportamiento de la curva de evolución de la temperatura, lo que difiere de lo señalado por Tchobanoglous (1994) y Tomuela *et al.* (2002), quienes señalan que la disminución del tamaño de los materiales incrementa la velocidad de degradación acortando el tiempo del proceso.

Las Figuras 2 y 3 muestran la evolución de las variables pH y conductividad eléctrica; el pH incrementa levemente durante el proceso de degradación para luego disminuir hasta valores cercanos a la neutralidad cuando se alcanza la fase de maduración. Esta fluctuación en el pH y la conductividad eléctrica puede ser consecuencia de la actividad del ión amonio y la mineralización de los distintos nutrientes en forma de sales solubles (Soto, 2003). Durante la degradación de los materiales orgánicos se produce una evolución del pH debido a los cambios químicos que ocurren y que es acompañada por una alternancia de diversos grupos fisiológicos responsables de llevar a cabo los procesos de descomposición. No se observaron marcadas diferencias entre los tratamientos considerados. Los valores promedio en ambas variables fueron diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$) al final del proceso, siendo mayor el pH y la conductividad eléctrica cuando el material fue colocado en capas.

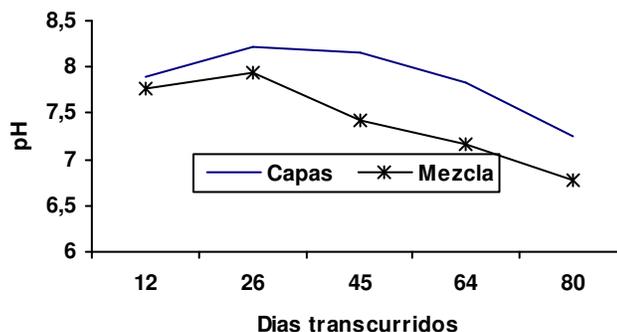


Figura 2. Comportamiento de los valores de pH durante el compostaje

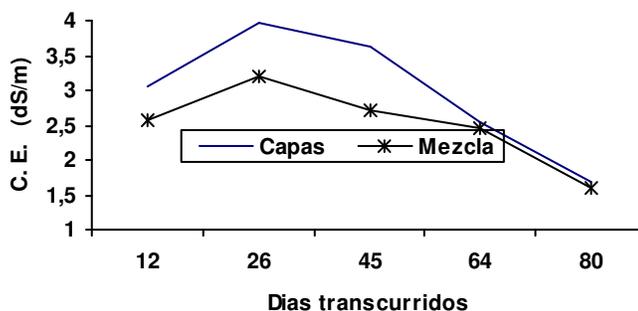


Figura 3. Comportamiento de los valores de CE durante el compostaje

Al transcurrir el tiempo de degradación ocurre una disminución del carbono total (Figura 4) debido a la transformación de los compuestos y al uso del carbono como fuente de energía por los organismos descomponedores (Murillo *et al.*, 1995; Soto, 2003). En este trabajo ocurrió una leve disminución del carbono en el proceso debido al corto tiempo de evolución que sugiere la necesidad, en primer lugar, de incrementar la proporción de materiales ricos en este elemento (balance de nutrimentos) en la mezcla inicial y en segunda instancia evaluar el comportamiento de esta variable en un tiempo mas prolongado; sin embargo, según el objetivo planteado en el tiempo transcurrido, no se observó diferencia apreciable en la evolución del carbono en los tratamientos considerados aunque al final el nivel de carbono fue levemente inferior en las pilas en las cuales se picaron y mezclaron homogéneamente los desechos.

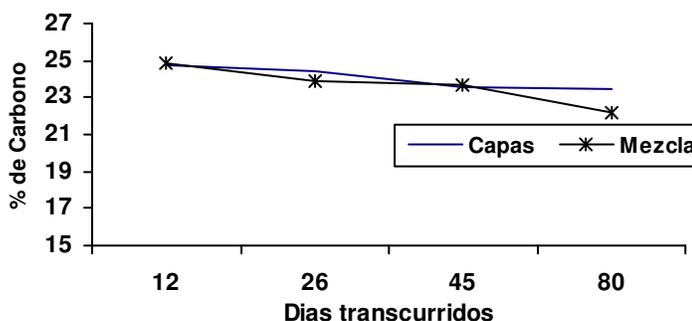


Figura 4. Evolución del carbono orgánico durante el compostaje

Similarmente, como consecuencia de la oxidación de carbono y el incremento del nitrógeno debido a la mineralización, la relación C/N disminuyó (Figura 5) en forma progresiva durante el proceso alcanzando valores cercanos a 22 que es un buen indicador de la estabilización del producto final (García *et al* 1992); en este caso, tampoco se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

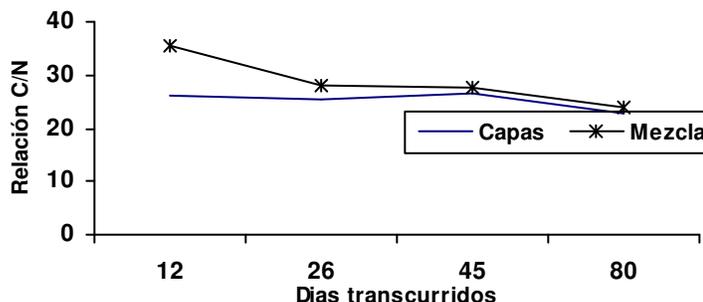


Figura 5. Comportamiento de la relación C/N durante el compostaje

Los valores obtenidos en los productos finales de ambos tratamientos (Cuadro 1) indican que el material evolucionó hasta alcanzar un grado elevado de maduración. La densidad aparente, el pH y la CE alcanzaron valores dentro de los rangos referidos como adecuados para los abonos orgánicos: pH cercano a la neutralidad y el valor de la conductividad eléctrica por debajo del nivel crítico 5,5 mS/cm referido por Schweizer *et al.*, (2003). Tanto el pH como la CE fueron las variables que resultaron estadísticamente significativas al comparar ambos métodos de disposición de los desechos.

Cuadro 1. Características del compost obtenido según la metodología empleada

Variables	Capas	Mezcla
pH	7,26	6,78 *
C.E (dS/m)	2,50	1,49 *
C/N	22,49	21,41 ns
Índice de humificación	0,10	0,08 ns
C.I.C. (cmol/kg)	67	78 ns
Densidad aparente (Mg/m ³)	0,58	0,57 ns
% partículas ≤ 2mm	65,01	59,85 ns

significativo ≤ 0,05; ns no significativo

El índice de humificación que es un buen indicador de la evolución de la transformación de la materia orgánica en compuestos húmicos (Murillo *et al.* 1995; Zucconi y De Bertoldi, 1987) y la relación C/N, tuvieron una tendencia a ser inferiores en aquellas pilas elaboradas con desechos picados y mezclados como consecuencia del grado de descomposición debido al mayor contacto superficial y homogeneidad en la distribución de los organismos responsables de la degradación (Tchobanaglou, 1998; Soto, 2003), sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Las cargas negativas en los materiales en degradación se incrementan debido a la ionización de grupos carboxílicos, hidróxilos y fenólicos presentes en los compuestos húmicos lo que ocasiona un incremento de CIC al descomponerse y humificarse los materiales (Schweizer *et al.*, 2003); en los resultados obtenidos ambos productos tienen valores de C.I.C superiores a 60 cmol/kg que es el límite señalado por Hue y Liu (1995) como adecuado para compost maduros. Cuando se picaron y mezclaron los materiales iniciales, aunque la CIC del producto final generó una tendencia a incrementarse, este aumento resultó no significativo.

CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo señalan que hubo efecto de la forma en que se dispusieron los materiales en las pilas de compostaje y de la reducción del tamaño de las partículas en el proceso de biodegradación aeróbica de los desechos del comedor del NURR-ULA, Trujillo, solamente en las variables pH y CE.

LITERATURA CITADA

- García, C., T. Hernández, F. Costa y M. Ayuso.** 1992. Evaluation maturity of municipal compost using simple chemical parameters. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23 (13-14) 1501-1512.
- Harada, Y. y A. Inoco.** 1980. The measurement of the cation Exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity. *Soil. Sci. Plant Nutr.*, 26(1): 127-134.
- Hue, M. y J. Liu.** 1995. Predicting compost stability. *Compost Science and utilization.* 3(2): 8-15.
- Murillo, J., F. Cabrera, R. López y M. Olmedo.** 1995. Testing low quality urban compost for agriculture: germination and seedling performance of plants. *Agric. and Environ.* (54): 127 – 135.

- 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). 155 p.
- Sequí, P., M. De Nobili, L. Leita y C. Cercignani.** 1986. A new index of humification. *Agrchimica* 30(1): 175-177.
- Soto, G.** 2003. Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. *In:* Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. p. 26 – 53.
- Schweizer, S., E. Salas y A. Vargas.** 2003. Caracterización de diferentes compost utilizando técnicas físicas, químicas y biológicas. I encuentro Mesoamericano y del Caribe, III encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica. Escuela Centroamericana de Ganadería. Alajuela, Costa Rica. p. 25 – 35.
- Tchobanaglou, G.** 1998. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Mc Graw Hill. Interamericana de España. Volumen I y II. Madrid, España. 1087 p.
- Tomuela, M; M. Vikman; A. Hatakka y M. Itavaara.** 2000. Biodegradation the lignin in a compost environment. *Bioresource Technology*. 72: 169 – 183.
- Zucconi, F y M. De Bertoldi.** 1987. Specifications for solid waste compost.. *BioCycle* 30: 56 – 61.