

Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia

Nutritional, physical-chemical and microbiological characterization of three organic fertilizers to be used in agricultural ecosystems of pastures located in the subregion Sabanas, department of Sucre, Colombia

Pérez C. Ricardo, M. Sc; Pérez C. Alexander, Dr; Vertel M. Melba, M. Sc.*

Resumen. El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados de un estudio tendiente a caracterizar nutricional, físico-química y microbiológicamente tres abonos orgánicos, para su uso en agroecosistemas de pasturas en la Subregión Sabanas del departamento de Sucre. Fueron preparados tres abonos orgánicos (Composta de pollinaza, Composta de bovinaza y Lombricompost) con materias primas procedentes de la zona de estudio. A cada abono orgánico se le hizo caracterización nutricional, físico-química y microbiológica. Para relacionar los parámetros nutricionales, físico-químicos y microbiológicos de los abonos, se emplearon técnicas multivariadas (análisis de componentes principales o análisis de correspondencias simples) y el programa estadístico R, 2009.

Los resultados muestran que la composta de pollinaza presenta una mayor contribución nutricional, mayor retención de humedad y una alta volatilización, mientras la composta de pollinaza y el lombricompost muestran la más baja densidad física (0.40g/cm^3). Los tres abonos tienen concentraciones de Cd, Cr, Hg, Ni y Pb por debajo de los niveles máximos permisibles por la NTC 5167 de 2004, y concentraciones de Cu y Zn inferiores a las máximas permitidas por la Comunidad Europea (Real decreto 824 de 2005, de España). Con relación a la diversidad de comunidades microbiológicas, la composta de bovinaza presentó mayor diversidad poblacional de hongos y bacterias. El contenido nutricional, la facilidad de liberación, las características físicas, químicas (metales pesados) y microbiológicas de un abono orgánico, son determinantes de su calidad, razón por lo que éstos deben ser evaluados antes de su aplicación en cualquier agroecosistema.

Palabras clave: Abonos orgánicos, Suelo, Microbiota, Pasturas, Sabanas

* Universidad de Sucre, Campus Universitario Puerta Roja, Sincelejo. Dirección electrónica de contacto: rimanper7@hotmail.com

Abstract. The aim of this paper is to present the main results of a research oriented to characterize nutritionally, physicochemically and microbiologically three organic fertilizers to be used in agricultural ecosystems of pastures located in the Subregion Sabanas of Sucre Department, Colombia. Three organic fertilizers were prepared (chicken manure compost, cattle manure compost, and worm compost) with native materials from the zone of study. Nutritional, physico-chemical and microbiological characterization of each one of those composts was made. To relate the nutritional, physico-chemical and microbiological parameters of the fertilizers, multivariate techniques (principal components analysis or simple correlation analysis) and the statistical program R, 2009 were used. The results show that chicken manure compost has a bigger nutritional contribution, a major retention of moisture and high volatilization. Chicken manure compost and worm compost show the lowest density (0.40g/cm³). The three fertilizers have concentrations of Cd, Cr, Hg, Ni and Pb below the maximum permissible levels for the 5167 NTC 2004 and Cu and Zn concentrations below the maximum allowed by the European Community (Royal Decree 824 of 2005, Spain). The diversity of microbial communities in cattle manure compost is higher fungi and bacteria. Nutritional content, easiness of release and physico-chemical and microbiological characteristics determine the quality of an organic fertilizer; so they must be evaluated before its application in any agroecosystem

Key words: Organic fertilizer, Soil, Microbes, Pasture, Savannas.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una actividad muy significativa dentro del sector agropecuario y agroindustrial colombiano, en tanto comprende 491.334 predios, conformados por la pequeña (81.7%, < 10 - 50 bovinos/predio), mediana (17.2%, 51 - 500 bovinos/predio) y grande ganadería (1.1%, > 500 bovinos/predio) (Fedegan, 2009). En ese marco predominan numéricamente los pequeños productores, quienes por encontrarse dispersos geográficamente y, tener limitada organización e integración con la agroindustria, requieren estrategias que les permitan fortalecer empresarialmente la pequeña ganadería. Desde nuestra perspectiva, una buena opción de partida para el desarrollo de estrategias de ese tipo es la adopción de tecnologías limpias, sostenibles y económicas en el sector primario, como el aprovechamiento de los residuos orgánicos que se producen en los minifundios, para la preparación de compostas y lombricompostas que puedan ser utilizadas como abonos o enmiendas en los agroecosistemas de pasturas.

En pasturas es poco el conocimiento que se tiene acerca de los materiales orgánicos sobre aspectos tan importantes, como su efecto a corto plazo, impacto en la materia orgánica nativa, y sobre la microbiota del suelo en diferentes condiciones climáticas.

Un sistema diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo, se considera un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, se dice que un agroecosistema rico en biodiversidad, es sustentable o saludable cuando ésta, a partir de una serie de sinergismos, subsidia la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema (Altieri y Nicholls, 2007). El trabajo que dio origen al presente artículo se planteó atendiendo la ausencia de evidencias tangibles de estudios de evaluación de abonos orgánicos en agroecosistemas de pasturas en la Subregión Sabanas del departamento de Sucre. En ese marco nos propusimos caracterizar nutricional, fisicoquímica y microbiológicamente tres abonos orgánicos, para su uso en agroecosistemas de pasturas en dicha subregión

2. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en el municipio de Sampedra, departamento de Sucre. El municipio se encuentra ubicado a 9°03'54" y 9°15' latitud norte, y 75°13'42" y 75°28'20" longitud occidental. Posee piso térmico cálido o isomegatérmico con precipitación media multianual de 1.227.6 mm; en él se presentan dos épocas durante el año: seca (diciembre - marzo) y lluviosa (abril - noviembre); la temperatura promedio es de 26.8°C, la humedad relativa promedio de 80%; brillo solar mensual de 169 horas y evapotranspiración de referencia-TO total año 1.265.7 mm (Pérez, Quintero, Consuegra, Mestra y Arenas, 2000).

Se elaboraron tres abonos orgánicos (composta de pollinaza, composta de bovinaza y lombricompost), utilizándose la siguiente infraestructura y materiales: casa con techo de plástico agrícola IT-01 y polisombra, medias canecas de plástico color azul con dimensiones de 0.90 m de largo y 0.60 m de ancho, madera para levantar las canecas a 1 m del suelo, palas, carretilla, tanque para almacenamiento de agua, regaderas y guantes impermeables. En la preparación de los abonos se empleó por cada 100 kg de sustrato: 75 kg de forraje (37.5 kg de gramíneas y 37.5 kg de leguminosas) y 25 kg de residuos animales. Para la composta de pollinaza se utilizó forraje de pasto elefante morado (*Pennisetum sp*), acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*, C.L) y cama de pollos de engorde (compuesta por cisco y estiércol de pollos). En la composta de bovinaza se empleó forraje de pasto elefante morado, acacia forrajera y estiércol fresco de vacunos. En el lombricompost fue utilizado forraje de pasto elefante morado, acacia forrajera y estiércol de vacunos (con previo manejo durante 14 días en lugar fresco en cobertura), en este sustrato en la etapa de enfriamiento se hizo la siembra de *Eisenia foetida* y se utilizó como alimento de las lombrices durante el proceso de lombricompostaje; el proceso de compostaje y lombricompostaje tuvo una duración de cuatro meses.

Para relacionar los parámetros nutricionales, físico-químicos y microbiológicos de los abonos orgánicos se utilizaron técnicas descriptivas multivariadas (análisis de componentes principales o de correspondencias simples (Pardo y del Campo, 2007), mediante el programa estadístico R, 2009 (4.5) (R development, 2009).

3. RESULTADOS

3.1 Caracterización nutricional

Al relacionar los parámetros nutricionales de los abonos orgánicos estudiados mediante el análisis de componentes principales se observa en la componente 1 que la composta de bovinaza y el lombricompost presentan respectivamente los mayores valores de pH (7.37-7.36), K₂OT (1.2-1.1%) y K₂OD (0.98-0.91%), mientras que la composta de pollinaza los más altos de NT (1.51%), P₂O₅T (1.66%), P₂O₅A (1.46%), CaO (1.98%), Mn (0.024%), COO (11.00%), S (0.16%) y CIC (36.5%). En la componente 2 la composta de bovinaza presenta las mayores contribuciones de Bo (0.004%), C/N (7.44), MgO (0.75%), ceniza, (13.46%), y Fe (0.15%) en contraposición con el Lombricompost, que es el de menor contribución de C/N (6.86), MgO (0.70%), ceniza (12.57%) y Fe (0.09%) (Figura 1).

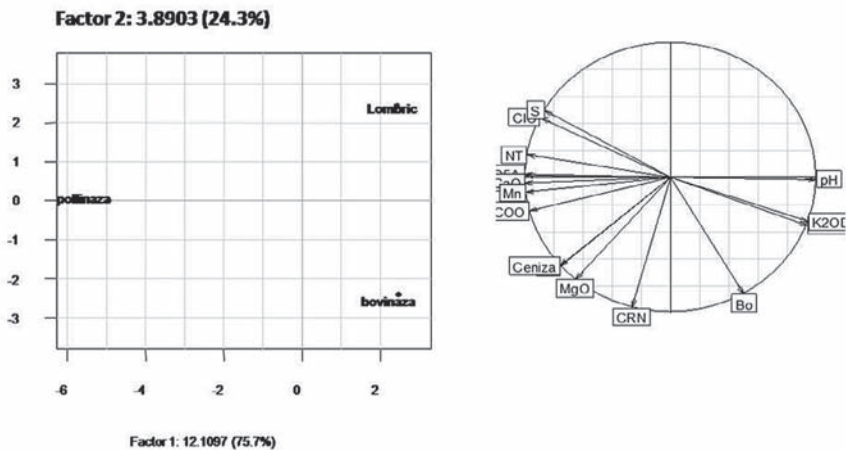


Figura 1. Análisis de componentes principales para calidad nutricional de los abonos composta de pollinaza, composta de bovinaza y lombricompost. T: total, D: disponible, A: asimilable, K₂OT: potasio total, K₂OD: potasio disponible, NT: nitrógeno total, P₂O₅T: fósforo total, P₂O₅A: fósforo asimilable, CaO: óxido de calcio, Mn: manganeso, COO: carbono orgánico oxidable, S: azufre, CIC: capacidad de intercambio catiónico, Bo: boro, Fe: hierro, C/N: relación carbono nitrógeno, primera componente: eje de las X, segunda componente: eje de las Y.

Al estudiar la calidad nutricional de los tres abonos orgánicos, mediante análisis de correlación entre variables y el clúster aglomerativo se observa que la composta de bovinaza y el lombricompost son similares en cuanto a contribución de pH, K₂OT, K₂OD, NT, P₂O₅T, P₂O₅ A, CaO, Mn, COO, S y CIC, mientras que la composta de pollinaza contribuye con los valores más altos en estas variables nutricionales, a excepción de pH y K₂O total y disponible, y la composta de bovinaza muestra los valores más altos de Bo y C/N (figuras 1 y 2).

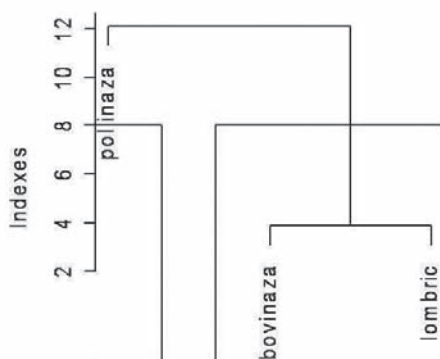


Figura 2. Análisis de clúster aglomerativo de calidad nutricional en tres abonos orgánicos.

3.2 Caracterización física

Al relacionar los parámetros físicos de los abonos orgánicos, mediante el análisis de componentes principales la primera componente muestra que la composta de pollinaza presenta la más alta retención de humedad (78.05%) y la mayor pérdida por volatilización (25.50%), mientras que el lombricompost presenta la más baja de retención de humedad (64.73%) y la menor pérdida por volatilización (21.82%) (Figura 3). En la segunda componente, la composta de bovinaza presenta la mayor densidad (0.46g.cm⁻³), mientras que la composta de pollinaza y el lombricompost presentan la más baja (0.40 g. cm⁻³) (figura 3).

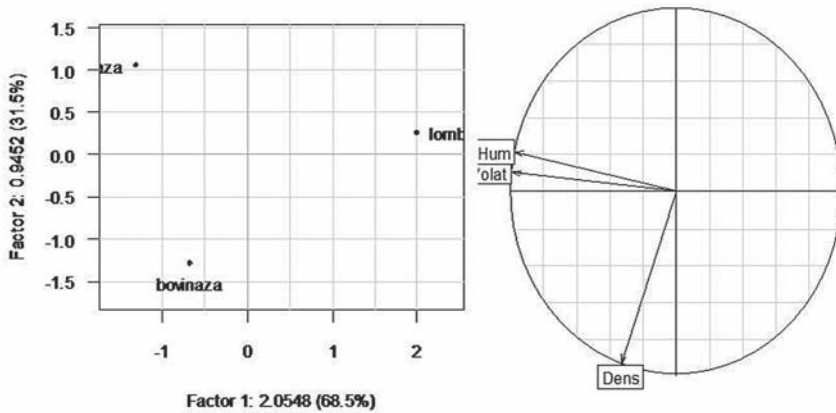


Figura 3. Análisis de componentes principales para calidad física de los abonos composta de pollinaza, composta de bovinaza y lombricompost. Hum: humedad, Volat: volatilización, Dens: densidad.

3.3 Caracterización de metales pesados

Al relacionar las concentraciones de metales pesados en los abonos orgánicos, mediante el análisis de componentes principales se observa en la componente 1 que la composta de bovinaza presenta las mayor concentración de Hg (0.06mg.kg^{-1}) y Cd (0.38 mg.kg^{-1}), mientras que la composta de pollinaza muestra los valores más altos de Ni (6.60 mg.kg^{-1}) y Pb (0.27 mg.kg^{-1}). En la componente 2 el lombricompost presenta la mayor concentración de Cr (8.80 mg.kg^{-1}) y la composta de pollinaza presenta la mayor concentración de Cu (53.20 mg.kg^{-1}) y Zn (255.50 mg.kg^{-1}). La cuantificación de Cr, Cd, Pb, Ni, Zn y Cu se hizo mediante espectrofotometría de absorción y la de Hg por espectrofotometría de absorción en frío (figura 4).

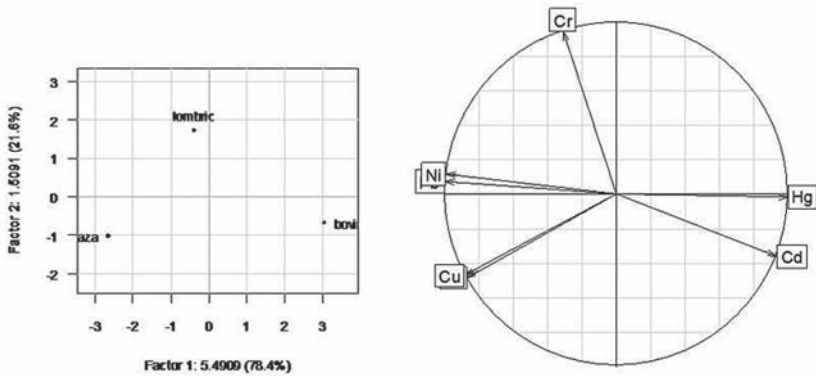


Figura 4. Análisis de componentes principales para la caracterización de metales pesados en la composta de pollinaza, la composta de bovinaza y el lombricompost.

3.4 Caracterización microbiológica

Al relacionar la densidad poblacional de hongos (UFC.g⁻¹) en los abonos orgánicos, mediante el análisis de componentes principales se observa en la componente 1, que la composta bovinaza presenta las mayores densidades de *Penicillium sp* (400 x10³UFC.g⁻¹), Moniliaceae (200 x10³UFC.g⁻¹) y Levadura (400 x10³UFC.g⁻¹), mientras que el lombricompost muestra la mayor densidad de *Aspergillus sp* (1.800 x10³UFC.g⁻¹). En la componente 2, la composta de pollinaza presenta la mayor densidad de *Rhizopus sp.* (100 x10³UFC. gr⁻¹) (figura 5).

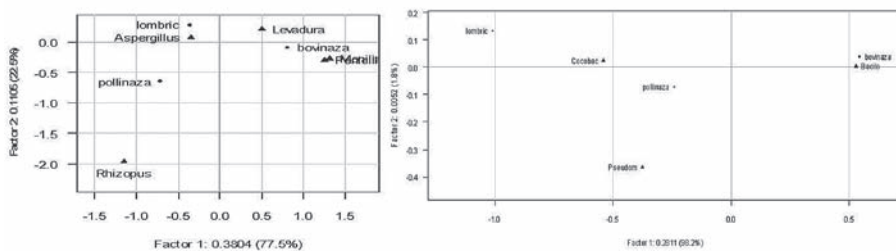


Figura 5. Análisis de correspondencias simples para densidades poblacionales de hongos y bacterias en abonos orgánicos. UFC: unidades formadoras de colonias.

Al relacionar la densidad de bacterias (UFC.g⁻¹) en los abonos orgánicos, mediante el análisis de componentes principales se observa en la componente 1 que la composta

de bovinaza presenta la mayor densidad perteneciente al grupo Bacilo Gram-negativo ($5.500 \times 10^3 \text{UFC. g}^{-1}$), mientras que en la composta de pollinaza se observa la mayor densidad de Cocobacilo Gram-negativo ($4.200 \times 10^3 \text{UFC. gr}^{-1}$). En la componente 2 la composta de pollinaza presenta la mayor densidad del género *Pseudomonas* ($420 \times 10^3 \text{UFC. g}^{-1}$), mientras que el lombricompost muestra la mayor densidad de Cocobacilo Gram-negativo ($2.000 \times 10^3 \text{UFC. g}^{-1}$) (Figura 5).

4. DISCUSIÓN

4.1 Parámetros nutricionales

Los abonos orgánicos comerciales deben tener valores totales mayores de 1% para cada uno de los nutrientes N, P_2O_5 , K_2O , y una CIC (capacidad de intercambio catiónico) mínima de $30 \text{ Meq.}100\text{g}^{-1}$ de muestra (Icontec, 2004). El contenido de cenizas en un abono orgánico debe oscilar entre 10 y 20; un valor de C/N entre 10 y 20 se propone como aceptable, y se considera que los abonos con valores menores de 10 tienen una liberación más rápida de nutrimentos que aquellos con valores mayores de 20 (Day y Shaw, 2001). Con base en lo expuesto anteriormente, los tres abonos presentan valores mayores de 1% en NT; la composta de pollinaza presenta un valor mayor de 1% en P_2O_5 y cercano a 1% en K_2O ; la composta de bovinaza y el lombricompost muestran valores por encima de 1% en K_2O y menores de 1% en P_2O_5 . Los tres abonos tienen una CIC superior a $30 \text{ Meq.}100\text{g}^{-1}$, contenido de cenizas mayores de 10%, y por tener valores de C/N menores de 10 son de rápida liberación de nutrimentos, presentando el lombricompost el valor más bajo de C/N y por lo tanto la más rápida liberación, lo que se puede atribuir a la diferencia en el proceso de preparación con respecto a las compostas. La composta de pollinaza presenta una mayor contribución nutricional con respecto a la composta de bovinaza y el lombricompost, según lo muestra el análisis de componentes principales (figura 1).

4.2 Parámetros físicos

La capacidad de retención de agua en un abono orgánico de calidad, debe mejorar la capacidad de retención de humedad y la tasa de infiltración del suelo; la densidad es uno de los aspectos físicos que definen la calidad de un abono orgánico, en tanto se relaciona con su capacidad para mejorar la eficiencia de absorción, aireación y estructura del suelo. En los resultados obtenidos, la mayor retención de humedad que presenta la composta de pollinaza, se debe posiblemente al cisco de madera que es un material fibroso absorbente y es uno de los componentes de la materia prima; en lo

que respecta a la densidad aparente, los menores valores presentados por la composta de pollinaza y el lombricompost, posiblemente se deben a la mayor porosidad en estos dos abonos, en el primero por la presencia de cisco de madera, y en el segundo por acción de las lombrices, ya que al aumentar la porosidad, la densidad tiende a disminuir al final del proceso (Uribe, Estrada, Córdoba, Hernández y Bedoya, 2001). A pesar de que la composta de pollinaza contribuye con los valores más altos en la mayoría de los nutrientes, debido a su mayor volatilización puede presentar en suelos de regiones con altas temperaturas, más pérdidas de N en forma de amoníaco (NH_3) que el Lombricompost.

4.3 Metales pesados

A pesar de que en los abonos orgánicos analizados se encuentran metales pesados, las concentraciones de Cd, Cr, Hg, Ni y Pb están por debajo de los niveles máximos permisibles en la norma técnica colombiana-NTC 5167 de 2004; además las concentraciones de estos metales, así como las de Cu y Zn son inferiores a las permitidas por la Comunidad Europea (Comunidad Europea, 2005). De otra parte, los microorganismos desempeñan un papel importante en la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados, ya que existen evidencias de comunidades microbianas que pueden bioacumular metales pesados, como es la bioacumulación de Cr y Ni por géneros de *Aspergillus sp.* y *Micrococcus sp.* (Congeeveram, Dhanarani, Park, Dexilin y Thamaraiselvi, 2007).

4.4 Parámetros microbiológicos

De las comunidades microbianas aisladas en los abonos orgánicos, la composta de bovinaza presenta la mayor densidad poblacional (UFC. g^{-1}) de los hongos *Penicillium sp.*, Moniliaceae y Levadura. Sin embargo la más alta densidad poblacional (UFC. g^{-1}) de los hongos corresponde al género *Aspergillus* en el lombricompost. La mayor densidad de bacterias (UFC. g^{-1}) la presenta el grupo Bacilo Gram-negativo en la composta de bovinaza, mientras que en la composta de pollinaza se reporta la mayor densidad poblacional de Coco bacilo Gram-negativo y de Pseudomonas. Lo anterior se explica porque los microorganismos son diversos con respecto a la clase y el número de compuestos orgánicos o inorgánicos que pueden usar como fuente de carbono y energía. Además el metabolismo microbiano está influenciado por condiciones ambientales como pH, temperatura, humedad, oxígeno, nutrientes, sustancias tóxicas, etc., y las condiciones ambientales que pueden ser limitantes para un microorganismo pueden ser ideales para otro (Nogales, 2005). En el caso especí-

fico de los abonos en mención, la composta de bovinaza y el lombricompost tienen un pH ligeramente básico (7.37-7.36), mientras que en la composta de pollinaza es ligeramente ácido (6.72), la composta de bovinaza y el lombricompost tienen concentraciones de nutrientes similares, que son diferentes a las concentraciones de nutrientes en la composta de pollinaza. Además algunos parámetros físicos presentan valores diferentes en los tres abonos.

5. CONCLUSIONES


La calidad de un abono orgánico se determina en relación con el agroecosistema en que será utilizado, por lo que es necesario identificar en la caracterización de los abonos: el contenido nutricional, la facilidad de suministro de nutrientes, y las características físicas, químicas (metales pesados) y microbiológicas que más inciden en el agroecosistema objetivo. Teniendo en cuenta que el área ganadera de la Subregión Sabanas del departamento de Sucre presenta suelos degradados, especialmente por compactación, y un período de sequía de 4- 6 meses con altas temperaturas, se espera que el lombricompost ofrezca las mejores ventajas en el agroecosistema de pasturas, dado que es el abono de más rápida liberación de nutrientes, el de menor volatilización, menor densidad, tiene bajas concentraciones de metales pesados y la mayor densidad poblacional de hongos pertenecientes al género *Aspergillus*, el cual ha sido evidenciado como uno de los microorganismos participantes en el proceso de liberación de nutrientes. Además este abono presenta una alta densidad de bacterias del grupo Cocobacilo Gram-negativo, del cual se han reportado algunas especies como biodegradadoras de residuos tóxicos en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a Sue Caribe, Universidad de Sucre, a Natural Control y al doctor Cristo Pérez Cordero.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri A. y Nicholls C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1), 3-12.
- Comunidad Europea. (2005). Legislación sobre productos fertilizantes. Real Decreto 824. España.
- Congeeveram S., Dhanarani S., Park J. Dexilin M. y Thamaraiselvi K. (2007). Biosorption of chromium and nickel by heavy metal resistant fungal and bacterial isolates. *Journal of Hazardous Material*, 146(1), 270-277.

- Day M. y Shaw K. (2001). Biological, chemical and physical processes of composting. En: Stofella, P., Kahn, B. Compost utilization in horticultural cropping systems. Lewis. U.S.A.
- Federación Nacional de Ganaderos. (2009). Sector lácteo colombiano: una propuesta para reconstruir al sector. Federación Nacional de Ganaderos.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). Norma Técnica Colombiana –NTC 5167: Productos para la industria agrícola-Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo; Bogotá, ICONTEC.
- Nogales B. (2005). La microbiología del suelo en la era de la biología molecular: descubrimiento de la punta del iceberg. *Ecosistemas*, 14(2), 1-11.
- Pardo C. y del Campo P. Combinación de métodos factoriales y de análisis de conglomerados en R: el paquete Facto Class, *Revista Colombiana de Estadística en línea* 2007; 30:2, disponible en: <http://www.matematicas.unal.edu.co/revcoles/>.
- Pérez R., Quintero Q., Consuegra A., Mestra A. y Arenas D. (2000). Caracterización del bosque seco tropical del departamento de Sucre. Trabajo de grado para optar al Título de Especialista en Ciencias Ambientales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.
- R Development Core Team. (2009). Language and Environment for Statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, disponible en: <http://www.r-project.org>.
- Uribe J., Estrada M., Córdoba S., Hernández L. y Bedoya, E. (2001). Evaluación de los microorganismos eficaces (EM) en producción de abono orgánico a partir de estiércol de aves de jaula. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, 14(2), 166-171. 

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Ricardo Pérez C, M, Alexander Pérez C, Melba Vertel M. Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistema de pasturas en la subregión sabanas del departamento de sucre, Colombia. <i>Revista Tumbaga</i> (2010), 5, 27-37	Día/mes/año 2/03/2010	Día/mes/año 12/03/2010