

Indicadores de madurez en el compostaje de tres mezclas de estiércol y hojas

Maturity indicators in the compost of three mixtures of manure and leaves

M. Villasmil-Delgado¹ y N. Maciel²

¹Estudiante de Maestría. ²Programa Horticultura, Postgrado de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apartado 400, Barquisimeto, estado Lara, Venezuela.

Resumen

El Parque Zoológico y Botánico Bararida en Barquisimeto, estado Lara, cuenta con una amplia colección faunística y un arboretum de 19,5 ha, generándose altos volúmenes de desechos orgánicos que terminan en el vertedero de la ciudad y originan complicaciones y alto costo operativo en manipulación. A objeto de minimizar estos inconvenientes, se consideró analizar el valor como sustrato hortícola de los materiales frescos de estiércol de rinoceronte blanco, hojas de monocotiledóneas (Liliopsida) y dicotiledóneas (Magnoliopsida). Estos fueron distintamente mezclados y compostados como: estiércol de rinoceronte, hojas de bambú y residuos de corte del césped (m_1); estiércol de rinoceronte, hojas de camoruco y hojas de naranjillo (m_2); y mezcla de m_1 y m_2 (m_3). Las características que distinguen estas hojas, contribuyeron a la variación en la temperatura de las fases iniciales del compostaje, al tiempo para la desaparición de la identidad del material originario, la evolución de CO_2 y la incidencia de hongos y bacterias. La más alta temperatura la alcanzó m_1 a los 210 días, tiempo muy posterior a los 90 días alcanzados por m_2 . La estabilidad e inocuidad del compost se determinó a los 300 días.

Palabras clave. Compost, residuos de hoja, estiércol, CO_2 , estabilidad, inocuidad, temperatura

Abstract

The zoo and botanical Bararida park in Barquisimeto, Lara state, has an extensive fauna collection and arboretum of 19.5 hectares, which produce high volume of organic waste that end up in the city dump, causing handling

complications and high operational costs. To minimize these drawbacks, materials such as dung of white rhinoceros, and leaves of dicots and monocots were composted to use as horticulture substrates following different mixtures: (m_1), fresh manure, bamboo leaves, and grass clippings; (m_2), fresh manure, dicots leaves; and (m_3), mixture of m_1 and m_2 . The mixtures of different leaves types, showed variation at the level of temperature during the early stages of composting. The lost of characteristics that allow to identify the leaves from the mixture, the CO_2 evolution during the composting, and the incidence of fungal and bacteria were also affected by the type of leaves used. The highest temperature was reached at 210 days at m_1 , which was later than the highest one reached at 90 days by m_2 . The compost reaches its stability and safety around the 300 days.

Key words: Compost, leaf waste, manure, CO_2 , stability, safety, temperature.

Introducción

Las instituciones que exhiben vida silvestre, declararon una misión de conservación y ejecutan políticas de protección al ambiente (Miller *et al.*, 2004). A pesar de ello, generan un gran volumen de desechos orgánicos. Parte de estos desechos, pueden ser aprovechados al ser sometidos al compostaje (Ozores-Hampton *et al.*, 1998).

La transformación por descomposición o compostaje de residuos orgánicos, mediante la oxidación bioquímica bajo condiciones controladas, generan CO_2 , H_2O , energía calórica y la masa orgánica estabilizada, el "compost", de uso agrícola, antiguo. El origen y tipo de materiales que dan origen al compost, así como la técnica de compostaje usada tienen una marcada influencia sobre la degradación (Ranalli *et al.*, 2001) y sus características físicas y químicas. La actividad microbiana, la temperatura y la tasa de descomposición suelen ser altas en los estados iniciales, disminuyendo en el tiempo junto con la biomasa hasta alcanzar estabilidad, la variación de temperatura puede ser usada como una medida directa de la actividad bio-

Introduction

The institutions that exhibit wild life have declare a preservation job and are now carrying out protection policies for the environment (Miller *et al.*, 2004). In spite of the latter, these institutions generate an important volume of organic wastes. Part of these wastes could be advantaged added to the compost (Ozores-Hampton *et al.*, 1998).

The transformation by decomposition or compost of organic residues by the biochemical oxidation under controlled conditions generate CO_2 , H_2O , caloric energy and steady organic mass, the compost, with an old agriculture use. The origin and type of materials that originate the compost as well as the composting technique used have a marked influence on the degradation (Ranalli *et al.*, 2001) and its physical and chemical characteristics. The microbial activity, temperature and decomposition rate are normally high in initial phases, reducing in the time along to the biomass, until reaching stability; the temperature variation might be used as a direct measure of

lógica. Los desperdicios o residuos de origen vegetal o animal, varían en contenidos de humedad y lignificación, aspectos que influyen la prontitud de su transformación, por ende del alcance de la estabilidad. Tal como señalan innumerables investigaciones sobre digestibilidad de forrajeras dependiendo del grupo vegetal o la especie, tales como mono (Liliopsida) ó dicotiledóneas (Magnoliopsida), gramíneas (Poaceae), entre otros, se presenta diferente degradación. No existe una definición única de madurez del compost, sin embargo, comúnmente se admite que alcanza la madurez cuando el producto presenta sustancias húmicas, no tiene mal olor, ni supone peligros ambientales o sanitarios durante su manipulación y almacenamiento (INN, 2004).

El compost, parece ser ambiental y sustentablemente un buen sustituto, al menos parte de la turba comercial, la cual es demandada en grandes volúmenes en la horticultura, siempre que el contenido de sales y su estabilidad, sean cuidadosamente considerados (Armstrong, 2007). La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar la evolución de indicadores de madurez e inocuidad durante el proceso de compostaje, en mezclas formuladas con diferentes componentes de materiales orgánicos de origen animal y vegetal (hojas de mono y dicotiledóneas) de desecho del Zoológico y Botánico Bararida, destinados a uso hortícola en sus jardines.

Materiales y métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en el Posgrado de Agronomía de la Uni-

the biological activity. Vegetal or animal wastes or residues vary in contents of humidity and lignifications, aspects that influence the promptness of the transformation, thus the stability. Different degradation is presented, as mentioned by several researches, on the digestibility of forages of the vegetal group or the species, such as mono (Liliopsida) or Dicotyledones (Magnoliopsida), gramineae (Poaceae), among others. There is not a unique definition of the compost maturity, however, it is commonly admitted that it reaches the maturity when the product presents humic substances, does not present a bad odor or could indicate environmental or sanitary danger during its manipulation and storing (INN, 2004).

The compost seems to be environmental and potentially a good substitute, or at least part of the commercial peat, which is asked in big volumes in horticulture if the salt content and its stability are carefully considered (Armstrong, 2007). The aim of this research was to characterize the indicators evolution of maturity and security during the composting process, in mixes formulated with different components of animal and vegetal organic matter (mono and dicots leaves) coming from Zoo and Botanic wastes at Bararida, destined to horticulture uses in the gardens.

Materials and methods

The trials were carried out at the Agronomy Post graduate studies at Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Tarabana, Palavacino

versidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara, a 490 msnm, 10°05' LN y 69°16' LO, a 510 msnm, media de: 820 mm precipitación anual, 26°C temperatura, 92 y 56% humedad relativa (8am y 2pm), 2.049 mm/año evaporación y 7,1 h insolación día. Los residuos orgánicos fueron colectados en el Zoológico y Botánico Bararida.

Las hojas troceadas con picadora de pasto fueron utilizados en proporciones volumétricas en partes iguales en las mezclas que contenían estiércol fresco de rinoceronte blanco (*Ceratotherium simum*) y hojas frescas de: bambú (*Bambusa vulgaris*) y residuos frescos de corte de césped San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*) (m_1); camoruco (*Sterculia apetala*) y de naranjillo (*Bravaisia integrerrima*) (m_2); y la combinación de m_1 y m_2 (m_3). Estas fueron dispuestos en composteras (1,5 m³) a plena exposición solar, controlándose semanalmente la humedad (entre 50 a 60%) y la aireación cada dos semanas mediante virado de la pila (Benzing, 2001).

Antes de voltear la pila, la temperatura fue determinada en su interior en tres puntos diferentes a 40 cm de profundidad en dos momentos del día (8 am y 3 pm) cada dos semanas. El olor también fue considerado. En tanto que, la evolución del CO₂ fue seguida en muestras durante catorce (14) días en laboratorio, bajo condiciones controladas en recipientes de vidrio cerrados, dispuestos en cámaras de crecimiento (Environmental chamber, Biotronette Mark III), con dos tipos de lámparas (fluorescente e incandescente). Este procedimiento siguió la metodología señalada por Tan *et al.* (2005).

parish, Lara state, at 490 masl 10°05' NL and 69°16' WL, at 510 masl, mean of: 820 mm annual precipitation, 26°C temperature, 92 and 56% relative humidity (8am and 2pm), 2.049 mm/year evaporation 7.1 h isolation a day. The organic residues were collected in the Zoo and Botanic Bararida.

The leaves cut with a forage cutter were used in volumetric proportions in equal parts in the mixes that contained fresh manure of white rhinoceros (*Ceratotherium simum*) and fresh leaves of bamboo (*Bambusa vulgaris*) and fresh wastes of grass clipping San Agustín" (*Stenotaphrum secundatum*) (m_1); *Sterculia apetala* and *Bravaisia integrerrima* (m_2); and the m_1 y m_2 (m_3). These were put on composts (1.5 m³) with solar exposure, controlling the humidity weekly (from 50 to 60%) and the air every two weeks stirring it (Benzing, 2001).

Before stirring the mix, the temperature was determined on the interior in three different points at 40 cm of depth twice a day (8 am and 3 pm) every two weeks. The smell was also considered. The CO₂ evolution was sampled for 14 (14) days in the laboratory, under controlled conditions in closed glass jars, organized in growing chambers (Environmental chamber, Biotronette Mark III), with two types of lamps (fluorescent and incandescent). This procedure followed the methodology mentioned by Tan *et al.*, (2005).

The visual appreciation of the compost was accompanied by the quantification of the color at the beginning (zero months) and at the end of the compost (10 months) using the equipment HunterLab EasyMatchQC.

La apreciación visual del compost se acompañó con la cuantificación del color al inicio (cero meses) y final del compostaje (10 meses) mediante el equipo HunterLab EasyMatchQC. Adicionalmente, fueron cuantificados el número de colonias de los hongos y las bacterias presentes en dichas mezclas, siguiendo protocolos señalados por French y Herbert (1980). Los análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas en los diferentes experimentos, fueron realizados a través del programa estadístico SAS System for Windows V 8.1. Las pruebas de separación de medias fueron analizadas por Duncan.

Resultados y discusión

Temperatura durante el compostaje. En la figura 1 se presenta la temperatura promedio alcanzada en cada pila de mezcla (m_1 , m_2 y m_3) durante el proceso de compostaje. Se observan diferencias estadísticas entre las mezclas desde los 60 a los 300 días del compostaje, correspondiendo las temperaturas más altas (de 45 a 50°C) entre los 150 a 180 días para las mezclas m_2 y m_3 , y a los 210 días a m_1 , a partir de los cuales se presenta un rápido descenso hasta alcanzar temperaturas inferiores a los 30°C a los 240 días, cuando el diferencial de descenso se reduce hasta alcanzar la estabilidad (alrededor de los 25°C) a los 330 días para todas las mezclas. Según Benzing (2001), Soto y Muñoz (2002) y Day y Shaw (2005), la intensa actividad microbiana durante el compostaje propicia un aumento de la temperatura en la pila, como resultado de la energía contenida en los com-

Additionally, the number of colonies of fungi was quantified, as well as the bacteria present in such mixes, following the protocols mentioned by French and Herbert (1980). The variance analyses for each of the studied variables in the different experiments were carried out using the statistical software SAS System for Windows V 8.1. The mean separation test was performed using Duncan test.

Results and discussion

Temperature during composting. figure 1 presents the average temperature reached of each mix (m_1 , m_2 y m_3) during composting. Statistical differences are observed between mixes from 60 to 300 compost days, corresponding highest temperatures (from 45 to 50°C) from 150 to 180 days for mixes m_2 and m_3 , and on 210 days for the mix m_1 , after which a fast descend is produced until reaching temperatures inferior to 30°C at 240 days, when the descend differential is reduced until reaching the stability (approximately at 25°C) on 330 days for all the mixes. According to Benzing (2001), Soto and Muñoz (2002) and Day and Shaw (2005), the intense microbial activity during composting propitiates an increment on the mix temperature, as a result of the energy contained in the organic compounds released as heat when is transformed by the microorganisms; occurring the same in two phases, the mesophilic and thermophilic (day and Shaw, 2005).

The mix corresponding to rhinoceros manure with dicotyledone leaves (*Stenotaphrum secundatum*

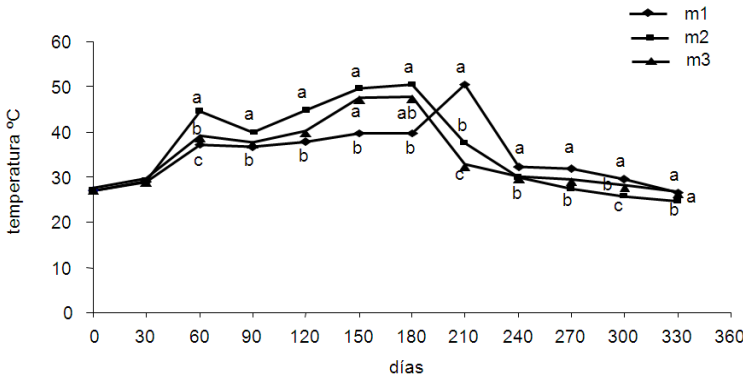


Figura 1. Temperatura promedio en cada pila de mezcla (m_1 , m_2 , m_3) durante el proceso de compostaje. Medias entre tratamientos por fecha según prueba de rangos múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$); letras diferentes difieren significativamente.

Figure 1. Average temperature on each mix (m_1 , m_2 , m_3) during composting. Means between treatments per dates according to Duncan rank test ($P \leq 0.05$); different letters differ significantly.

puestos orgánicos que se libera como calor cuando esta es transformada por los microorganismos; ocurriendo la misma en dos etapas, la mesofílica y la termofílica (Day y Shaw, 2005). La mezcla correspondiente a estiércol de rinoceronte con hojas de dicotiledóneas (camoruco y naranjillo) en partes iguales (m_2), fue la que alcanzó más tempranamente la mayor temperatura, en tanto que m_1 , conformada por estiércol de rinoceronte con hojas de monocotiledóneas (bambú y césped San Agustín) fue la más tardía. Aspecto que puede inferirse como relacionado a la constitución de sus tejidos celulares, es decir que los tejidos de las gramíneas tardan más en ser transformados que los de las dicotiledóneas.

CO₂ al inicio del compostaje y en el compost. En la figura 2, se presentan los valores de CO₂ determi-

and *Sterculia apetala*) in equal parts (m_2), was the one that reached earlier the highest temperature, and m_1 , formed by rhinoceros manure with mono-cotyledons (bamboo and San Agustín grass) took longer period. This aspect might infer as related to the constitution of cellular tissues, that is, the gramineae tissues take longer to be transformed than dicotyledons.

CO₂ at the beginning of composting and in the compost. Figure 2 shows the CO₂ values determined in the laboratory under controlled conditions for two weeks for both fresh materials and the stable compost. It was observed that for treatments without compost, there is a variation throughout the evaluation in the concentrations (1000 to 4000 mg.kg⁻¹) and the mixes (m_1 , m_2 , m_3); and 12 days later, the values tended to be equal

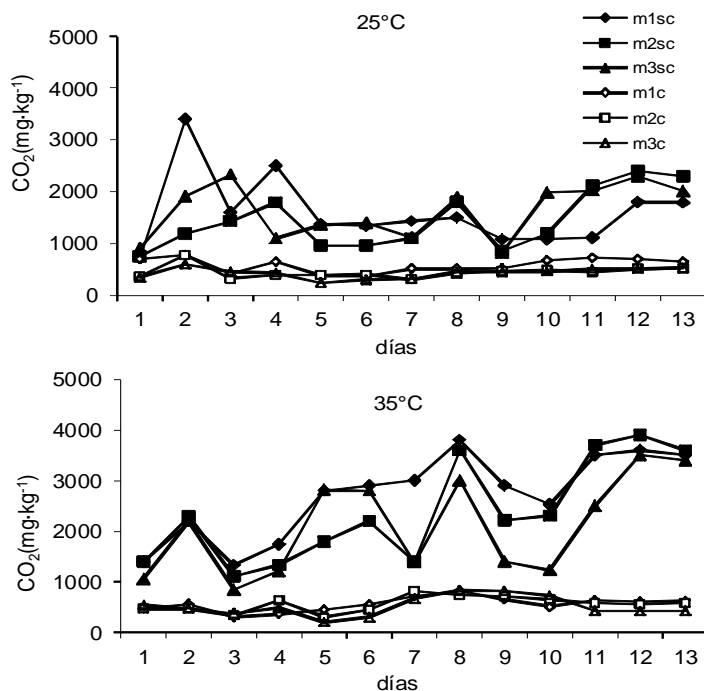


Figura 2. Evolución durante dos semanas del CO_2 (mg.kg^{-1}) liberado bajo condiciones controladas de laboratorio por las diferentes mezclas (m_1 , m_2 , m_3) sin compostar (sc) y compostadas (c) a 25°C y 35°C .

Figure 2. Two-week evolution of CO_2 (mg.kg^{-1}) released under controlled laboratory conditions by the different mixes (m_1 , m_2 , m_3) without compost (sc) and with compost (c) from 25°C to 35°C .

nados en laboratorio bajo condiciones controladas durante dos semanas tanto para materiales frescos como al lograrse un compost estable. Puede observarse que para los tratamientos sin compostaje, hay variación a lo largo de la evaluación tanto en concentraciones (de 1000 a 4000 mg.kg^{-1}) como entre las mezclas (m_1 , m_2 , m_3); siendo de destacar que después de los 12 días los valores tienden a igualarse entre las diferentes mezclas de material a compostar. Mientras que, en el compost estabilizado el CO_2 fue muy

among the different mixes of material to be composted. Meanwhile, in the stable compost the CO_2 was very similar during all the evaluation period in both temperatures (25 to 35°C) with concentrations close to 500 mg.kg^{-1} , however, the tendency of the curves suggest that at 35°C the metabolic activity was more intense reaching higher values. Depending on the temperature, the CO_2 proportion varied in mixes without compost and with compost in a 4:1 proportion (25°C) to 6:1 (35°C) respectively. The lowest levels

semejante durante todo el periodo de evaluación a ambas temperaturas (25 y 35°C), con concentraciones cercanas a 500 mg.kg⁻¹ sin embargo, la tendencia de las curvas sugiere que a 35°C la actividad metabólica fue más intensa, al alcanzar mayores valores. Dependiendo de la temperatura, la proporción de CO₂ varió de mezclas sin compostaje a compost en la proporción de 4:1 (25°C) a 6:1 (35°C) respectivamente. Los menores niveles de CO₂ en el compost, indican baja actividad de descomposición alcanzada con la estabilidad, la cual es un parámetro de monitoreo (Wu *et al.*, 2000).

Color, olor del compost y homogeneidad. La determinación de color, obtenido mediante equipo HunterLab en las tres mezclas sin compostar y a los diez meses de compostaje, así como la imagen de sus características físicas se muestran en el cuadro 1. Los índices que caracterizan el color (L*, a*, b*, L, A, B) muestran valores diferentes, tanto para los tratamientos (m₁, m₂ y m₃) como para el estado de las mismas (sin compostaje o compost). Las tres mezclas sin compostaje presentaron color más claro que los compost (color oscuro); concordando con Sullivan y Millar (2005) cuando señalaron que con la madurez, el compost adquiere color más oscuro cuando está presente estiércol.

En tanto que, el fuerte olor a estiércol que caracterizaba a la mezclas en su inicio fue disminuyendo con el tiempo, desapareciendo el olor fétido a los 200 días. A los diez meses, ya las mezclas presentaban olor a mantillo y sin olores fermentados (anaeróbicos).

Aunque, este indicador sea subjetivo (Sullivan y Millar, 2005), es de

of CO₂ in the compost indicate low decomposition activity reached with the stability, which is a monitoring parameter (Wu *et al.*, 2000).

Color, smell of the compost and homogeneity. The determination of color obtained using the HunterLab equipment in the three mixes without compost and 10 months after compost, as well as the image of the physical characteristics are shown on table 1. The indexes that characterize the color (L*, a*, b*, L, A, B) show different values, in both the treatments (m₁, m₂ and m₃) as well as on the status of each one (without compost or with compost). The three mixes without compost presented a clearer color than the one with compost (dark color), this agree to the information stated by Sullivan and Millar (2005) when mentioning that with the maturity the compost acquires a darker color when manure is applied.







The strong manure smell, which characterized the mixes on their initial phase reduced with the time, disappearing the foul-smelling in 200 days. After 10 months, the mixes already had a mulch smell and without any fermented smell (anaerobic).

Even though this indicator is subjected (Sullivan and Millar, 2005), it is very helpful for valuing in situ the immaturity of the compost during the first composting months. Within the composting process, the m₂ treatment reached more rapidly the homogeneity (270 days), when losing the own characteristics of each of the components. Once past 300 days, all the mixes were homogenous.

Microbial population and harmlessness. In figure 3 are

Cuadro 1. Color determinado mediante espectrofotómetro HunterLab® y aspecto físico de (fotografía) de las mezclas de estiércol y hojas (m_1 , m_2 y m_3) sin compostar (sc): 0 meses y compostados (c): 10 meses.

Table 1. Color determined using HunterLab® spectrophotometer and the physical aspect (photography) of mixes with manure and leaves (m_1 , m_2 and m_3) without compost (sc): 0 months and composted (c): 10 months.

Tratamiento	Índices de color (HunterLab®)						Aspecto de las mezclas
	L*	a*	b*	L	A	B	
m_1 sc -san agustín y bambú	29,45	5,39	12,54	24,52	3,58	6,66	
m_2 sc -camoruco y naranjillo	28,53	5,71	13,52	23,79	3,76	6,99	
m_3 sc -mezcla ambos	29,11	4,95	12,28	24,25	3,27	6,52	
m_1 c -san agustín y bambú	15,36	3,27	4,77	14,06	1,8	2,27	
m_2 c -camoruco y naranjillo	14,43	3,57	5,33	13,43	1,94	2,46	
m_3 c -mezcla ambos	14,95	2,62	4,27	13,78	1,42	2,04	

gran ayuda para valorar in situ, la inmadurez del compost durante los primeros meses de compostaje. Con el transcurrir del proceso de compostaje, el tratamiento m_2 alcanzó más rápidamente la homogeneidad (270 días), al perder las características propias de cada uno de sus componentes. A los 300 días, ya todas las mezclas se mostraban homogéneas.

Población microbiana e inocuidad. En la figura 3 se presentan para las mezclas frescas (sin compostar) y compostadas el número de colonias por gramo de mezcla de los diferentes hongos (a) presentes, así como la reducción en el número de unidades formadoras de colonias de bacterias (b). En ambos casos, se destaca mayor presencia en los materiales sin compostar. El género *Aspergillus* es común en las tres mezclas, mientras que en m_2 y m_3 son comunes *Fusarium* y *Absidia* y en m_1 y

presented, for the fresh mixes (without compost) and with compost, the number of colonies per gram of different mixes of the fungi presented (a), as well as the reduction in the number of units formers of bacteria colonies (b). In both cases, is observed more presence in the materials without compost. The genre *Aspergillus* is very common in the three mixes, while in m_2 and m_3 are common *Fusarium* and *Absidia* and in m_1 and m_3 *Mucor*. Which suggests that *Fusarium* and *Absida* were present in the dicotyledones and *Mucor* in monocotyledones. According to Day and Shaw (2005), the most common genres of fungi found on the materials are those with **cellulolytics** type, among these are *Aspergillus*, with some thermo-tolerant species of *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* and *Chaetomonium*. The composting process reduces substantially the

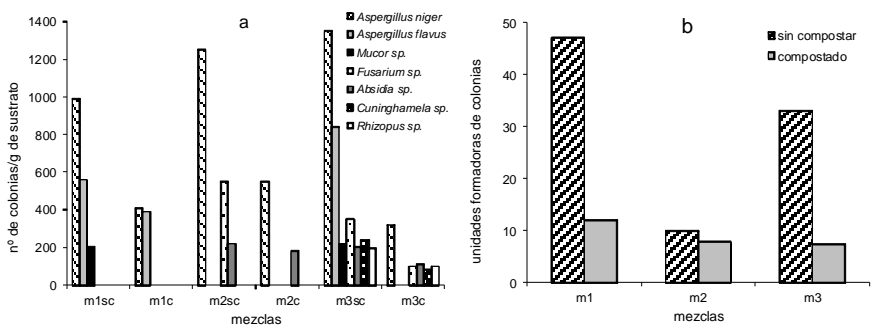


Figura 3. Colonias de hongos por mezcla de sustrato (a) y de unidades formadoras de bacterias (b) encontradas en las mezclas sin compostar y compostadas (diez meses) a ser utilizadas como sustrato.

Figure 3. Fungi colonies per substrate mix (a) and units' former of bacteria (b) found on mixes without compost and with compost (ten months) to be used as substrate.

m_3 *Mucor*. Lo que sugiere que *Fusarium* y *Absida* estaba presente en las dicotiledóneas y *Mucor* de las monocotiledóneas. Según Day y Shaw (2005), los géneros de hongos más comúnmente encontrados en los materiales son los de tipo celulolítico, entre ellos *Aspergillus*, con algunas especies termotolerantes de *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* y *Chaetomonium*. El proceso de compostaje logra reducir sustancialmente la presencia de *Fusarium* presente; desapareciendo a los 10 meses en m_2 . En tanto que, la reducción en el número de unidades formadoras de colonias de bacterias (b) también fue evidente con el proceso de compostaje. Es de resaltar que la m_2 (dicotiledóneas) presentaba antes de compostar menor número de colonias de bacterias que la m_1 (monocotiledóneas). Day y Shaw (2005) señalan que la descomposición aeróbica cuando es bien manejada y propicie temperaturas entre 40 y 60°C logra eliminar algunos patógenos como los anteriores.

Conclusión

La variación en temperatura en la pila durante el compostaje, el cambio de color o oscurecimiento, la pérdida de olor y de identificación del material orgánico originario, así como la población de microorganismos presentes, fueron indicadores o variables diferenciadas y valiosas al estudiar la evolución del proceso de compostaje hasta la obtención de un compost estable. El origen de los componentes orgánicos incidió en su descomposición, por ende en la variación de estos

presence of *Fusarium*; disappearing after 10 months in m_2 . The reduction in the units that form the colonies of bacteria (b) was also evident with the composting process. It must be said that m_2 presented before composting a lower number of bacteria than m_1 . Day and Shaw (2005) mention that the aerobic decomposition is well handled and, and with temperatures from 40 to 60°C eliminates some pathogens as the ones mentioned before.

Conclusion

The variation in the mix temperature during compost, the change in color or darkened, the lost of smell and the identification of the organic matter, as well as the population of microorganisms present, were indicators or differentiated variables, and very valuable in order to study the evolution of the composting process until obtaining a stable compost.

The origin of organic components influenced on the decomposition, consequently on the variation of these indicators. The most lignified vegetal materials, such as bamboo and gramineae (mono-cotyledones) reached during composting high temperatures after the dicotyledones, as well as retained longer the characteristics of the materials. The composting process reached contributed to the harmless of the compost when reducing the fungi and the bacteria present, among these were the phytopathogens.

End of english version

indicadores. Los materiales vegetales más lignificados como el bambú y gramíneas (monocotiledóneas) alcanzaron durante el compostaje sus altas temperaturas después de las dicotiledóneas, así como retuvieron por más tiempo las características de los materiales originarios. El proceso de compostaje alcanzado contribuyó a la inocuidad del compost al reducir hongos y bacterias presentes, entre los que se encontraban fitopatógenos.

Literatura citada

- Armstrong, H. 2007. New growing media brings unexpected benefits. *FlowerTech* 10(7): 30-31.
- Benzing, A. 2001. *Agricultura Orgánica. Fundamentos para la Región Andina*. Edit. Neekar Verlag. pp 249-350.
- Day, M. y K. Shaw. 2005. Procesos biológicos, químicos y físicos del compostaje. In: Stoffella, P. y B. Kahn. *Utilización de compost en sistemas cultivo hortícola*. Edic. Mundi-Prensa. pp17-51.
- French, E. y T. Herbert. 1980. *Métodos de investigación fitopatológica*. Editorial IICA San José de Costa Rica. pp 289.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 2004. Norma Chilena de compost 2880. *Compost clasificación y requisitos*. (NCh2880-2004) Chile. 23p.
- Miller, B., W. Conway, R. Reading, C. Wemmer, D. Wildt, D. Kleiman, S. Monfort, A. Rabinowitz, B. Armstrong y M. Hutins. 2004. Evaluating the conservation mission of zoos, aquariums, botanical gardens and natural history museums. *Conservation Biology*, 18(1):86-93.
- Ozores-Hampton, M., T. Obreza y G. Hochmuth. 1998. Using composted wastes on Florida vegetable crops. *Hort. Technology* 8 (2):130-137.
- Ranalli, G., G. Botturea, P. Taddei, M. Garavni, R. Marchetti y G. Sorlini. 2001. Composting of solid and sludge residues from agricultural and food industries. *Environ. Sci. Health* 36:415-436.
- Soto, G. y C. Muñoz. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 65:123-129.
- Sullivan D. y R. Miller. 2005. Propiedades cualitativas, medición y variabilidad del compost. In: Stoffella, P. y B. Kahn. *Utilización de compost en sistemas cultivo hortícola*. Edic. Mundi-Prensa. pp 95-117.
- Tan, E. S., D. C. Slaughter y J. F. Thompson. 2005. Freeze damage detection in oranges using gas sensors. *Postharvest Biology and Technology* 35: 177-187
- Wu, L., L. Ma y G. Martínez. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality*. 29:11-12.