

INFLUENCIA DE LA UREA Y DE DOS BIOFERTILIZANTES SOBRE EL COMPOSTAJE DE RAQUIS DE RACIMOS DE PALMA ACEITERA

Arteaga Andry¹, Renny Barrios-Maestre² y Carmen Mujica¹

¹ Universidad de Oriente. Postgrado Agricultura Tropical. Campus Juanico, Maturín, estado Monagas. andryarteaga@yahoo.com. ² INIA Monagas. San Agustín de La Pica, Vía Laguna Grande. Apartado Postal 184. Telefax 0291-6413349. Maturín, estado Monagas. rennybarrios@gmail.com

RESUMEN

Se llevó a cabo un ensayo para determinar la influencia de la aplicación de urea y de dos biofertilizantes sobre el compostaje y calidad del compost de raquis de racimos de palma aceitera. El estudio se realizó en Agropecuaria Viboral, ubicada en Maturín, estado Monagas. Se probaron seis tratamientos derivados de la combinación de tres niveles de biofertilizantes y dos niveles de urea. Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constó de 2,5 m³. Se consideró un periodo de compostaje de 224 días. Los mayores valores de porosidad se alcanzaron en los tratamientos con Terra humus con más de 92%, los cuales fueron superiores a aquellos donde no se aplicaron biofertilizantes. La aplicación de urea generó los mayores valores de temperatura. Se obtuvieron variaciones a través del tiempo en conductividad eléctrica, pH y concentración de CO₂. Las variables químicas no fueron afectadas por los tratamientos.

Palabras claves: *Elaeis guineensis* Jacq., compost, porosidad, contenido de nutrimentos.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos sintéticos en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de nuevas alternativas naturales y sostenibles, donde se destaca la producción y uso de compost como una práctica de manejo de gran potencial e impacto. En el procesamiento agroindustrial de los frutos de la palma aceitera se genera gran cantidad de racimos vacíos, que pueden contaminar el ambiente si no son manejados correctamente. Estos residuos pueden ser utilizados como abono orgánico.

Actualmente existen pocas experiencias en el reciclaje de compostaje con estos racimos en Venezuela y se desconocen muchos aspectos en la producción de este compost en el estado Monagas. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la fertilización con nitrógeno inorgánico y de dos biofertilizantes en el compostaje y en la calidad del compost de raquis de racimos de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio en campo se realizó en Agropecuaria Viboral, perteneciente a la empresa Alimentos Polar Comercial Planta Maturín, ubicado a 20 km al Este de la ciudad de Maturín y al Sur del Río Guarapiche. La plantación de palma aceitera ocupa parte de los asentamientos rurales Vuelta Larga y La Hormiga. Geográficamente, el área se ubica en las coordenadas: 63° 00'00" W- 63° 02'56" W y 9° 51'31" N- 9° 54'36" N; con una altura entre 10 y 18 msnm.

El compostero se instaló sobre la superficie del suelo. Cada unidad experimental fue conformada por una pila de raquis de racimos de palma aceitera de 2,5 m³ aproximadamente, separadas entre sí a 2 m y ubicadas a la intemperie; la aireación de las

mismas se realizó con remoción manual cada 14 días y el riego fue con aspersores, con frecuencia de aplicación dependiente de la humedad en las pilas generada por la pluviosidad de la zona.

Se probaron seis tratamientos derivados de la combinación de tres niveles de biofertilizantes (sin biofertilizante, Humus de lombriz y Terra Humus) y dos niveles de urea (0 y 7,7 kg). La aplicación de nitrógeno estuvo dirigida a bajar la relación C:N inicial de 200:1 a 20:1 en algunos tratamientos. Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones y un total de 24 unidades experimentales.

Se evaluaron las variables: temperatura (a intervalos de 14 días), densidad aparente, porosidad y granulometría una vez finalizado el proceso de compostaje, según metodología descrita por Pla (1977), materia orgánica (a intervalos de 28, por el método de Walkley y Black-Colorimétrico), pH y conductividad eléctrica. Además, se cuantificó el CO₂ producido a intervalos de 14 días, como indicativo de la actividad microbiana, según metodología descrita por INTEVEP (1999). Previamente se realizó un análisis bromatológico de los raquis de racimos de palma aceitera para determinar nitrógeno y carbono orgánico. De igual manera, una vez obtenido el compost, se realizó un análisis químico del mismo para cuantificar el nitrógeno, fósforo, potasio y carbono orgánico.

El análisis estadístico se realizó a través del programa STATISTIX versión 8,0 y las diferencias de promedios se determinaron por medio la prueba de Tukey con un $\alpha \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad física del compost

La adición de nitrógeno y de biofertilizantes no afectaron significativamente la densidad aparente ni la granulometría del compost obtenido. La densidad aparente promedio en el compost fue de 0,15 Mg/m³, la cual fue similar a la del raquis de los racimos de palma aceitera de donde provienen, mientras que en la granulometría se observó que más del 85% de las partículas son mayores a 0,60 mm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución del tamaño de partículas para el compost de raquis de racimos de palma aceitera derivado de la aplicación de nitrógeno y biofertilizantes, a los 224 días después de instalado.

	Dens. aparente (Mg/m ³)	Tamaño de partículas (mm)				
		> 2,00	0,60–2,00	0,24–0,60	0,15–0,24	< 0,150
Compost	0,15	54,43	31,07	9,92	3,41	1,16
Raquis de racimos	0,14	Volumen = 23600 cm ³				

Estos resultados demuestran la calidad física del compost obtenido en función de la baja proporción de partículas finas que pudieran favorecer la formación de sellos superficiales o limitar el drenaje y la aireación de raíces durante su desarrollo.

En cuanto a la porosidad, el análisis de varianza arrojó diferencias significativas para los tratamientos con nitrógeno y para la interacción biotratamiento x nitrógeno. En el cuadro 2 señalan la diferencias de promedios para las comparaciones de porosidad del compost obtenido. Existen dos grupos diferentes estadísticamente donde los valores más altos de porosidad son obtenidos en los tratamientos con Terra Húmus, los cuales fueron superiores a los racimos en condición natural sin aditivos, donde se obtuvieron los valores más bajos de porosidad con 83,8%.

Cuadro 2. Porosidad del compost de raquis de racimos de palma aceitera derivado de la aplicación de nitrógeno y biofertilizantes, a los 224 días después de instalado.

Tratamiento	Porosidad (%)	Ámbito
T1 + Terra Humus© líquido + 7,7 kg de nitrógeno	94,8	A
T1 + Terra Humus© líquido + 0 kg de nitrógeno	92,8	A
T1 + 7,7 kg de nitrógeno	91,2	AB
T1 + Humus de lombriz líquido + 7,7 kg de nitrógeno	90,3	AB
T1 + Humus de lombriz líquido + 0 kg de nitrógeno	89,1	AB
T1 (Raquis de racimos en condición natural)	83,9	B

Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes

En todos los tratamientos, los valores de porosidad superaron el 83% de porosidad, por lo tanto se presume una adecuada aireación y crecimiento de las raíces con el uso de este material. Fitzpatrick (2001) reportó que en algunos compost existe un satisfactorio espacio poroso al comienzo del periodo de producción de la parte comercial de los cultivos; sin embargo con el tiempo tiende a aumentar la compactación y disminuir la porosidad, lo cual ocurre, por lo general, en compost frescos o inmaduros, por lo que se recomienda utilizar compost maduros o mezclas con materiales que no son propensos a compactarse.

Variaciones de la temperatura durante el proceso de compostaje

El análisis de varianza arrojó diferencias significativas tanto para ‘tiempo’ como para la interacción ‘nitrógeno x tiempo’. La figura 1 muestra el comportamiento de la temperatura en dos condiciones (con nitrógeno y sin nitrógeno), durante el compostaje con raquis de racimos de palma aceitera para un periodo de 224 días. Los mayores valores, alrededor de 38° C, fueron alcanzados de los 126 a los 154 días, donde se estima que existió mayor descomposición del material. De igual manera se evidenció un aumento de la temperatura a partir de los 70 días transcurridos, destacando los tratamientos donde fue aplicado nitrógeno inorgánico, lo cual se asoció a una mayor población microbiana debido a una mayor fuente de alimento y energía para reproducirse.

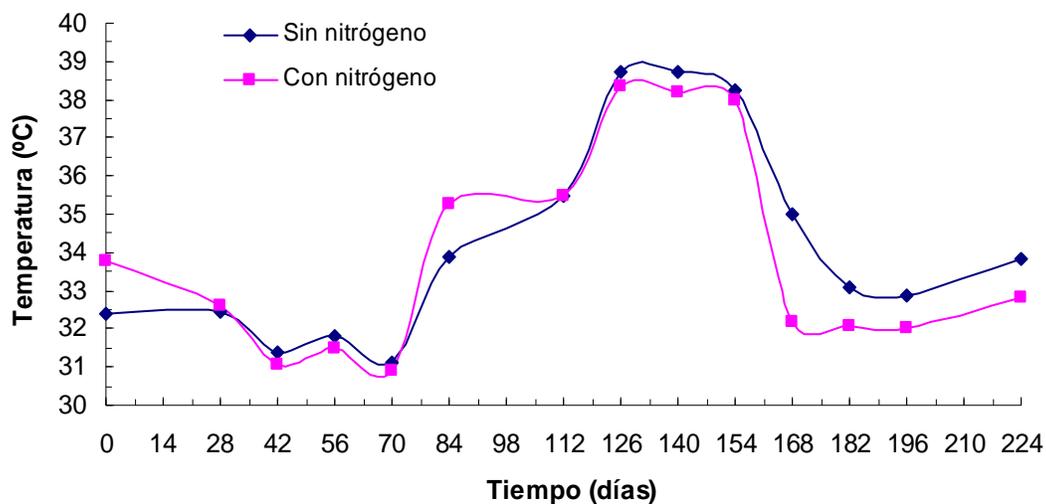


Figura 1. Variaciones de la temperatura durante el proceso de compostaje de raquis de racimos de palma aceitera con y sin aplicación de fuentes nitrogenadas.

Day y Shaw (2001) señalan que con estos valores de temperatura, los microorganismos predominantes son las bacterias mesofílicas y que la abundancia de sustrato en este periodo asegura una muy buena actividad microbiana, lo que causa que la temperatura de la pila del compost se incremente. De acuerdo a Burford (1994), Finstein (1992), y McKinley *et al.* (1985), la actividad microbiana en el rango de 35 a 45°C es excelente lo que favorece positivamente el proceso de compostaje.

Calidad química y biológica del compost

El análisis de varianza señaló que los cambios ocurridos en la conductividad eléctrica y en el pH solo fueron dependientes del tiempo de incubación, independientemente del tratamiento. La figura 2 muestra el comportamiento de estas variables, observándose la tendencia a una disminución a través del tiempo. En el caso de CE no se reportaron valores superiores a 2 mS/cm, por lo que no se esperan efectos perjudiciales al cultivo con el uso de este material de acuerdo a las recomendaciones de Fitzpatrick (2001).

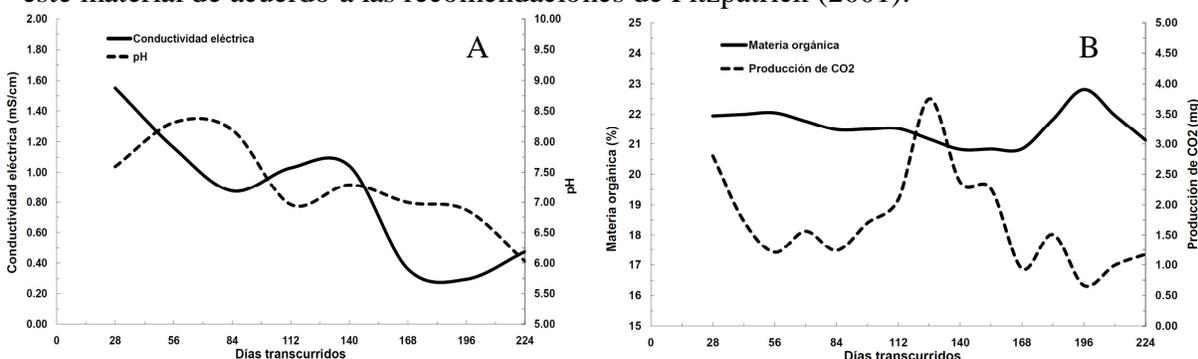


Figura 2. Variaciones de la conductividad eléctrica y del pH (A) y de la materia orgánica y la producción de CO₂ (B) durante el proceso de compostaje de racimos de palma aceitera.

Se observó un valor de pH entre 6 y 8 en todo el proceso. Los valores más altos se reportaron a los 56 y 84 días (pH alrededor de 8) y los valores más bajos se observaron al final del periodo de evaluación (pH 6). Corominas *et al.*, (1987); Poincelet (1977) y Polprasert (1989) señalan que durante las primeras etapas del compostaje, el pH disminuye como consecuencia de la producción de ácidos orgánicos. Posteriormente con el tiempo, el pH vuelve a ser neutral cuando estos ácidos son convertidos en metano y CO₂. Poincelet (1977) y Polprasert (1989) indican que el pH de un material terminado es ligeramente alcalino con valores entre 7,5 a 8,5. De igual manera, Rivero (1999) señala que un pH entre 6 y 7,6 indican que el material compostado se encuentra en fase de estabilización.

El análisis de varianza señala que los cambios ocurridos en la materia orgánica y en la producción de CO₂ solo son diferentes en el tiempo independientemente del tratamiento. Se observa contenidos de materia orgánica superiores a 20% con una gráfica con pocas variaciones orientadas a la disminución, mientras que el pico de producción de CO₂ se obtuvo 126 días con 3,7 mg.

Bures (2008) señala que los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica dependen de múltiples factores como el material orgánico original, las condiciones red-ox del suelo que están ligado a la textura y contenido de agua, el régimen térmico y la

humedad, entre otros. Por su parte, Epstein (1997) señala que las poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes varían en todo el proceso de compostaje, por lo tanto, la tasa de descomposición de la materia orgánica y de producción de CO₂ dependerá de la eficiencia de los microorganismos y en la capacidad del medio para proporcionar donantes de electrones al proceso. De acuerdo con Poincelet (1977) las bacterias crecen durante todas las etapas del compostaje y son las mayores especies microbianas responsables de los procesos de degradación. Golueke (1989) estimó que entre 80 a 90% de la actividad microbiana en el compostaje es debida a las bacterias.

Aporte nutricional del compost producido

La adición de nitrógeno y biofertilizantes no ocasionaron diferencias estadísticas en el aporte nutricional del compost en cuanto a carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio y relación C:N. Los valores de carbono orgánico disminuyeron durante el proceso de compostaje transformándose de 42% a 26,7%.

Tanto la relación C:N inicial y como la final son importantes para obtener un compost de buena calidad. En el compost de racimos de palma aceitera se evidenció una relación C:N inicial de 200, y una relación C:N final de 12,7 para todos los casos. Kayhanian y Tchobanoglous (1993) señalan que una relación C:N final entre 15-20 es usualmente el rango deseado; sin embargo Rivero (1999) y Bures (2008) indican que lo ideal es obtener un compost con una relación C:N final de 10. Estudios realizados por Day y Shaw (2001) aseguran que relaciones C:N superiores a 20 podría ocasionar un impacto negativo en la germinación de las semillas y en el crecimiento de los cultivos.

Los valores de nitrógeno aumentaron en la medida que transcurrió el proceso de compostaje, pasando de 0,21% al inicio del estudio hasta 2,09% al final del ensayo. Cid (2010) señala que la proporción de nitrógeno en el compost varía en función del grado de madurez, de manera que el compost fresco es pobre en nitrógeno, mientras que la concentración crece a medida que el compost madura.

El contenido de fósforo fue de 0,21% para el compost final obtenido, mientras que el de potasio también fue de 0,21%. Howe and Coker (1992) señalan que las cantidades de fósforo junto con el nitrógeno y el potasio presentes en el material final son importantes para determinar la calidad del compost producido porque ellos son nutrimentos esenciales para el crecimiento de las plantas. Aunque no tan esencial como la relación carbono/nitrógeno, una relación carbono/fósforo de 100 a 200 se considera favorable. En el compost de racimos de palma aceitera la relación carbono/fósforo final se ubicó en 127. Por su parte, Cid (2010) indica que el potasio en el compost maduro por lo general puede estar entre 1 y 1,5 %, mayormente en forma de óxido de potasio (K₂O).

CONCLUSIONES

- Los mayores valores de porosidad se alcanzaron en los tratamientos con Terra humus © con más de 92%, los cuales fueron superiores a aquellos donde no se aplicaron biofertilizantes.
- La temperatura en el compostaje de raquis de racimos de palma aceitera osciló en el rango entre 31 a 40°C en la fase mesofílica durante los 224 días de evaluación. La aplicación de urea generó los mayores valores de temperatura.

- Se obtuvieron variaciones a través del tiempo en varias variables. En el caso de la conductividad eléctrica y el pH se obtuvieron tendencias a disminuir, en cuanto a la producción de CO₂ se produjo un pico a los 126 días de compostaje, mientras que la materia orgánica tendió a incrementarse al final del proceso.
- El compost producido presentó 26,6% de carbono orgánico; relación C:N de 12,7; 2,1% de nitrógeno; 0,21% de fósforo y 0,21% de potasio, independientemente de los tratamientos aplicados.

LITERATURA CITADA

- Bures, S. 2008. La materia orgánica en descomposición. *Terralia* Vol 8: 16 – 20.
- Burford, C. 1994. The microbiology of composting. In: A. Lamont (ed.). *Down to Earth Composting*. Institute of Waste Management, Northampton, United Kingdom. p. 10–19.
- Cid, S. 2010. Los nutrientes en el compostaje. Barcelona, España. <http://www.compostadores.com/v3/castellano/articulos/detalles.asp?ArticulosID=6.25/05/2010>
- Corominas, E., F. Perestelo, M.L. Perez, And M.A. Falcon. 1987. Microorganisms and environmental factors in composting of agricultural waste of the Canary Islands. In: M. de Bertoldi, M. P. Ferranti, P. L’Hermite, and F. Zucchini (eds.). *Compost: Production, Quality and Use*. Elsevier Applied Science, London, United Kingdom. p. 127–138.
- Day, M and K, Shaw. 2001. Biological, Chemical, and Physical Processes of Composting. In: *Compost utilization in horticultural cropping systems, Florida (USA)*. 2001. Florida. p 32-34.
- Epstein, E. 1997. *The Science of Composting*. Technomic Publishing Inc., Lancaster, Pennsylvania, p. 83.
- Fitzpatrick, G. 2001. Compost Utilization in Ornamental and Nursery Crop Production Systems. In: *Compost utilization in horticultural cropping systems, Florida (USA)*. 2001. Florida. p 145-158.
- Finstein, M. 1992. Composting in the context of municipal solid waste management, In: R. Mitchell (ed.). *Environmental Microbiology*. Wiley-Liss, Inc., New York. p. 355–374.
- Golueke, C. 1989. *Biological Reclamation of Solid Wastes*. Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania, p. 9.
- Howe, C. and C, Coker. 1992. Co-composting municipal sewage sludge with leaves, yard wastes and other recyclables a case study. In: *Air Waste Management Association. 85th Annual Meeting and Exhibition, Kansas City, Missouri*. p 21–26
- INTEVEP. 1999. Documento técnico. Protocolo para medir producción de CO₂ en suelo. Los Teques. 10 p
- Kayhanian, M and G, Tchobanoglous. 1993. Characteristics of humus produced from the anaerobic composting of the biodegradable organic fraction of municipal solid waste. *Environmental Technology* 14: 815–829.
- Mckinley, V. and J. Vestal. 1985. Physical and chemical correlates of microbial activity and biomass in composting municipal sewage sludge. *Applied and Environmental Microbiology* 50(6):1395–1403.
- Pla, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, Venezuela. UCV-FAGRO. 112p.
- Poincelet, R. 1977. The biochemistry of composting, p.33–39. In: *Composting of Municipal Sludges and Wastes*. Proceedings of the National Conference, Rockville, Maryland.
- Polprasert, C. 1989. *Organic Waste Recycling*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, United Kingdom.
- RIVERO, C. 1999. Materia orgánica del suelo. *Rev. Fac. Agron. (Maracay) Alcance* 57: 127-146.