

CARACTERIZACION DEL COMPOST A BASE DE PLUMAS DE POLLOS (*Gallus gallus domesticus*) Y OTROS INSUMOS**CHARACTERIZATION OF THE COMPOST BASED ON CHICKEN FEATHERS (*Gallus Gallus domesticus*) AND OTHER INPUTS**Nelino Florida¹, Fernando Reátegui² Vicente Pocomucha³

Recepción: 15 de agosto de 2016

Aceptado: 21 de noviembre de 2016

Resumen

La investigación se realizó en las instalaciones de la empresa M&F orgánicos, ubicado políticamente en Naranjillo; distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. El objetivo fue caracterizar químicamente un abono orgánico a base de plumas de pollo y comparar sus propiedades nutricionales con diferentes abonos tipo compost producido por la empresa. Se instaló una pila de compost de pluma CP de 827,2 Kg en total: con 485,2 kg de plumas de pollo (58,65 %), 320 kg de aserrín (38,68 %), 2 kg de material verde (0,24 %) y 20 Lt de microorganismos eficientes (2,42 %). Este se comparó con compost de: escobajo de palma CEP (98 % de escobajo y 2 % de microorganismos eficientes ME), pulpa de café CPC (98 % de pulpa y 2 % de ME) y compost de estiércol de vacuno CEV (88 % de estiércol, 10 % de dolomita y 2 % de ME). Todos tuvieron un periodo de compostaje de 90 días, a partir del cual la muestra se analizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la MOLINA y se determinaron: Materia Orgánica en base seca (método de digestión acida con HCl), N₂ (Kjendhal), P₂O₅ (Metavanadato), Ca⁺², Mg⁺², K⁺ y Na⁺ (por Absorción Atómica) y pH (potenciómetro). Se encontró diferencias entre el CP y los producidos a base de otros insumos (p<0,05), los valores más elevados en el CP fue materia orgánica y N₂, sin embargo; los niveles de P, Ca⁺², Mg⁺² y pH fueron más bajos que los abonos a base de CEP, CCP, CPC y CEV. Demostrándose que las plumas aumentas los niveles de materia orgánica y nitrógeno, pero disminuye considerablemente el pH, P, Ca⁺² y Mg⁺², aunque están dentro del rango ideal para un compost maduro.

Palabras clave: Compost, plumas, microorganismos eficientes, nitrógeno total.**Abstract**

The research was carried out in the facilities of the organic M & F company, located politically in Naranjillo; district of Padre Felipe Luyando, province of Leoncio Prado, Huánuco región. With the objective of characterizing chemically an organic fertilizer based on chicken feathers, and compare their nutritional properties with different compost type fertilizers produced by the company. A total composting cell CP of 827.2 kg was installed: with 485.2 kg of chicken feathers (58,65 %), 320 kg of sawdust (38,68 %), 2 kg of green material (0,24 %) and 20 Lt of efficient microorganisms ME (2,42 %). This compost was compared to compost of: palm stalks CEP 98 % of stems and 2 % of efficient ME microorganisms), coffee pulp CPC (98 % pulp and 2 % ME) and compost of cattle manure CEV (88 % manure, 10 % dolomite and 2 % ME). All of them had a composting period of 90 days, from which the sample was sent to the soil laboratory of the National Agricultural University la MOLINA and the following parameters were determined: Organic matter on dry basis (acid digestion method with HCl), N₂ (Kjendhal), P₂O₅ (Metavanadate), Ca⁺², Mg⁺², K⁺ and Na⁺ (by Atomic Absorption) and pH (potentiometer). differences were found between feather-based compost and those produced from other inputs; the highest values in feather compost were organic matter and N₂, however; the levels of P, Ca⁺², Mg⁺² and pH were lower than fertilizers based on palm stalks, banana peel, coffee pulp and cattle manure. Feathers are shown to increase organic matter and nitrogen levels, but the pH, P, Ca⁺² and Mg⁺² decreases considerably, although they are within an ideal range of a mature compost.

Key words: compost, feathers, efficient microorganisms, total nitrogen.

¹ Profesor Asociado, Carrera profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Av. Universitaria Km. 1.5 Tingo María-Perú email: nelinof@hotmail.com

² Investigador y Gerente de la empresa M & F Orgánicos, localidad de Naranjillo, Tingo María-Perú.

³ Profesor principal, Carrera profesional de Ingeniería en Recursos Naturales, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Av. Universitaria Km. 1.5 Tingo María-Perú.

Introducción

El crecimiento poblacional ha incrementado la demanda de aves de corral como el pollo, este se produce en grandes cantidades y como subproducto tenemos las plumas que hoy en nuestro país viene siendo un problema, pues la disposición final está generando focos infecciosos y contaminando el Rio Huallaga, principal fuente hídrica de la provincia de Leoncio Prado.

El compostaje resulta un procedimiento que adquiere cada vez mayor atención como alternativa económica de disponer este tipo de residuo de manera segura y obtener un compost con mayor contenido de nutrientes en especial nitrógeno. Sin embargo, las plumas enteras presentan un alto grado de insolubilidad pues derivan de la composición y configuración molecular de los aminoácidos constituyentes que aseguran la rigidez estructural de las plumas. (1).

Investigaciones han demostrado la capacidad de los microorganismos eficientes para degradar la pluma (2) quien realizó un estudio comparativo usando gallinaza de aves de jaula, que contiene cantidades importantes de plumas y sometió a compostaje. También, las bacterias Gram-negativas, pueden degradar plumas crudas a temperaturas mesófilas, lo que evidencia su capacidad de desarrollar procesos eficientes que implican sustratos de queratina (3).

Estudios acerca de la producción de abonos a base de plumas, describen a microorganismos capaces de degradar la pluma o al componente principal de este, la queratina (1, 2 y 3). En este contexto, se realizó la producción de compost utilizando las plumas de pollo trituradas o picadas como principal insumo, ayudados por microorganismos eficientes ME, para comparar con los diferentes tipos de compost producidos por la empresa a partir del cual se puedan plantear modificaciones al proceso de producción considerando insumos que permitan obtener un producto orgánico mejorado. El objetivo de esta investigación fue elaborar un abono a base de plumas, caracterizar y comparar sus propiedades químicas con los diferentes compost producidos por la empresa M&F Orgánicos, en Tingo María, Huánuco - Perú.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la empresa M&F orgánicos, empresa dedicada a la producción comercial de abonos orgánicos, siendo los programas de desarrollo alternativo su

principal mercado. Se encuentra ubicado políticamente en naranjillo; distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

Las condiciones climáticas en la que se desarrolló este proyecto son: precipitación anual promedio de 3,428.8 mm temperatura media anual de 24,5 °C y una humedad relativa promedio de 77 % según la estación meteorológica José Abelardo Quiñones. Presenta estación bimodal, las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y la temporada seca abarca desde los meses mayo a agosto.

Se instaló una pila de compostaje a base de plumas (CP) de 827,2 Kg en total: con 485,2 kg de plumas de pollo, 320 kg de aserrín, 2 kg de material verde y 20 Lt de microorganismos eficientes (ME). Cuya proporción representan 58,65% de plumas, 38,68% de aserrín, 0,24% de material verde y 2,42% de ME. Se realizaron las evaluaciones de control de temperatura diariamente y el volteo cada cuatro o cincodías teniendo en cuenta la T° alcanzada en la pila (60°C), al igual que en todos los lotes que la empresa produce.

Los tipos de compost con el que se comparó fueron: escobajo de palma CEP (98% de escobajo y 2% de ME), pulpa de café CPC (98% de pulpa y 2% de ME), compost de estiércol de vacuno CEV (88% de estiércol, 10% de dolomita y 2% de ME) y compost de cáscara de plátano CCP (98% cascará de plátano y 2% de ME).

Los diferentes tipos de compost, fueron analizados luego de 90 días de compostaje, cuando la temperatura se estabilizó se procedió a la extracción de las muestras y se analizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina: El pH se determinó en extracto acuoso, relación agua: composta (1:2,5) con un potenciómetro y la conductividad eléctrica en el mismo extracto con un conductímetro.

El contenido Materia Orgánica en base seca por el método de digestión acida con HCl y el P₂O₅ por Metavanadato y espectro UV-Visible (4), N₂ con el método Kjendhal (5) y Ca⁺², Mg⁺², K⁺ y Na⁺ por extracción con acetato de amonio y lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica (6).

Resultados y discusión

En la tabla 1, se muestra la caracterización química, correspondiente a los diferentes tipos de compost, producido entre los años 2016 y 2017, para cada uno de los elementos materia del presente estudio.

Cuadro 1. Caracterización química y análisis estadístico de diferentes tipos de compost producido

Tratamiento	pH %	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
CPC	8,91a	61,3c	1,74b	3,92a	3,01b	3,63ab	0,73ab
CCP	8,55a	84,02ab	1,44c	0,57c	4,23a	0,36b	0,24b
CEP	7,59b	92,27a	0,39d	0,11c	0,74d	1,34b	1ab
CEV	6,826c	42,03d	1,22c	2,5b	2,14bc	8,44a	5,09a
CP	4,15d	79,1b	3,49a	0,42c	1,22cd	2,06b	1,36ab
F	153,301**	94,901**	466,048**	192,302**	45,601**	12,24**	6,581*
CV (%)	3,05	5,74	4,98	10,14	13,10	39,29	59,64

(CP) Compost de plumas, (CPC) compost pulpa de café, (CCP) compost cascara de plátano, (CEP) compost escobajo de palma y (CEV) compost de estiércol de vacuno. "letras diferentes en la misma columna denota diferencia estadística para la prueba de tukey a un valor de $p < 0,05$ ".

Potencial de Hidrogeno (pH)

En la tabla 1, con excepción del CP, presentan valores de pH entre 6,82 a 8,91, encontrándose diferencias ($p < 0,05$) para este parámetro, son valores óptimos para un compost maduro (7). Sin embargo, los valores del CP presenta pH de 4,15 inferior a los valores tradicionales de nuestra producción y está fuera del rango de las referencias citadas (4,5 a 8,5).

En sustratos orgánicos, fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre aumentan su disponibilidad con la disminución del pH, mientras que calcio y magnesio, aumentan su disponibilidad con el incremento del pH (8), de allí su relevancia. El pH del compost depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso, en los primeros estadios el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos, en la fase termófila debido a la conversión del amonio en amoniaco el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro y el valor ideal de pH en un compost maduro debe fluctuar entre 4,5 a 8,5 (7).

En compost a base de residuos de cosecha se encontró un pH de 7,8 (9), en pulpa de café entre 9,6 a 10 y de 7,12 a 7,47 (10 y 11). También se encontraron valores de 7,42 para compost a base de estiércol de vacuno (12), en compost a base de residuos de plátano después de 120 días se encontró valores entre 7 a 7,9 y de 8,6 después 90 días de compostaje (13 y 14) y valores promedios de 5,5 en compost de caña (15).

Estas investigaciones revelan una gran variabilidad en el pH de acuerdo al insumo principal del compost, para nuestra investigación la proporción de plumas (58,65 %) utilizadas es alta, que disminuyó el pH del CP. Esto puede explicarse, ya que la queratina tiene una estructura compleja, cuya configuración molecular es una red tridimensional compacta, resultado de enlaces cruzados disulfuro inter moleculares y su degradación libera ácidos orgánicos, que termina formando sustancias inorgánicas como el sulfato de amonio (1), que en el compost de plumas provocaron la acidificación del compost.

Esto lo confirma (8) quien aplicó dosis de sulfato de amonio como fuente de nutriente (0,5%), al final del proceso observó que el pH en dichos tratamientos disminuyó permanentemente durante el compostaje, al final del proceso del compostaje el pH disminuyó en 2,5 unidades. Si bien en un proceso de compostaje la reacción de los sustratos expresados como pH es una variable influenciada ligeramente por la composición de los residuos, la adición de sulfatos de amonio o su formación causada por algún material usado (como las plumas) provocara la acidificación del producto final, tal como ocurrió en el CP.

Materia orgánica y nitrógeno

Los valores de los diferentes tipos de compost presentan diferencias ($p < 0,05$), los contenidos de MO están entre 42,03 y 92,27% y N total entre 1,3 a 1,7% que concuerdan con los valores medios descritos. Los valores más altos en MO corresponden al CEP, pero muy bajos en N (0,39%) contrario a la referencia. Sin embargo, el CP presenta 79 % de materia orgánica y 3,49% de N total, si bien en MO es estadísticamente similar al CEP y CCP, en N₂ es notablemente superior a los demás compost y a los valores indicados por las referencias citadas. Mostrando así que el abono a base de plumas presenta alto contenido de materia orgánica y N total. Para estos parámetros la proporción de plumas (58,65 %) utilizadas fue muy positiva, sin embargo, se observa valores bajos en P, Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺.

Uno de los abonos orgánicos con buena reputación es el compost de lombriz y en ella podemos encontrar valores de materia orgánica de 23 a 29,5% y un contenido de N de 0,53 a 1,25% en base de diferentes insumos (16). Por ello en los procesos comunes de compostaje, como el uso de rastrojos de caña de azúcar, que es un material con una relación C/N muy alto se puede obtener de 27 hasta 63% de MO y 0,92 a 1,19% de N total (8). Otros compost a base de residuos comunes de cosecha muestran valores promedios de materia orgánica de 34,96 y N 1,33% (9). Para (7) un compost ideal debe tener más de 20% de materia orgánica en base a materia seca y 1 % aproximadamente de N total.

En compost con residuos de pulpa de café podemos encontrar entre 39 a 54% de materia orgánica y 1 a 3,29 de N₂ (10) y 24,68 a 27,22% en materia orgánica y 0,92 a 1,13 en nitrógeno (11). En compost de estiércol de vacuno los contenidos de MO son similares (25,7 %) pero son más ricos en N₂, 2,2 % aproximadamente (12). Para el caso de compost de residuos de plátano (11) encontró 36,07% de MO y 1,2% de N₂, también, (13) reporta valores de 17 a 42% MO y 0,7 a 1,6% de N₂, están en el rango ideal. Sin embargo, (17) en residuos de palma encontró 2,88 a 4,5% de nitrógeno, en comparación con las plumas de pollo, el compost de palma y de pulpa de café son los que presentan contenidos similares en este elemento (N₂).

Fósforo

Los resultados de la empresa M&F Orgánicos, en el que los contenidos de fósforo están entre 0,42 a 3,92%, encontrándose diferencias ($p < 0,05$), son valores altos según las referencias. Sin embargo, el valor del compost a base de plumas presenta el menor valor, es notablemente inferior a los valores tradicionales de nuestra producción, aunque se mantiene en el rango ideal según las referencias citadas, es posible que esté relacionado a la proporción de plumas utilizadas y el aserrín ya que el primero tiene en su composición más de 95% de proteína (18), que terminan liberando nitrógeno y materia orgánica y bajas cantidades de P y el aserrín por su parte tiene elevada relación C/N, liberando principalmente MO, ambos residuos usados explican el bajo contenido en P en el compost a base de plumas.

Hay una gran variabilidad en el contenido de este elemento de acuerdo a los insumos utilizados en el proceso. Sin embargo, valores comunes de un buen compost puede variar entre 0,1 a 1% que representa 1g a 10g por Kg de compost (7). Así en compost con residuos de pulpa de café, se reportan valores entre 0,31 y 0,44% (19), de 0,39 a 1,3% (10), 1,07 a 1,29 (11) en el compostaje de pulpa de café; en compost con estiércol de vacuno 0,14 % de P (12); en compost con residuos de plátano 0,44% de P (14) y entre 0,2 a 1,7% de P (13). Además, (17) encontró valores de 1,5 a 2,52% de P, es el valor más alto reportado. Sin embargo, las demás referencias están dentro del rango de un buen compost.

Potasio

El compost a base de plumas presenta 1,22 % de K⁺, estadísticamente muestra diferencias ($p < 0,05$) con nuestros resultados tradicionales y con lo señalado por las referencias citadas. Además, en el caso de CEP es muy bajo en comparación con lo reportado por (17), hay que tener en cuenta que en nuestro caso el escobajo represento el 98 % del residuo total del compost, esto explicaría su bajo contenido en este elemento.

El contenido ideal de K⁺ en un compost debe fluctuar entre 0,3 a 1 % es decir entre 3 a 10 g por Kg de composta (7). En el compostaje con diversos residuos se encontraron valores promedio de K⁺ 1,3% (9), en compost de caña se encuentran por debajo de 0,8% (15). Por su parte (16) encontró valores de 0,11 a 0,77% de K⁺ en compostaje con estiércol y restos de cocina al igual que (12) reporta 0,22 a 0,79% en compost con estiércol de vacuno.

Los residuos usados influyen en el contenido de K⁺ en un compost maduro, es así que en compost con pulpa de café presentan valores de 1,9 a 8,9% (10) y 1,92 a 2,31% de K⁺ (11); en compost con residuos de plátano también se reportan valores de 1,68% de K⁺ (14) y 0,8 a 1,4 % de K⁺ (13). Sin embargo, (17) reporta valores de 4,4 a 5,1% K⁺, muy por encima del valor ideal.

Las referencias señalan que los residuos de plátano aportan K⁺, es claro que la pulpa de café también lo hace, así lo muestra nuestros resultados, los mayores valores presentan el CPC y CCP, demostrando que los residuos de plátano y café son muy buenos para incrementar los niveles de K⁺ en un compost comercial. Esto demuestra que su contenido está muy relacionada al material usado en el proceso; en nuestra investigación los contenidos de K⁺ están entre 0,74 a 4,23 %, similares en comparación a las referencias.

Calcio y magnesio

Los resultados presentan diferencias ($p < 0,05$) entre los diferentes tipos de compost que la empresa ha producido, es el compost a base de estiércol el que alcanzó valores de hasta 8,44% de Ca⁺² y 5,09 de Mg⁺², esto porque se utiliza un 10 % de dolomita en el proceso, que explica claramente el valor muy alto de estos elementos en comparación con los demás lotes y con las referencias citadas como el reportado por (17) en compost de palma y (11) en pulpa de café. En el compost a base de plumas si bien no son muy altos, estos se encuentran en un rango de un compost ideal (7), por lo que la adición de dolomita al compost con plumas mejoraría significativamente los niveles de estos elementos.

Al igual que los demás parámetros el Ca⁺² y Mg⁺² está muy relacionada a los materiales usados en el compostaje. Se ha reportado (9) valores promedio de 6,88% de Ca⁺² y 1,34% de Mg⁺², en un compostaje a base de diversos residuos de cosecha. En compost de lombriz utilizando como sustrato pulpa de café y mezclado con mucílago se reportan valores de Ca⁺² 1,15 a 1,30% y Mg⁺² 0,21 a 0,25% (19) de igual manera valores de calcio y magnesio por debajo de la unidad es reportado por (15) en compost a base de caña de azúcar.

Sin embargo, (10) en pulpa de café encontró de 1 a 12 % de Ca⁺² y de 0,20 a 0,97% de Mg⁺², en pulpa de café con un proceso de aceleración del compostaje con microorganismos nativos; también

(11) encontró aportes de 1,88 a 5,09% de Ca^{+2} y 1,47 a 1,5 % de Mg^{+2} . En compost a base de estiércol de vacuno se reportan valores de 0,95 % de Ca^{+2} y 0,84 % de Mg^{+2} (12). En compost a base de residuos de plátano los niveles son relativamente inferiores, 1,74 % de Ca^{+2} y 0,96 % de Mg^{+2} (14). Sin embargo, un elevado contenido de Ca^{+2} (4,33 a 4,59 %) y valores normales en Mg^{+2} (0,73 a 0,84 %) se observa en comparación con los demás residuos compostados.

Conclusiones

1. Los diferentes tipos de compost producidos por la empresa G&F Orgánicos presentan diferencias en las características químicas de sus diferentes parámetros evaluados, los mismos que se encuentran dentro del rango ideal para un compost maduro
2. El compost a base de plumas presento valores altos en MO (79.1%) y N₂ (3.49), pero los valores de P y K₂O+ son relativamente más bajos que los demás compost producidos.
3. La utilización de plumas de pollo, eleva los niveles de N₂, la pulpa de café y/o la cascara de plátano mejora los niveles de P y K₂O y el uso de la dolomita mejoró los niveles de CaO y MgO, independientemente del sustrato principal utilizado.

Referencias bibliográficas

1. Alessandro R, Adriano B. Keratinolytic bacteria isolated from feather waste. J. Microbiol. 2006;37(3).
2. Uribe J, Estrada M, Córdoba S, Hernández L, Bedoya D. 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).
3. Santos R, Firmino A, Sá C, Felix C. Keratinolytic activity of *Aspergillus fumigatus* Fresenius. Curr. Microbiol. 1996;33(1):364-370.
4. Bazan R. Manual para el Análisis Químico Suelos Aguas Plantas. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Fundación para el Desarrollo Agrario; 1996.
5. Bremner JM. Total nitrogen En Black CA (Ed.) Methods for Soil Analysis. Part 2. SSSA. EEUU; 1965. p. 1148-1179.
6. Jackson M. Análisis químico de suelos. Barcelona: Omega; 1964. 662 p.
7. Román P, Martínez M, Pantoja A. Manual de compostaje. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Oficina Regional para América Latina y el Caribe; 2013. p. 101.
8. Pérez M, Miguel A, Sánchez H, Palma L, Salgado GS. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. Interciencia. 2011;36 (1):45-52.
9. Pérez A, Céspedes C, Núñez P. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. R.C. Suelo Nutr. Veg. 2008; 8 (4).
10. Vásquez M, López A, Fuentes B, Cote E. Aceleración del proceso de compostaje de residuos post-cosecha (pulpa) del café con la aplicación de microorganismos nativos. Revista CENIC. 2010; 41:1-7.
11. Muñoz JM, Muñoz JA, Montes C. Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayán, Cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2015; 13 (1):73-82.
12. Olivares C, Hernández R, Vences C, Jáquez B, Ojeda B. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo; 2012.
13. Simó G, Ruiz M, Rivera E, Morales O, Carvajal S, Ramírez P. Estudios integrales para el manejo y producción *in situ* de alternativas de fertilización en el cultivo del plátano. 2004.
14. Ramos A, Terry A, Soto C, Cabrera R. Abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en bocas del toro, Panamá. Rev. Cultivos Tropicales. 2014; 35(2):90-97.
15. Alexander B, Yina J, Puentes J, Menjivar C. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. Corpoica cienc. tecnol. agropecu. 2014;15(1).
16. Alicia E, Castillo S, Quarín H, Iglesias CM. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Rev. Agricultura Técnica. 2000;60(1).
17. Randall T, Álvaro A, Chinchilla C. Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera. 2004;25(2).
18. Friedrich AB, Antranikian G. Keratin Degradation by *Fervidobacterium pennavorans*, a Novel Thermophilic Anaerobic Species of the Order Thermotogales. Rev. Microb. 1996; 62 (8).
19. Blandón C, Dávila A, Rodríguez VN. Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucilago, en proceso de lombricompostaje. Cenicafé. 1999; 50(1):5-23.