



JOURNAL OF THE
**Selva Andina
Biosphere**
Official Journal of the Selva Andina Research Society.

Artículo de Investigación

ISSN 2308-3867 (print edition)

JSAB

ISSN 2308-3859 (online edition)

Compatibilidad y sobrevivencia de microorganismos benéficos de uso agrícola

(*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus*) en compost

Compatibility and survival of beneficial microorganisms for agricultural use

(*Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* and *Bacillus thuringiensis*) in compost

Villacís-Aldaz Luis Alfredo^{1*}, Zapata-Vela Judith Jaqueline¹, León-Gordón Olguer Alfredo¹, Vásquez-Freitez Carlos Luís¹, Mullo-Sarzosa Jorge Gonzalo², Zapata-Vela Angélica Carmelina³, Gutierrez-Alban Alberto Cristóbal¹

Datos del Artículo

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua, Ecuador.
Casilla postal: 18-01-334.
Telf: (+593)032872630-0985471191
jujavez@hotmial.com
ao.leon@uta.edu.ec
ca.vasquez@uta.edu.ec
ac.gutierrez@uta.edu.ec

²Fundación SWISSAID. Calle Fray Angélico No. E6-129 y Toscana Urbanización Los Guabos. Chumbará. Quito, Ecuador
mullo_jorge69@yahoo.es

³Instituto Espacial Ecuatoriano.
Av. Carlos Quinto 0e5-61 y Av. De la Prensa. EC170109. Quito Ecuador
angelica.zapata@hotmail.com

*Dirección de contacto:

Luis Alfredo Villacís Aldaz
Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Universidad Técnica de Ambato.
Tungurahua, Ecuador.
Casilla postal: 18-01-334.
Telf: (593) 032872630 - 0985471191
E-mail: la.villacis@uta.edu.ec

Palabras clave:

Compatibilidad,
microorganismos benéficos,
sostenible.

J Selva Andina Biosph.
2016; 4(2):93-99.

Historial del artículo.

Recibido abril, 2016.
Devuelto septiembre 2016
Aceptado septiembre, 2016.
Disponibile en línea, noviembre 2016.

Editado por:
*Selva Andina
Research Society*

Resumen

Se evaluó la compatibilidad y sobrevivencia de microorganismos benéficos en la elaboración de compost, con el objeto de generar nuevas alternativas de producción limpia en el campo agrícola. El estudio se llevó a cabo en la Granja Agroecológica del Consejo Provincia de Tungurahua Ecuador. Fueron considerados cuatro tratamientos relacionados con las dosis de los microorganismos benéficos (EMs). El análisis del contenido nutricional biológico a los 30 y 60 días después de iniciado el proceso de compostaje demostró la compatibilidad y sobrevivencia de los EMs, los cuales convivieron y reprodujeron en el abono orgánico. Con referencia al contenido físico-químico, el mayor contenido de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio fue registrado en el T1: 100 cc de *Beauveria bassiana* - 100 cc de *Bacillus thuringiensis* - 100 cc de *Paecilomyces lilacinus*. De los resultados obtenidos ofrecerá la posibilidad de utilizar microorganismos benéficos para optimizar su desempeño en la obtención de compost de mejor calidad nutricional y biológica, de manera que se disminuya progresivamente el uso de agroquímicos.

© 2016. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

Compatibility and survivorship of beneficial microorganism in compost were evaluated in order to provide new alternatives to clean production in agriculture. The study was conducted at the Ecological Farm belonging to the Consejo Provincial de Tungurahua, Ecuador. Four treatments were considered related to dose of several beneficial microorganisms (EMs). After an interval of 30 or 60 days after composting process, analysis of nutritional biological content showed compatibility and survivorship of the EMs, which live together and reproduce on the organic fertilizer. Concerning physic-chemical analysis higher organic matter content, pH, electrical conductivity, nitrogen, phosphorous, potassium and calcium were evidenced in T1: 100 cc *Beauveria bassiana* - 100 cc *Bacillus thuringiensis* - 100 cc *Paecilomyces lilacinus*. From the results obtained will offer the possibility of using beneficial microorganisms to optimize their performance in obtaining compost of better nutritional and biological quality, so that gradually reduce the use of agrochemicals.

Key words:

Compatibility,
beneficial microorganisms,
sustainable.

© 2016. Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. All rights reserved.

Introducción

La situación actual de la agricultura, tiene una serie de impactos negativos para el medio ambiente y la salud de los seres humanos, derivadas de las inapropiadas actividades agrícolas, por el anhelo de liberarse de las plagas, obteniendo una mayor productividad en sus cultivos (Tortadolo *et al.* 2008). Ante esta realidad, una de las alternativas que se presenta actualmente es la utilización de microorganismos benéficos (EMs), que bien utilizados no afectan al medio ambiente, además aceleran y mejoran la calidad de los compostajes; debiéndose a que los inóculos de EMs están constituidos por la mezcla de varios microorganismos benéficos (levaduras, actinomicetos, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas) que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo (Uribe *et al.* 2001).

Según Jusoh *et al.* (2013), el proceso de compostaje es la biotransformación de la materia orgánica mediante reacciones de óxido-reducción catalizadas por enzimas microbianas. En este proceso, los microorganismos utilizan la materia orgánica como nutriente para su desarrollo, produciendo su descomposición (mineralización), hasta moléculas orgánicas e inorgánicas, más sencillas. Posteriormente durante el proceso de humificación se crean nuevas macromoléculas, a partir de moléculas sencillas, formadas en la descomposición; el proceso en conjunto, produce fundamentalmente calor, CO₂, agua y sustancias húmicas (Tuomela *et al.* 2000).

Independientemente del tipo de material utilizado como sustrato, las poblaciones microbianas, son el

componente activo de los procesos de biodegradación y conversión durante el compostaje. Sin embargo, la optimización de la calidad del compost, está directamente relacionada, con su composición y la sucesión de comunidades microbianas, durante el proceso, lo que genera, una dinámica poco conocida, que inclusive tengan la capacidad de reproducirse en ausencia de oxígeno (Escobar-Escobar *et al.* 2012).

Dentro de los microorganismos benéficos están involucrados hongos y bacterias, los mismos que se encuentran en los suelos de los bosques, dentro de las que se destaca: *Paecilomyces* spp., que actúa como un controlador de nematodos y solubilizador del fósforo, *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana*, las que ejercen una función de insecticida biológico (larvicida), no tienen ningún poder residual, sin afectar negativamente al ambiente (Chungata 2014).

La introducción en la agricultura de prácticas agroecológicas innovadoras se hace necesaria. Entre estas prácticas, la utilización de microorganismos benéficos también ha ofrecido algunas soluciones en el campo agrícola, siendo entre las más notables el uso para el mejoramiento del estado nutricional de los suelos cultivables y el manejo integrado de plagas y enfermedades. Estos hallazgos han abierto una ventana de posibilidades de manejo de la actividad productiva del campo. Sin embargo, para su implementación se hace necesario generar un pensamiento crítico en relación al modelo de agricultura predominante que promueve la industria del agro negocio,

además de demandar que las instituciones de investigación desarrollen biotecnologías que sean de fácil manejo, accesibles a la economía de los pequeños y medianos agricultores (Villacís *et al.* 2016). En tal sentido, en la presente investigación se evaluó la compatibilidad y tiempo de sobrevivencia de tres microorganismos benéficos de uso agrícola *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus* en compost, con el propósito de generar nuevas tecnologías de producción limpia en la zona central del Ecuador.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en la Granja Agroecológica Píllaro, perteneciente al Consejo Provincial de Tungurahua, Ecuador (01°10'S; 78°32'W), ubicada a 2825 msnm, con temperatura

promedio de 13.5 °C (Datos obtenidos con GPS Garmin).

Para la elaboración del compost, se destinó un área de 42 m², bajo cubierta plástica. Se construyeron cajoneras de madera de 1x1 m, con una altura de 0.85 m, donde se depositó el estiércol seco de ganado vacuno y gallinaza en capas de 20 cm, separados por capas de 2 cm de cascarilla de arroz, adicionando 2 L de melaza en concentración del 15%, cal (500 g), levadura (150 g), repitiéndose el proceso hasta llegar a los 80 cm de altura. Los volteos del compost se realizaron cada 15 días manualmente con la ayuda de una pala, hasta completar los 60 días, tiempo en la cual se procedió a inocular con los microorganismos benéficos en sus diferentes fórmulas volumétricas de cada tratamiento (Tabla 1), los se adquirieron en la Politécnica de Chimborazo.

Tabla 1 Dosis de microorganismos benéficos utilizados en cada tratamiento del ensayo

TRAT	Description
T1	100 cm ³ de <i>Beauveria bassiana</i> -100 cm ³ de <i>Bacillus thuringiensis</i> -100 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>
T2	50 cm ³ <i>Beauveria bassiana</i> -100 cm ³ <i>Bacillus thuringiensis</i> -100 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>
T3	100 cm ³ <i>Beauveria bassiana</i> -50 cm ³ <i>Bacillus thuringiensis</i> -100 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>
T4	100 cm ³ <i>Beauveria bassiana</i> -100 cm ³ <i>Bacillus thuringiensis</i> -50 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), con las respectivas pruebas de significación Tukey al 5%, utilizando el software Statistix 9. Las variables respuesta fueron: La composición físico-química, contenido de materia orgánica y biológica del compost analizados a los 30 y 60 días.

Los análisis de densidades poblacionales de microorganismos y las propiedades físico-químicas del compost, se realizaron antes y después de la inocu-

lación con EMs a los 30 y 60 días, para lo cual se tomó muestras del compost y se envió al laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, en el Departamento de Fitopatología, para su identificación mediante el Método de Placa Pobre o Extensión.

Resultados

Composición físico químico del compost. Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, pre-

sentes en el tabla 2, realizados con cada uno de los tratamientos, en el análisis de varianza se observó significación al 5% para las variables respuesta: Materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y calcio; en cambio que para los demás elementos en estudio,

no se reportó significación alguna. La comparación de días a la toma de muestras resultó ser altamente significativa ($P < 0.01$) para todos los componentes físico químicos del compost.

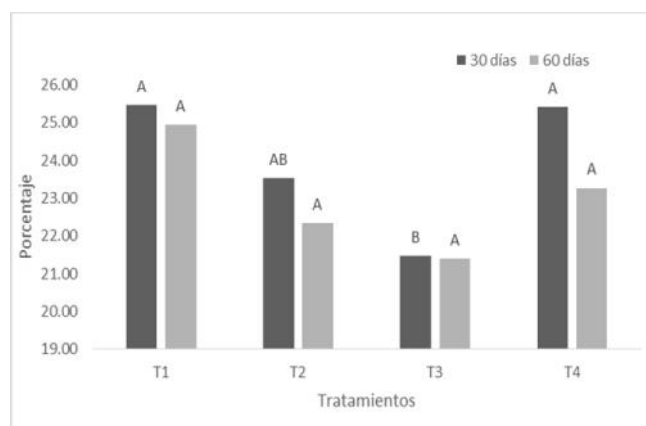
Tabla 2 Análisis de la composición físico química del compost a los 30 y 60 días

Trat.	Días	MO. %	pH	CE dS/m	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe %
T1	30	25.47	5.90	17.95	0.12	0.66	1.74	6.33	6.03	1.72
T2	30	23.53	5.43	13.97	0.12	0.74	1.50	5.08	6.45	1.97
T3	30	21.47	5.43	15.45	0.12	0.76	1.86	6.61	7.40	2.43
T4	30	25.40	5.33	13.73	0.13	0.72	1.68	6.21	7.26	2.73
T1	60	24.93	9.07	13.90	2.23	0.58	0.54	18.43	1.29	0.46
T2	60	22.33	8.63	11.37	2.17	0.65	0.48	15.43	1.62	0.57
T3	60	21.40	9.20	13.90	2.23	0.79	0.53	17.97	2.02	0.32
T4	60	23.27	8.93	13.27	2.27	0.73	0.41	14.73	1.64	0.70

El porcentaje de la materia orgánica antes de la inoculación fue de 5.20% en cada uno de los tratamientos, a los 30 días después de haber inoculado al compost con los EMs, se encontró diferencias significativas al 5% ($p_{30 \text{ días}} < 0.0208$, F:7.17, gl: 6) destacándose el tratamiento T1 (100 cc de *Beauveria bassiana* -100 cc de *Bacillus thuringiensis* -100 cm^3 *Paecilomyces lilacinus*), seguido de los demás tratamientos; el análisis a los 60 días, reportó un ligero decremento del porcentaje de materia orgánica, no encontrándose diferencias estadísticas (Fig. 1).

El pH del compost a los 30 y 60 días de inoculado con los microorganismos benéficos, se observaron diferencias estadísticamente al 5% ($P_{30 \text{ días}} < 0.0311$, F:0.10, gl: 6 y $P_{60 \text{ días}} < 0.0481$, F: 4.85, gl: 6); ubicándose en el primer rango de la prueba de Tukey al 5%, el tratamiento T1 a los 30 días; en cambio a los 60 días, el tratamiento T3 se ubica en el primer rango de la prueba seguido del tratamiento T2 (Fig. 2).

Figura 1 Comparación de medias en la variable materia orgánica a los 30 y 60 días



La conductividad eléctrica (dS/m) a los 30 días de inoculados con los microorganismos presenta significación al 5% ($P_{30 \text{ días}} < 0.0351$; F: 0.95; gl: 6), encontrándose al tratamiento T1, con la mayor cantidad de sólidos totales disueltos de 17.95 dS/m, sin embargo, a los 60 días no hay diferencias significativas (Fig. 3). El calcio a los 30 días de inoculación

también reportó significación entre los tratamientos y, a los 60 días resultó no significativo.

Figura 2 Comparación de medias en la variable pH a los 30 y 60 días

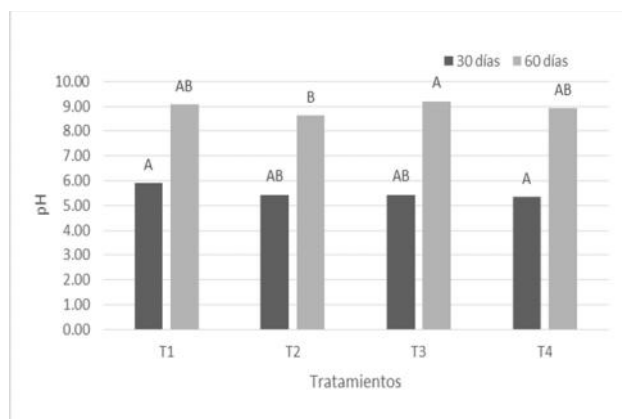
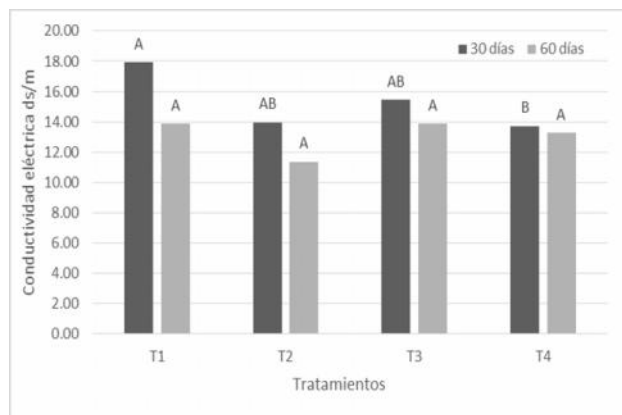


Figura 3 Comparación de medias en la variable conductividad eléctrica (dS/m) a los 30 y 60 días



Composición biológica del compost. A los 30 días de la inoculación con EMs, no se detectaron diferencias entre los tratamientos, observando la presencia de: *B. bassiana* (15000 UPC/g), *P. lilacinus* (4500 UPC/g), *B. thuringiensis* (35000 UFC/g). Adicionalmente a los EMs inoculados, también se reportó la presencia de *Trichoderma* sp., en niveles poblacionales altos (42000 UPC/g). *Bacillus thuringiensis* a los 60 días de la inoculación se encon-

tró significación al 5 % (P60 días < 0.0126; F: 8.90; gl: 6), en cambio en el análisis de varianza para los demás hongos benéficos no se encontraron diferencias significativas, entre cada uno de los tratamientos del ensayo. Sin embargo, se observa, la presencia de los tres microorganismos benéficos en estudio a los 60 días de haber realizado la inoculación. En el reporte de laboratorio también se encontró *Penicillium* y *Aspergillus*.

Discusión

El contenido de la materia orgánica (MO) a medida que avanza el tiempo se ve disminuida (fig. 3), debido a la presencia de microorganismos que requieren de MO para su metabolismo utilizando principalmente carbono, el mismo que sufre un decremento proporcional a la relación C/N (Cariello *et al.* 2007). En cambio el contenido del nitrógeno se ve incrementada a los 60 días debido a la mineralización neta de los EMs, los cuales a partir del amonio (NH_4^+) ayudan en la nitrificación en nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) (Jusoh *et al.* 2013). La relación C/N al final del ensayo se ve disminuida a valores promedio de 6:1 dando un índice de madurez/estabilidad, siendo este uno de los factores importantes a considerarse, ya que influye en la velocidad del proceso y la pérdida de amonio durante el compostaje (Guerrero *et al.* 2006). Jhorar *et al.* (1991), hacen referencia a que los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35.

La disminución en el valor de pH de la mezcla de compostaje a los 30 días puede estar relacionada con la formación de ácidos orgánicos durante el proceso de degradación de las fracciones de materia

orgánica lábiles (Uribe *et al.* 2001). El incremento observado a los 60 días (pH= 8.9) fue debido probablemente a la degradación de compuestos de naturaleza ácida y a la mineralización de compuestos nitrógenados hasta la forma de amoníaco, actuando también el proceso de amonificación como un importante sumidero de protones y, por tanto, favoreciendo al aumento del pH. Debido a esta conducta y a su variación durante el proceso de compostaje, el pH se ha tomado como parámetro indicativo de la buena evolución del proceso (Carriello *et al.* 2007). Por otra parte, la disminución de los valores de la conductividad eléctrica a los 60 días con relación a los valores observados a los 30 días posiblemente está relacionada con el proceso de mineralización de la materia orgánica. Este hecho produce un aumento de la concentración de nutrientes, para luego experimentar un descenso de la CE durante el proceso, lo que también puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por la humificación (Bueno-Márquez *et al.* 2008).

Los niveles poblacionales de los hongos benéficos en estudio a los 30 días pueden ser considerados valores medios (*Beauveria bassiana*= 7500 UPC/g y *Paecilomyces lilacinus*= 5000 UPC/g), mientras que *Trichoderma* sp., fue encontrado en niveles poblacionales altos (41700 UPC/g). Los valores medios de población podría asumirse a los niveles de pH ácido (5.5) y a la fase termófila en la cual se ve disminuida la comunidad microbiana, favoreciendo en cambio, la actividad de los microorganismos termófilos (Tortarolo *et al.* 2008). En consideración a *B. thuringiensis*, sus niveles poblacionales fueron consistentemente altos (35000 UFC/g), deduciendo que las bacterias pueden sobrevivir a temperaturas altas y soportar pH ligeramente ácido (Escobar-Escobar *et al.* 2012). Igualmente a los 60 días, los hongos benéficos se encontraron en niveles poblacionales medios, mientras que *B. thuringiensis*

en niveles poblacionales altos, pudiendo deberse a que las bacterias soportan pH alcalinos y, además, debido a que los microorganismos son participantes de la nitrificación y amonificación durante el proceso de compostaje Jusoh *et al.* 2013. La presencia de *Penicillium* y *Aspergillus*, demuestra la ubicuidad, la capacidad de crecer en variadas temperaturas y sobre diferentes tipos de sustratos, muy probablemente al extenso sistema enzimático que poseen, la producción de una amplia gama de antibióticos y micotoxinas que los protege de otros microorganismos del suelo (Arias *et al.* 2008).

En conclusión del estudio realizado, la sobrevivencia y compatibilidad de los microorganismos fue favorecida cuando se aplicó 100 cm³ de *Beauveria bassiana* -100 cm³ de *Bacillus thuringiensis* -100 cm³ *Paecilomyces lilacinus*), lo cual promovió el aumento en la concentración de nutrientes. Sin embargo, dado que las poblaciones de los hongos *P. lilacinus* y *B. bassiana* se mantuvieron en niveles medios, se sugiere realizar futuras investigaciones para determinar el efecto de las diferentes características químicas del compost sobre las poblaciones de estas especies de hongos, sea de manera individual o combinada para determinar el posible efecto antagónico entre ellos. Los resultados obtenidos posibilitarían una ventana hacia el uso de estos microorganismos benéficos para optimizar su desempeño en la obtención de compost de mejor calidad nutricional y biológica, de manera que se disminuya el uso de agroquímicos.

Conflictos de intereses

La investigación se la realizó en la granja agroecológica del cantón Píllaro perteneciente al H. Consejo Provincial de Tungurahua Ecuador y no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias y Al Consejo Provincial de Tungurahua, por el apoyo técnico, científico y logístico realizado a la presente investigación.

Literatura citada

- Arias EL, Piñeros PA. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras del suelo de los páramos de Guasca y cruz verde. [Tesis Licenciatura]. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2008; p. 204.
- Bueno-Márquez P, Díaz-Blanco MJ, Cabrera-Capitán F. Factores que afectan al proceso de compostaje. En: Compostaje, (eds) Moreno Casco & Moral Herrero. Mundi Prensa. 2008; p. 111-40.
- Cariello ME, Castañeda L, Riobo I, González J. Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos. *J Soil Sci Plat Nutr*. 2007; 7(3): 26-37.
- Chungata L. Determinar la compatibilidad y el tiempo de sobrevivencia de cuatro microorganismos benéficos de uso agrícola: *trichoderma harzianum*, *metarhizium anisopliae*, *beauveria bassiana* y *paecilomyces lilacinus* en bioles. [Tesis Maestría]. Universidad Técnica de Ambato. Querochaca. 2014; p. 98.
- Escobar-Escobar N, Mora-Delgado J, Romero-Jola NJ. Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. *Bol Cient Mus Hist Nat*. 2012; 16 (1): 75-88.
- Guerrero J, Monsalve J. El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. *Scientia et Technica*. 2006; 32 (1): 469-74.
- Jhorar BS, Phogat V, Malik E. Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. *Arid Soil Res Rehabil*. 1991; 5: 297-306.
- Jusoh ML, Manaf L, Latiff P. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Iranian J Environ Health Sci Eng*. 2013; 10(1): 10-7.
- Statistix for Windows version 9.0. User's Manual. Analytical Software. Tallahassee, FL, USA. Statistix.
- Tortarolo MF, Pereda M, Palma M, Arrigo NM. Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Cienc Suelo*. 2008; 26(1): 41-50.
- Tuomela M, Vikman M, Hatakka A, Itavaara M. Biodegradation of lignin in a compost environment. *Bioresour Technol*. 2000; 72(2): 169-83.
- Uribe JF, Estrada M, Córdoba S, Hernández LE, Bedoya DM. Evaluación de los microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Rev Col Cienc Pec*. 2001; 14(2): 164-72.
- Villacís LA, León O, Pomboza P, Chungata L. Compatibilidad y tiempo de sobrevivencia de cuatro microorganismos benéficos de uso agrícola en biol. *J. Selva Andina Biosph*. 2016; 4(1): 39-45.