

Evaluación de prototipos para la descomposición de la materia orgánica bajo las condiciones de Bogotá D.C.

María Fernanda Sanabria Cepero¹, Luz Dary Agudelo Gutiérrez²
Deivis Suárez Rivero³

Fecha de recepción: septiembre de 2015 / **Fecha de aceptación:** diciembre de 2015

Resumen

La problemática de los residuos cobra especial interés a nivel mundial, regional y local. Es de particular interés del Jardín Botánico de Bogotá, emplear materiales de desecho de producidos por el hombre en su actividad diaria para ser transformados en biofertilizantes o acondicionadores del suelo. Es por ello que se intervienen en esta investigación tres zonas (CAD, FUMDIR y JBB) y se desarrollan los métodos Cigarras, Pilas y Vermicompost. Para el caso particular del Vermicompost, dos variantes, en canecas y en canastillas. Las variables respuestas evaluadas en este estudio fueron: temperatura, humedad y pH. Todo parece indicar que la descomposición más rápida fue la de residuos de cocina y huerta, seguida por la de árboles, y por último la de flores, puesto que los pistilos de estas no se descompusieron hasta la fecha en que se levantó el ensayo. Por otra parte, el tamaño de partículas y el contenido de fibras determinaron en muchos casos la velocidad del proceso de descomposición, influyendo directamente sobre las variables respuestas.

Palabras claves: técnicas de compostaje, materia orgánica, desechos actividad humana.

Prototype evaluation for breakdown of organic matter under the terms of Bogota D. C.

Abstract

Finding solutions to the waste problem has become a serious concern at the global, regional and local levels. Particularly, the researches of the botanical garden, José Celestino Mutis, located in Bogotá, have not been blind to this issue; some waste materials, routinely produced by the human being, have been turned into biofertilizers and soil conditioners. Three areas (CAD, FUMDIR y JBB) are intervened in this research. The developed methods of composting are cicadas, batteries and vermicompost. Particularly, there are two types of vermicomposting: bins and small baskets. In this preliminary study, the evaluated response variables were: temperature, humidity and pH. It was found that kitchen and garden waste reached the fastest level of decomposition, followed by the tree waste and the latest one was the flower waste since the pistils had not decomposed by the termination date of the experiment. In addition to this, it was figured out that the particles size and the fiber content determine the speed of the decomposition process in several cases, directly influencing on the response variables.

Keywords: composting techniques, organic raw, waste, human activity.

¹ Microbióloga, agrícola y veterinaria. Subdirección científica Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. cepero.maria@hotmail.com

² Ingeniera agrónoma. Subdirección científica Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. cepero.maria@hotmail.com

³ Ingeniero agrónomo. Grupo de investigación e Innovación agroindustrial GINNA. Fundación Universitaria agraria de Colombia. Suarez.devis@uniagraria.edu.co

Introducción

La producción y uso de la composta es una forma latente para comenzar y aprender cuestiones sobre el uso de materiales orgánicos reciclados para aumentar las propiedades fértiles del suelo. La composta puede ser vista como un elemento fundamental que funja como la llave para lograr una agricultura ecológica (Rodríguez-Córdova, 2006).

Según Biernbaum (2004), para producir composta de alta calidad como alternativa al manejo de los residuos sólidos, puede convertirse en un proceso sencillo, sin embargo, se requiere de un alto grado de compromiso y preparación. Compostar residuos de plantas, estiércol animal o restos de cosechas, puede ser una fuente estable de nutrientes, libre de malezas y elementos patógenos. Aparte de ser utilizada en los suelos la composta se puede utilizar como un componente para macetas o contenedores de plantas. Generándose de esta forma una nueva posibilidad para el destino final de la composta. Tomando como punto de partida lo anterior, con esta investigación se pretende de forma preliminar

determinar para tres variables respuestas (temperatura, humedad y pH) la velocidad de descomposición de la materia prima.

Metodología

Con el fin de determinar qué método de compostaje se ajusta más a tres zonas del Distrito Capital, se estableció en tres puntos focales el proceso de compostaje. El área de estudio es la ciudad de Bogotá está localizada en la sabana, sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental del territorio nacional. Se encuentra enmarcada por los cerros orientales, donde se localizan, entre otros, Guadalupe y Monserrate y por el occidente con el río Bogotá. La delimitan dos unidades fisiográficas, una zona plana localizada hacia el norte y que comprende el altiplano de Bogotá; y una zona montañosa que se inicia al sur del altiplano y se prolonga hasta el límite del distrito, incluyendo la región del Sumapaz. Esta está a 2600 msnm, una temperatura media anual que oscila entre los 12 y 15 °C y 79% de humedad relativa. Las zonas con y métodos de compostaje se pueden observar a continuación, ver tabla 1:

Tabla 1. Distribución de los diferentes métodos de compostaje según zonas de estudio.

PROTOTIPOS		ZONA	
CIGARRAS	JBB	CAD	FUMDIR
PILAS		CAD	FUMDIR
VERMICOMPOST CANECAS	JBB		
VERMICOMPOST CANATILLAS	JBB		

Como se aprecia en la tabla 1, son tres las zonas de estudio y cuatro los métodos de compostaje.

- Cigarras o huecos: este se montó en el Jardín Botánico de Bogotá, CAD y FUMDIR. En cada espacio se hicieron seis huecos o repeticiones.
- Pilas INDORE: estas se montaron en CAD y FUMDIR. Se montaron tres pilas por zona de estudio, realizando volteo semanal.
- Vermicompost: solo fue montado en el Jardín Botánico de Bogotá. Este se montó tanto en canecas de 20 litros como en “canastillas carulleras” de la siguiente forma: tres canecas con lombriz-residuos de jardines, especialmente pétalos de rosas y agapantos y hojas de los mismos, más residuos de cocina; tres canecas con lombriz-residuos de huerta y casa y tres canecas lombriz-hojas árboles provenientes de podas y residuos de cocina. La proporción para cada caneca fue:
 - 500 g de lombriz mezclada con estiércol
 - 1000 g de comida, discriminados de la siguiente forma: 300 g de árbol o jardín por 700 g de residuos de cocina. En el

caso de las que solo tenían residuos de cocina y huerta se colocaron los 1000 g.

- De la misma forma se montaron las canastillas.

Variables de criterio:

- Zonas intervenidas (tres zonas), método y/o prototipo establecido.

Variables respuesta:

- Temperatura alcanzada en el proceso de descomposición (medida con termómetro bimetálico), humedad del sustrato y pH (sensores de humedad y pH).

Se empleó un diseño en bloques completamente aleatorizado, donde cada método y/o prototipo de compostaje se convirtió en un bloque para poder comparar su comportamiento en las diferentes zonas de estudio. Si se observa la Figura 1, se podrá apreciar la estructura experimental de la investigación:

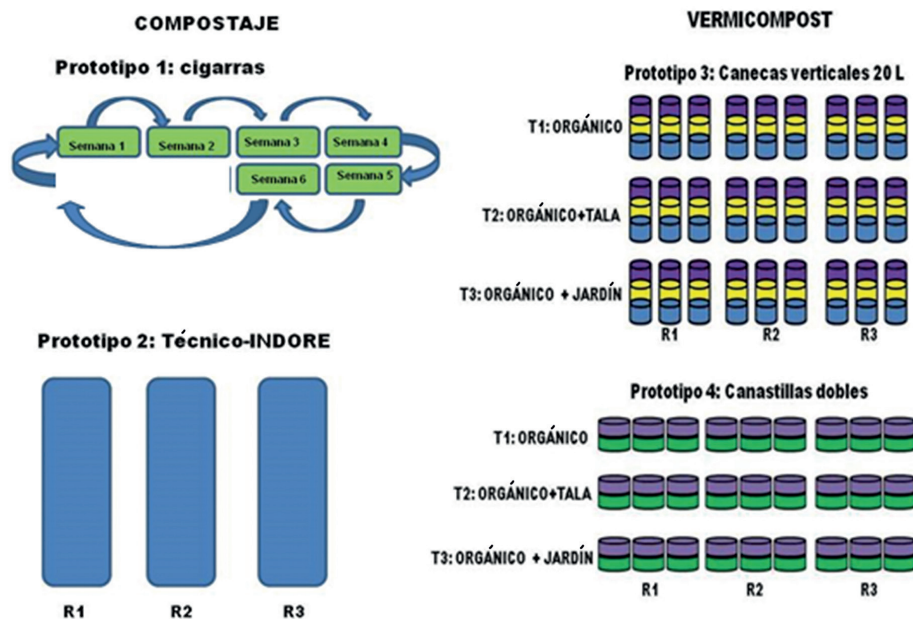


Figura 1. Estructura experimental de la investigación.
Fuente: la autora.

Para el procesamiento de la información se realizó un ANOVA simple y una prueba de rangos múltiples. Se empleó un nivel de significancia del 0,05. Los resultados se procesaron con la ayuda de la herramienta estadística Statgraphics 5.1. plus.

Resultados y discusión

Influencia del prototipo en la temperatura

Tenemos conocimiento de que la temperatura afecta la energía cinética de los reactivos, así como la estabilidad y actividad de las enzimas que participan en reacciones bioquímicas. En consecuencia, la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el estatus fisiológico de todas las entidades vivas. Los microorganismos como grupo, particularmente el grupo de las bacterias, demuestran una capacidad extraordinaria para vivir y reproducirse a lo largo de un amplio rango de temperaturas (desde temperaturas bajo 0 °C, hasta temperaturas que alcanzan los 113 °C). El efecto de la temperatura en el metabolismo, la nutrición y la reproducción de microorganismos, así como el desarrollo de adaptaciones

moleculares para sobrevivir en ambientes con temperaturas extremas ha sido ampliamente discutido en la literatura científica. Para una discusión más elaborada de este tópico, refiérase a *Microbial Ecology* (Atlas & Bartha, 1992) y *Biology of Microorganisms* (Brock *et al.*, 1994).

Si se observa la figura 2, parte superior, se aprecia claramente que los mejores resultados para la variable temperatura, se presentaron en canastillas bajo sus tres modalidades de combinación de materia prima para la descomposición (V4 - Vermicompost/canastilla/jardín + huerta, V5 - Vermicompost/canastilla/cocina + huerta y V6 - Vermicompost/canastilla/árbol + huerta), presentando diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos. Los resultados más bajos de temperatura para este prototipo en particular se obtuvieron en el V1 (Vermicompost/canecas/jardín + huerta). Todo parece indicar que la forma en la que queda dispuesta la materia prima en el contenedor favorece la acción no solo de las lombrices, sino que propicia el desarrollo de otros microorganismos descomponedores de la materia orgánica.

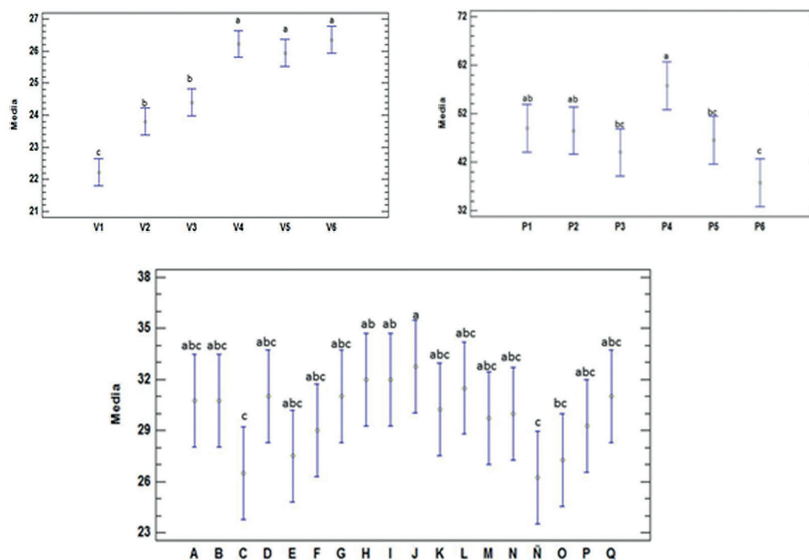


Figura 2. Influencia de diferentes técnicas de compostaje sobre la temperatura expresada en °C (en la parte superior se muestran los resultados medios para el Vermicompost, al centro Pilas y en la parte inferior de la figura Cigarras), según las zonas de estudio $p < 0,05$.

La misma figura 2, muestra en su parte central el comportamiento de la temperatura al evaluar el proceso de descomposición de la materia orgánica, ya no con el empleo de lombrices como principal descomponedor, sino que se emplea la metodología de las pilas. Para este particular, el mejor tratamiento resultó ser el P4 (Pila uno, zona FUMDIR) que, aunque no presentó diferencias significativas respecto a los tratamientos P1 (Pila uno, zona CAD) y P2 (Pila dos, zona CAD), sí los mostró respecto a los tratamientos P3 (Pila tres, zona CAD), P5 (Pila dos, zona FUMDIR) y P6 (Pila tres, zona FUMDIR). Esto al parecer, por los tiempos de maduración de cada una de las pilas, unido a los efectos microclimáticos particulares donde se desarrolló cada uno.

Finalizando, en la parte inferior de la figura anterior (figura 2), se pueden apreciar los resultados obtenidos para el método de cigarras en tres zonas de estudio (CAD, JBB y FUMDIR). Es evidente que los mejores resultados se obtuvieron para esta variable para el tratamiento J (Fosa 4/Jardín Botánico de Bogotá), que aunque no presenta diferencias significativas con la mayoría de tratamientos, sí las presenta muy marcada con diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos O (Fosa 4/FUMDIR), C (Fosa 3/CAD) y Ñ (Fosa 3/FUMDIR). Similar a lo ocurrido en pilas, todo parece indicar que los tiempos de maduración son la principal consecuencia en la variación de la temperatura.

Coincidiendo con lo reportado por (Tognetti *et al.*, 2007), para el compostaje de residuos orgánicos de origen municipal no separados en fuente, las pilas de los sustratos estudiados alcanzaron temperaturas termofílicas poco tiempo después del montaje; no obstante estas temperaturas se mantuvieron entre dos y tres semanas, periodo significativamente inferior al encontrado por esta misma fuente (11 semanas), pero mayor al reportado por (Masó y Bonmatí, 2008) para residuos de una plaza de mercado en Nicaragua (una semana).

Influencia del prototipo en la humedad

Los microorganismos y los productos de su metabolismo son los componentes vivientes del suelo y constituyen uno de los parámetros útiles para la medición de su fertilidad. Sin embargo, la medida de la actividad de estos microorganismos es difícil de evaluar debido a la compleja estructura de las comunidades que alberga y sus relaciones, sobre todo en función al ecosistema u otros factores de efecto dominante (Bitton, 1983). Teniendo en cuenta que los microorganismos reaccionan fácil y rápidamente a estímulos ambientales, los parámetros de efectos específicos son difíciles de determinar en medio de un gran número de variables influyentes que pueden ser desconocidas o no constantes; es por ello, que la variancia en los ensayos es crítica para los procesos de detección de efectos y de interpretación de datos (Burton & Lanza, 1986).

La figura 3, muestra el porcentaje de humedad reflejado en el sustrato. En su parte superior, se aprecia el comportamiento en los diferentes tratamientos de Vermicompost, obteniéndose los valores medios más elevados para el tratamiento V5 (Vermicompost/canastilla/cocina + huerta) con aproximadamente 98% de humedad, difiriendo significativamente del resto. Se evidencia que los mayores valores de humedad del sustrato se presentaron en aquellos que se encontraban depositados en la variante canastillas. El tratamiento que presentó los valores más bajos de humedad con aproximadamente un 72%, resultó ser el tratamiento V3 (Vermicompost/canecas/cocina + huerta). Al parecer las condiciones creadas en las canastillas facilitan la retención de agua por parte del sustrato.

Con la técnica de pilas, parte central de la figura 3, se puede deducir después de realizado el análisis estadístico, que no se presentan diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para la variable porcentaje (%) de humedad. Desde el punto de vista matemático los mayores valores se reportaron para las pilas

correspondientes al tratamiento P1 (Pila uno, zona CAD) y los más bajos para P4 (Pila uno, zona FUMDIR), lo que parece estar directamente relacionado con los resultados obtenidos para

la variable temperatura. Si comparamos para pilas, las figuras 2 y 3, se puede observar que una mayor temperatura está correlacionada con menor humedad y viceversa.

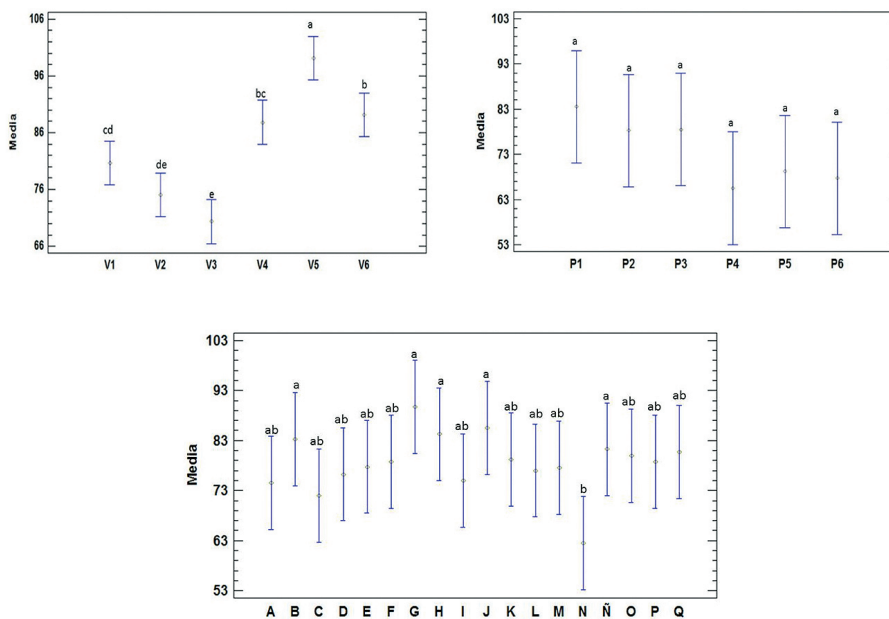


Figura 3. Influencia de diferentes técnicas de compostaje sobre el porcentaje (%) de humedad (en la parte superior se muestran los resultados medios para el Vermicompost, al centro, Pilas y en la parte inferior de la figura Cigarras), según las zonas de estudio $p < 0,05$

Por su parte, para las cigarras en cuanto a porcentaje (%) de humedad, se puede apreciar una variación un poco más marcada que en pilas. El porcentaje (%) de humedad media más elevado se presentó en los tratamientos G (Fosa 1/JBB), B (Fosa 2 / CAD), H (Fosa 2/JBB), J (Fosa 4/JBB) y Ñ (Fosa 3/FUMDAR); solo mostrando diferencias significativas respecto al tratamiento N (Fosa 2/FUMDAR). Lo anterior, al parecer por los tiempos de maduración según la zona microclimática.

Influencia del prototipo en el pH

Según Jenkinson (1992), los factores involucrados en la actividad microbiana, tales como temperatura, pH, humedad, disponibilidad de oxígeno, nutrientes inorgánicos y accesibilidad

al sustrato, influyen en la descomposición de la materia orgánica. Así también, ha sido señalado que la actividad y estabilidad de las enzimas en el suelo es regulada por muchos factores como pH (Trasar-Cepeda & Gil-Sotres, 1987), biomasa microbiana (Srivastava & Singh, 1991), vegetación (Tarafdar, 1987) y materia orgánica del suelo (Neklyudov *et al.*, 2008).

De igual manera, Dick & Tabatabai (1993) mencionan que, el pH del suelo solo tiene influencia sobre las enzimas hidrolasas y no sobre las oxidorreductasas, de las cuales las deshidrogenasas forman parte.

La descomposición constituye un proceso ecosistémico de importancia comparable a la

producción primaria (Moorhead *et al.*, 1996). De hecho, un ecosistema necesita básicamente solo productores y descomponedores para existir indefinidamente (Brock, 1984). Así, la descomposición completa los ciclos biogeoquímicos iniciados por los procesos fotosintéticos o quimiosintéticos.

Al realizar el estudio de las concentraciones hidrogeniónicas de los diferentes tratamientos, se aprecia que varía considerablemente de un método de compostaje a otro y adicionalmente

entre las zonas de estudio según sea el caso. En la parte superior de la Figura 4, se puede evidenciar que cinco de los seis tratamientos manifiestan su pH en un rango bastante estrecho, destacándose como el de mayor concentración hidrogeniónica el V6 (Vermicompost/canastilla/árbol + huerta), que además de tener el mayor valor desde el punto de vista matemático, difiere significativamente de los tratamientos V1 (Vermicompost/canecas/jardín + huerta), V2 (Vermicompost/canecas/cocina + huerta) y V3 (Vermicompost/canecas/árbol + huerta).

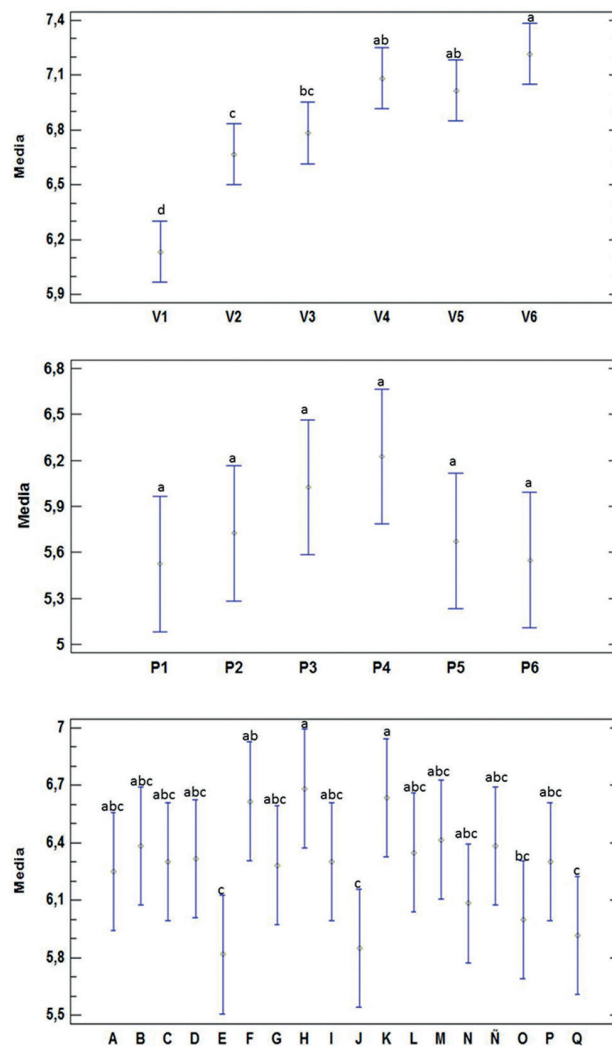


Figura 4. Influencia de diferentes técnicas de compostaje sobre el pH [H⁺]. En la parte superior se muestran los resultados medios para el Vermicompost, al centro, Pilas y en la parte inferior de la figura Cigarras, según las zonas de estudio p <0,05.

Para las Pilas, se evidenció que no existieron diferencias significativas desde lo estadístico y una conducta de concentración hidrogeniónica ligeramente ácida. Matemáticamente el mayor valor de pH se presentó en el tratamiento P4 (Pila uno, zona FUMDIR) con aproximadamente un pH = 6,2. Todo indica que existe una relación estrecha entre los niveles de humedad que se mostraron en el sustrato al momento de la evaluación y el pH evidenciado.

El pH mantuvo una conducta similar en Cigarras que, en Pilas, manteniendo una conducta hacia un pH medio ligeramente ácido, aunque en un rango más estrecho. Los mayores resultados para este indicador con el empleo de Cigarras se presentaron en los tratamientos H (Fosa 2/JBB) y K (Fosa 5/JBB), que, aunque no difieren significativamente de la mayoría de los tratamientos, sí respecto a los estudios E (Fosa 5/CAD), J (Fosa 4/JBB) y Q (Fosa 6/FUMDAR).

Conclusiones

Se apreció una influencia de las condiciones microclimáticas sobre el comportamiento de las variables objeto de estudio (variables respuestas).

Todo parece indicar que la descomposición más rápida fue la de residuos de cocina y huerta, seguida por árbol y de último el de flores, puesto que los pistilos de estas mismas no se descompusieron hasta la fecha en que se levantó el ensayo.

El tamaño de partículas y el contenido de fibras, determinó en muchos casos la velocidad del proceso de descomposición, influyendo directamente sobre las variables respuestas.

Referencias

- Biernbaum, J., Fogiel, A. (2004). *Compost Production and Use*. Department of Horticulture. Michigan: State University.
- Bitton, G. (1983). *Bacterial and biochemical tests for Assessing chemical toxicity in the aquatic environment: a review*. CRC Critical Rev. Environmental Control. 13 (1): 51- 67.
- Brock, T. C. M. (1984). Aspects of the decomposition of *Nymphoides peltata* (Gmel). *Aquatic Botany* 19: 131-156.
- Rodríguez, Marcos; Córdova, Ana. (2006). *Manual municipal composting. Treatment of urban solid waste*. Ministry of Environment and Natural Resources. National Institute of Ecology. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Brock, T. D., Madigan, M. T., Martinko, y Parker, J. M. (1994). *Biology of Microorganisms*. 7th Edition. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Jenkinson, D. (1992). Soil Organic Matter: Evolution. In: *Wild A. Soil conditions and plant development*. Oxford: Oxford University Press.
- Lance, B. G. (1986). *Variables Affecting assays to electron transport system*. *Applied and Environmental Microbiology*, 51 (5): 931-937.
- Marmolejo, L. F., Oviedo, É. R., Jaimes, J. C. y Torres, P. (2010). Influence of source separation on municipal solid waste composting. *Agronomía Colombiana*, 28 (2), 319-328.
- Masó, M. A. y Bonmatí, A. (2008). Evaluation of composting as a strategy for managing organic wastes from a municipal market in Nicaragua. *Bioresource Technol*, 99 (11), 5120-5124.
- Neklyudov, A. D., E. Fedotov y Ivankin, A. (2008). Intensification of composting processes by aerobic microorganisms: A review. *Appl. Biochem. Microbiol*, 44 (1), 6-18.
- Ronald, A. y Richard, B. (1992). *Microbial Ecology: Fundamentals and applications*. Benjamin-Cummings Publishing Company.

- Sparling, G. & Whale, S. (1986). Changes in microbial biomass C, ATP content, soil phosphomonoesterase and phosphodiesterase activity following air-drying of soils. *Soil Biol Biochem.* 18 (4): 363-370.
- Srivastava, S. & Singh, J. (1991). Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-use and nutrient flux. *Soil Biol Biochem*, 23: 117-124.
- Tabatabai, D. (1993). Significance and potential use of soil enzymes, pp. 95-127. In: Blaine F. (ed). *Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management*. New York: Marcel Dekker.
- Tarafdar, J. (1987). *Activity of enzymes added to soils*. Polish. Journal of Soil Science, 20: 5-10.
- Tognetti, C., Mazzarino, M. J. y Laos, F. (2007). Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technol*, 98 (5), 1067-1076.
- Trasar-Cepeda, M. y Gil-Sotres, F. (1987). Phosphatase activity in acid soils high in organic matter. Galicia: NW Spain. *Soil Biol Biochem.* 19: 281-287.
- West, A., Sparling, G. y Wood Speir, T. (1988a). Comparison of microbial C, N-flush and ATP, and Certain enzyme activities of different textured soils subject to gradual drying. *Aust J Soil Res*, 26: 217-229.
- West, A., G. Sparling, Wood Speir, T. (1988b). Dynamics of microbial C, N-flush and ATP, and enzyme activities of Gradually dried soils from a climosequence. *Aust J Soil Res*, 26: 519-530.

