

Comparación del contenido de nutrientes de bokashis elaborados con desechos de fincas del trópico húmedo de Costa Rica

Humberto A. Leblanc¹
Manuel E. Cerrato¹
Luis A. Vélex²

RESUMEN. Se evaluó y comparó el contenido de nutrientes de bokashis elaborados con desechos agrícolas generados en fincas del trópico húmedo de Costa Rica. El experimento consistió de 10 tratamientos, el bokashi tradicional como testigo y 9 combinaciones de 3 fuentes de N (bovinaza, cerdaza, y arachis-poró) y 3 fuentes de C de fácil degradación (banano, yuca y ñame). Las 3 fuentes de N y de C fueron usadas como sustitutas de la gallinaza y de la semolina utilizadas en el bokashi tradicional. El raquis de banano fue usado como sustituto de cascarilla de arroz. Después de 21 días de degradación, se determinaron los contenidos de macronutrientes, micronutrientes y las relaciones C:N y C:P de los bokashis. Los contenidos de N, C, P, K, Cu, Ca y Zn y las relaciones C:N y C:P fueron influenciados positivamente por las fuentes de N, pero no así por las fuentes de C de fácil degradación. Cualquiera de las combinaciones de las 3 fuentes de N con las de C produjo un bokashi de calidad similar o mejor que el bokashi tradicional. El bokashi con cerdaza tuvo la relación C:N más baja y fue considerado el de mejor calidad nutricional. En conclusión, un bokashi de calidad similar o mejor que el bokashi tradicional puede ser elaborado con desechos agrícolas producidos en el trópico húmedo.

Palabras clave: bokashi, bovinaza, cerdaza, compost, gallinaza.

ABSTRACT. Comparison of nutrient content in bokashis produced from agricultural farm wastes in the humid tropics of Costa Rica. This study evaluated and compared the nutrient content in bokashis produced from agricultural wastes generated on farms of the humid tropics of Costa Rica. The experiment consisted of 10 treatments, traditional bokashi as a control and 9 combinations of 3 sources of N (bovine manure, swine manure, and arachis-poró) and 3 sources of easily degradable C (banana, cassava and yam). The N and C sources substituted the chicken manure and semolina, respectively, used in traditional bokashi. Banana raquis substituted rice bran, also used in traditional bokashi. After 21 days of degradation, macro and micronutrient contents and C:N and C:P ratios were determined. The N, C, P, K, Cu, Ca and Zn contents and the C:N and C:P ratios were positively influenced by the source of N, but not by the source of easily degradable C. Any of the combinations of N and C sources yielded a bokashi of similar or better quality than the traditional bokashi. The bokashi produced with swine manure had the lowest C:N ratio and was considered as having the best nutritional quality. In conclusion, bokashi of similar or better quality than traditional bokashi can be produced from agricultural waste generated in the humid tropics.

Key words: Bokashi, cattle manure, compost, poultry manure, swine manure.

Introducción

La región tropical húmeda de Costa Rica es una zona en la que se encuentran una amplia variedad de empresas agrícolas, grandes y pequeñas, que generan grandes cantidades de desechos. Generalmente, estos desechos son subproductos del proceso de acondicionamiento

y empaque de los productos agrícolas, productos de rechazo que no reúnen las características exigidas por el mercado internacional o productos que no se lograron colocar en el mercado local, y requieren de un sistema de manejo adecuado, el cual algunas veces es inexistente.

¹ Universidad EARTH, 4442-1000 San José, Costa Rica. hleblanc@earth.ac.cr, mcerrato@earth.ac.cr

² Matas de Honduras, Tegucigalpa, Honduras. Luis_velex@hotmail.com

Algunos desechos típicos generados en esta zona son el fruto y el raquis de banano [*Musa* (grupo AAA) subgrupo “Cavendish”], piñas (*Ananas comosus* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y ñame (*Dioscorea alata* L.). En 1995, las fincas bananeras de Costa Rica generaron 270000 toneladas de banano y 225000 toneladas de raquis de banano como desecho (Russo y Hernández 1995). Es importante considerar que las explotaciones pecuarias generan estiércol de ganado vacuno y porcino, el cual tradicionalmente no se ha considerado de valor y casi no es utilizado con fines productivos.

En general, muchos de esos desechos no se utilizan y son acumulados en el campo o son arrojados a ríos o quebradas, convirtiéndose en fuentes de contaminación. La búsqueda de alternativas para el manejo de estos desechos es muy importante debido al daño que pueden causar al medio ambiente, a que las regulaciones ambientales son cada vez más estrictas y a que los consumidores son cada vez más sensibles al impacto ambiental del proceso productivo de un determinado producto. La producción de abonos orgánicos, como el bokashi o el compost, a partir de estos desechos es una alternativa viable para su manejo, tanto en fincas pequeñas como grandes.

El bokashi es un abono orgánico de origen japonés que se produce en un tiempo más corto que el compost. La palabra “bokashi” significa “abono fermentado” en japonés, (Kyan et ál. 1999, RAC 2002), aunque en la mayoría de las ocasiones el bokashi se produce en un proceso aeróbico y no por fermentación. Tradicionalmente, el bokashi se prepara con cascarilla de arroz (*Oriza sativa* L.), gallinaza, tierra de bosque, bokashi previamente preparado, levaduras, carbón, carbonato de calcio (CaCO_3), semolina de trigo (*Triticum aestivum* L.) y melaza de caña (*Saccharum officinarum* L.). La cascarilla de arroz es una fuente de carbono (C) de degradación lenta (Arias 2001) mientras que la gallinaza es la principal fuente de N (Restrepo 2001). La semolina y la melaza son fuentes de C de degradación rápida y ayudan a iniciar el proceso de degradación (Arias 2001).

En el trópico húmedo, los materiales necesarios para elaborar un bokashi tradicional no se adquieren fácilmente; sin embargo, podrían ser sustituidos por algunos de los desechos que se generan en esta zona. El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar el contenido de nutrientes de bokashis elaborados a partir de diferentes mezclas de materiales de desecho que comúnmente se generan en las fincas del trópico húmedo de Costa Rica.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones de la Finca Integrada Orgánica (FIO) de la Universidad EARTH, ubicada en la costa Caribe de Costa Rica (10°10'N, 83°37'O). La FIO se encuentra a 95 msnm, tiene una temperatura media de 25 °C y una precipitación pluvial anual de 3464 mm. La zona de vida es un bosque muy húmedo premontano transición al basal (Bolaños y Watson 1993).

El experimento fue establecido en un diseño completamente al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Un bokashi tradicional (tratamiento 1) fue usado como testigo. Los tratamientos del 2 al 10 fueron creados al sustituir algunos ingredientes del bokashi tradicional por desechos típicos de las fincas del Trópico Húmedo de Costa Rica.

La gallinaza utilizada en el bokashi tradicional fue sustituida por bovinaza, cerdaza o una mezcla en partes iguales de araquís (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Gregory) y poró [*Erythrina poeppigiana* (Walp.) Skeels] como fuentes de N. La cascarilla de arroz (lema y palea) fue sustituida por el raquis de banano como fuente de C de degradación lenta y la semolina fue sustituida por banano, yuca o ñame como fuentes de C de degradación rápida. El carbón y la cal no fueron incluidos en los tratamientos 2 al 10 debido a que estos materiales no se encuentran fácilmente disponibles en la zona. Estos tratamientos se formaron de manera tal que para cada fuente de N (bovinaza, cerdaza, araquís-poró) se probase una fuente de C de fácil descomposición (banano, yuca, ñame).

Antes de mezclar los ingredientes de cada tratamiento, cada uno de los materiales fue picado hasta obtener partículas de aproximadamente 2 cm, luego fue esparcido y secado a la sombra durante 3 días. Para efectuar la mezcla, los materiales fueron ordenados en capas y volteados hasta formar un montículo. Durante el mezclado se agregó agua para asegurar que el contenido de humedad de cada montículo fuera de alrededor del 40%. Durante la fase termofílica, la temperatura de cada montículo fue supervisada diariamente para asegurar que no sobrepasase los 60 °C. Los montículos fueron volteados cada dos días para asegurar una degradación uniforme.

A los 21 días después de haber iniciado el experimento, cada montículo fue mezclado completamente y luego muestreado dividiéndolo en cuatro partes. Luego, una de esas partes fue mezclada completamente y dividida de nuevo en cuatro partes. Este procedimiento se repitió hasta obtener una muestra de 0,5 kg. La muestra fue secada al aire y luego molida para reducir su tamaño de partícula a aproximadamente 2 mm.

Los análisis de cada muestra se realizaron por triplicado. El C orgánico fue cuantificado por gravimetría, el N total por el método de Kjeldahl (Bremner 1996) y el P por colorimetría. El K, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu fueron cuantificados por absorción atómica.

El análisis estadístico se realizó a través del procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 1999). Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante la prueba de separación de medias de Duncan ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($P \leq 0,05$) únicamente en el contenido final de N, C y Ca (Fig. 1). No hubo diferencias significativas en el contenido de N y Ca entre tratamientos que tenían la misma fuente de N con diferente fuente de C de fácil degradación (banano, yuca o ñame). Esta observación sugiere que la fuente de C no influyó en el contenido de N y Ca. El contenido de C siguió una tendencia

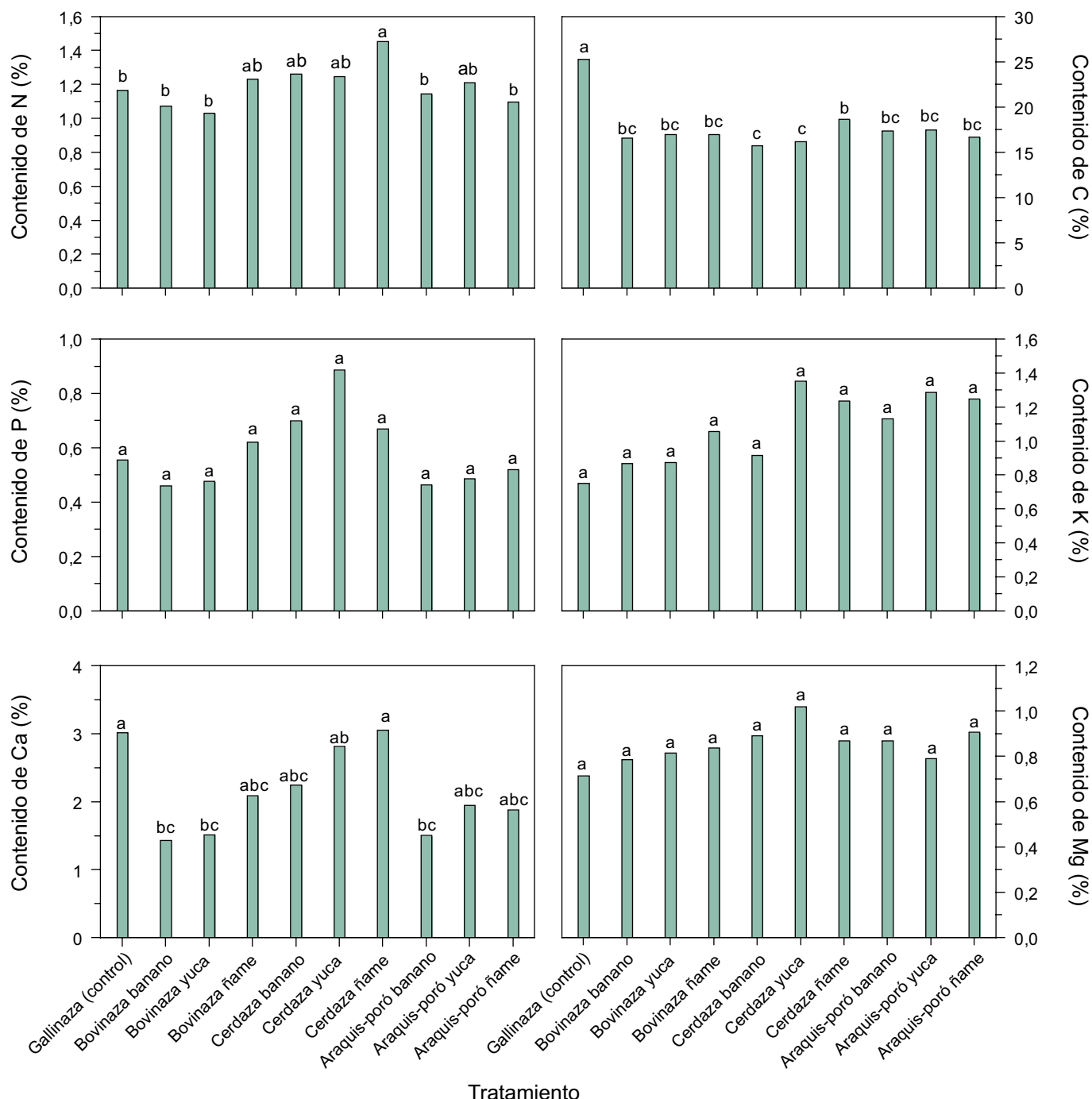


Figura 1. Contenido de N, C, P, K, Ca y Mg de los bokashis.

similar al combinar las tres fuentes de C con bovinaza y araquis-poró, pero al combinarlas con cerdaza, el tratamiento con ñame presentó más C ($P \leq 0,05$) que las otras dos fuentes de carbono de rápida descomposición (banano y yuca). En general, el banano, la yuca o el ñame pueden ser usados como sustitutos de la semolina utilizada en el bokashi tradicional sin afectar el contenido de estos nutrientes.

Para evaluar el efecto de la fuente de N en el contenido de macronutrientes y micronutrientes, este fue analizado en función de las fuentes de N (gallinaza, bovinaza, cerdaza, y araquis-poró). Este análisis demostró que la fuente de N tuvo un efecto significativo ($P \leq 0,05$) en el contenido de N, C, P, K, Ca, Cu y Zn (Fig. 2). El contenido de N fue mayor en el bokashi con cerdaza que en el bokashi con bovinaza, pero resultó igual que el contenido de N en el bokashi con gallinaza o con araquis-poró.

Estos resultados indican que la cerdaza sería una mejor opción como fuente de N en la elaboración de bokashi comparada con la bovinaza. Es importante recalcar que la ración ingerida por el animal influye en el contenido de elementos en sus heces (Benzing 2001), por lo que en otras condiciones de alimentación el resultado podría variar.

El contenido de C fue significativamente mayor ($P \leq 0,05$) en el bokashi con gallinaza que en los demás bokashis (Fig. 2). Esto probablemente se debió a que la gallinaza utilizada tenía un alto contenido de aserrín de madera, que generalmente se utiliza en el mantenimiento de los criaderos de aves. Este alto contenido de C en la gallinaza también influyó en que el bokashi tradicional con gallinaza no resultara ser el tratamiento con más contenido de N, pues la gallinaza contiene un promedio de 1,7% de N (materia fresca), la cerdaza de 0,5% y la bovinaza de 0,4% (Benzing 2001).

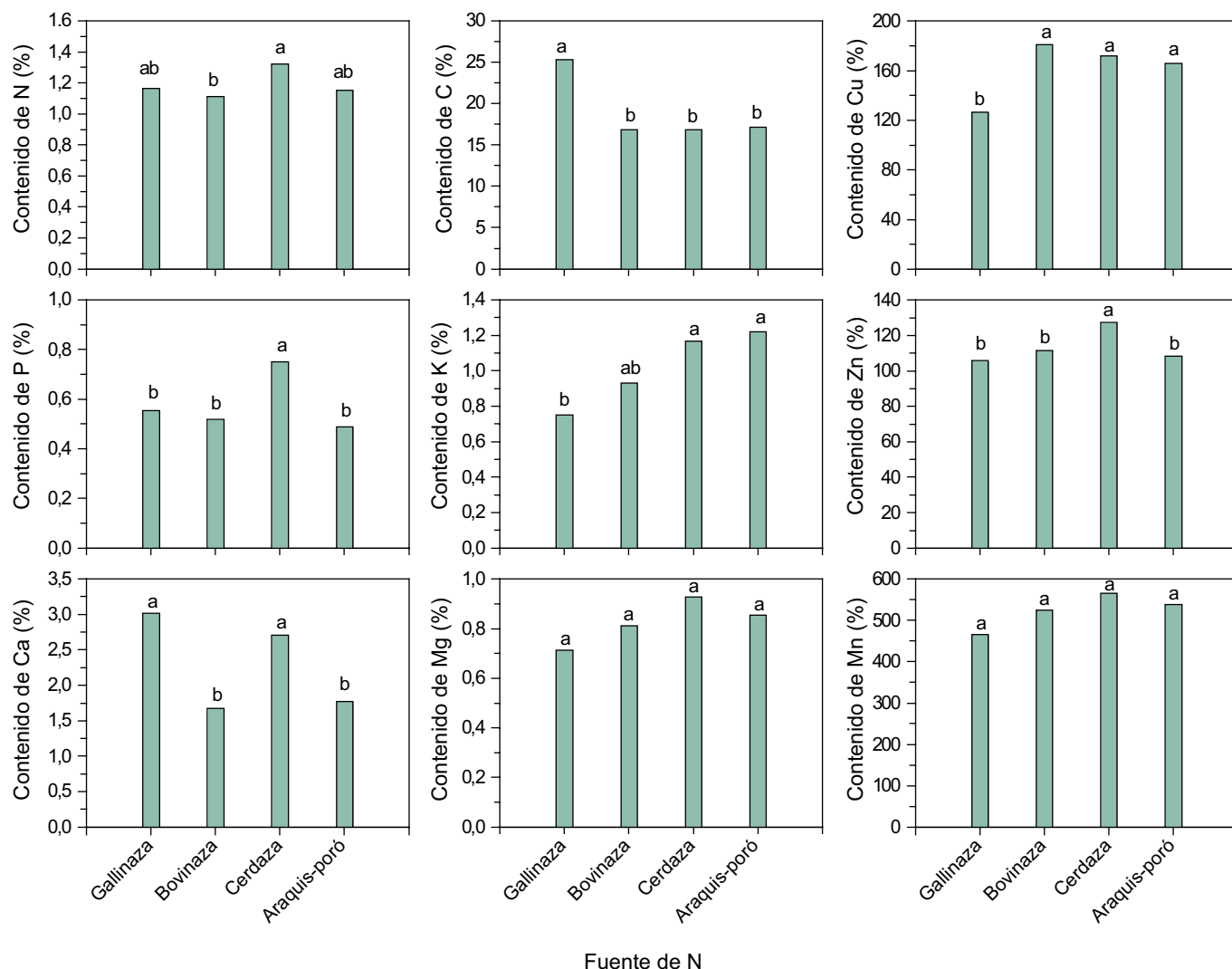


Figura 2. Contenido de N, C, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn y Mn de los bokashis en función de las fuentes de N.

El contenido de P resultó ser significativamente mayor ($P \leq 0,05$) en el bokashi con cerdaza que en el bokashi con bovinaza, con araquis-poró, y gallinaza (Fig. 2). El contenido de K fue igual en los bokashis elaborados con bovinaza, cerdaza o araquis-poró, pero fue significativamente menor ($P \leq 0,05$) en el bokashi con gallinaza que en los bokashis con cerdaza o con araquis-poró (Fig. 2).

El contenido de Ca fue igual en los bokashis con gallinaza o con cerdaza. Estos tratamientos tuvieron un mayor contenido de Ca que el bokashi elaborado con bovinaza o araquis-poró (Fig. 2). El alto contenido de Ca observado en el bokashi con gallinaza se debe a que el bokashi tradicional lleva carbonato de calcio (CaCO_3) y a que la gallinaza tiene un mayor contenido de Ca que las demás fuentes de N (King 1994, CEDAF 2002).

El contenido de Cu fue igual entre los bokashis con bovinaza, cerdaza o con araquis-poró, pero todos estos tuvieron contenidos de Cu significativamente mayores que el bokashi con gallinaza (Fig. 2). Una posible explicación sería el hecho de que los bokashis elaborados con bovinaza, cerdaza o araquis-poró recibieron raquis de banano como fuente de C de lenta degradación mientras que el bokashi con gallinaza recibió cascarilla de arroz. El raquis de banano provino de una finca en la que sulfato de cobre (CuSO_4) fue aplicado por muchos años para el tratamiento de la sigatoka amarilla y negra (*Mycosphaerella musicola* y *Mycosphaerella fijiensis*). La presencia de Cu residual en suelos de fincas bananeras ha sido reportada anteriormente (Martínez y Daly 1995) al igual que su acumulación en plantas de banano (Ávila y Regalado 1993). El raquis de banano pudo haber provocado que los bokashis elaborados con este ingrediente presentaran altos contenidos de Cu.

El contenido de Zn fue significativamente ($P \leq 0,05$) mayor en el bokashi con cerdaza que en los otros bokashis. Sin embargo, los contenidos de Zn no variaron entre los bokashis elaborados con las demás fuentes de N (Fig. 2).

Los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($P \leq 0,05$) en la relación C:N (Fig. 3). La relación C:N fue significativamente menor en todos los tratamientos que en el testigo. Este resultado fue una consecuencia del alto contenido de C del testigo, atribuido anteriormente al uso de la cascarilla de arroz y gallinaza. Esta última siempre trae mezclado aserrín de madera, el cual es una fuente de C de muy lenta degradación y con contenidos de N extremadamente bajos. La

relación C:N de todos los bokashis, exceptuando el testigo, fue menor que 20:1 y, por lo tanto, esos bokashis tienen una capacidad adecuada de mineralización de N (Stevenson 1986, PPI 1996, Epstein 1997, Foth y Ellis 1997). Estos resultados muestran que la fuente de C de fácil degradación no influyó sobre las relaciones C:N de los tratamientos, ya que las relaciones C:N de los tratamientos que tenían la misma fuente de N pero diferente fuente de C de fácil degradación fueron iguales. Sin embargo, el hecho de que algunos tratamientos con distintas fuentes de N hayan presentado relaciones C:N significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) sugiere que la fuente de N pudo haber influido en la relación C:N de los tratamientos.

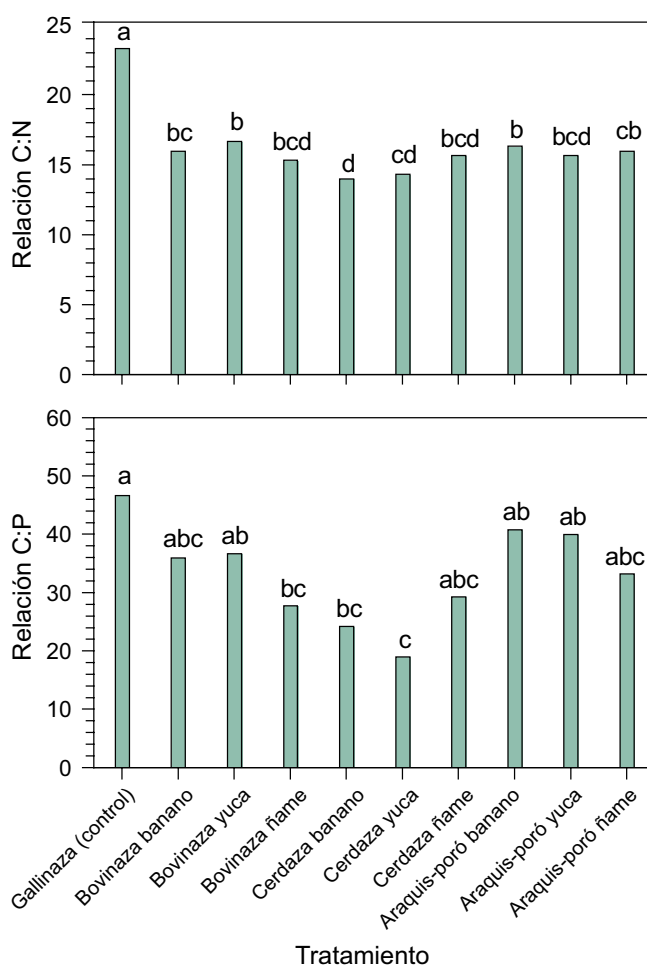


Figura 3. Relaciones C:N y C:P de los bokashis.

Los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($P \leq 0,05$) en la relación C:P (Fig. 3). La relación C:P fue menor a 200:1 en todos los tratamientos (incluyendo el testigo), indicando que su capacidad de mineralizar P también es adecuada (Alexander 1980). En general los tratamientos presentaron relaciones C:

P muy parecidas entre sí. La fuente de N pudo haber influido sobre las relaciones C:P de ciertos tratamientos mientras que la fuente de C de fácil degradación no influyó sobre ellas.

El análisis estadístico de las relaciones C:N y C:P en función de la fuente de N estableció que la fuente de N tuvo un efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre ambas relaciones (Fig. 4). La relación C:N del bokashi con gallinaza fue mayor que las relaciones C:N de los otros bokashis. Esto se atribuye al alto contenido de aserrín que trae consigo la gallinaza y al uso de la cascarilla de arroz en el bokashi tradicional. Cabe mencionar de nuevo que el contenido de N de los bokashis fue muy parecido y que solo el bokashi con cerdaza presentó un mayor contenido de N que los otros bokashis (Fig. 2). Este hecho se reflejó en que el bokashi con cerdaza fue el que resultó con la relación C:N significativamente más baja ($P \leq 0,05$) de todos.

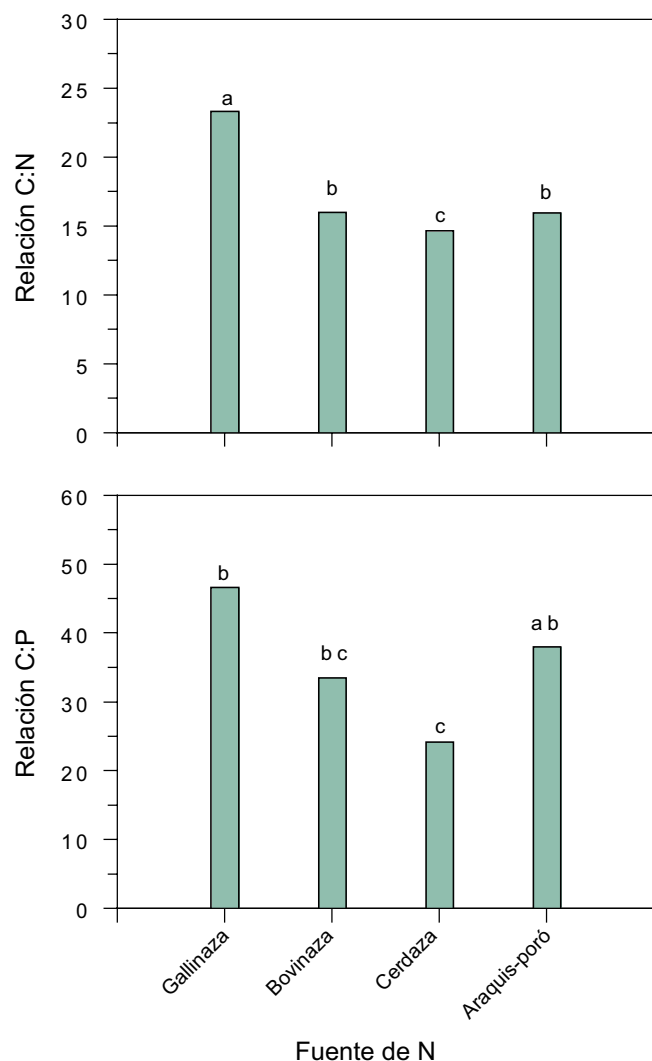


Figura 4. Relaciones C:N y C:P de los bokashis en función de las fuentes de N.

La relación C:P del bokashi con cerdaza fue significativamente menor ($P \leq 0,05$) que las relaciones C:P de los bokashis con gallinaza o araquís-poró, pero igual al bokashi preparado con bovinaza. Los bokashis con gallinaza, bovinaza o araquís-poró no presentaron diferencias significativas en sus relaciones C:P. Los valores obtenidos para las relaciones C:N y C:P de los bokashis con bovinaza, cerdaza o araquís-poró se encuentran por debajo de los valores requeridos para que un abono tenga un potencial de mineralización adecuado de N y P.

El contenido de nutrientes de los bokashis elaborados con desechos agrícolas del trópico húmedo resultó ser igual o mejor que el contenido de nutrientes del bokashi tradicional. Esto indica que el raquis de banano puede ser usado como sustituto de la cascarilla de arroz en la elaboración de bokashi. Por otro lado, el banano, la yuca o el ñame pueden ser usados, sin distinción alguna, como sustitutos de la semolina de trigo. De igual forma, la bovinaza, cerdaza o una mezcla de araquís-poró pueden ser usados como sustitutos de la gallinaza en el bokashi tradicional. Sin embargo, se observó que la cerdaza produjo un bokashi de mejor calidad que los bokashis producidos con las otras fuentes de N.

Literatura citada

Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología de suelos. Nueva York, US, Editorial John Wiley. 472 p.

Arias, A. 2001. Suelos Tropicales. San José, CR, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 168 p.

Ávila, M; Regalado, L. 1993. Rehabilitación de suelos contaminados con cobre. Proyecto de Graduación. Guácimo, CR, EARTH. 58 p.

Benzing, A. 2001. Agricultura orgánica. Fundamentos para la región andina. Villingen-Schwenningen, DE, Neckar-Verlag. 682 p.

Bolaños, RA; Watson, VC. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R Holdrige. Costa Rica, Centro Científico Tropical.

Bremner, JM. 1996. Nitrogen-Total. In Bartels, JM; Bigham, JM. eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, US, SSSA y ASA. Part 3, p. 1085-1121.

CEDAF (Centro para el Desarrollo Agrícola y Forestal). 2002. Agricultura Orgánica. (en línea). Santo Domingo, DO, Fundación para el Desarrollo Agropecuario. Consultado 10 jul 2002. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/new2informes/agriculturaorganica.pdf>. (Guía Técnica No 35. Serie Cultivos).

Epstein, E. 1997. The Science of Composting. Pennsylvania, US, Technomic Publishing. 483 p.

Foth, HD; Ellis, BG. 1997. Soil Fertility. 2 ed. Florida, US, CRC Press. 290 p.

King, EH. 1994. Farmers of forty centuries. ILEIA Newsletter 10(3):11.

- Kyan, T; Shinatani, M; Kanda, S; Sakurai, M; Ohashi, H; Fujisawa, A; Pongdit, S. 1999. Kysei nature farming and the technology of effective microorganisms. Guidelines for practical use. International Nature Farming Center (Japón) and Asia Pasific Natural Agriculture Network (Tailandia). 44 p.
- Martínez, R; Daly, C. 1995. Uso de suelos contaminados con cobre para el cultivo de arroz. Proyecto de Graduación. Guácimo, CR, EARTH. 59 p.
- PPI (Potash and Phosphate Institute). 1996. Manual de fertilidad de los suelos. Estados Unidos. 86 p.
- Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencia con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José, US, IICA. 155 p.
- (RAC) Royal Agricultural College. 2002. What is bokashi? (en línea). Reino Unido. Consultado 15 jul 2002. Disponible en www.royagcol.ac.uk/research/conferences/EM.ppt.
- Russo, R; Hernández, C. 1995. The environmental impact of banana production can be diminished by proper treatment of wastes. *Journal of Agriculture* 5:39.
- SAS (SAS Institute). 1999. SAS/STAT user's guide: Statistics. Versión 8.02. Cary, NC, US. 846 p.
- Stevenson, FJ. 1986. *Cycles of Soil*. Estados Unidos, John Wiley. 380 p.