



Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa

Effect of the californian red worm (*Eisenia foetida*) during the composteo and vermicomposteo in properties of the Experimental Station of the Academic Rural Unit Carmen Pampa

Paco Gabriel^{1*}, Loza-Murguía Manuel^{1,2}, Mamani Francisco^{1,3}, Sainz Humberto^{1,3}

Datos del Artículo

¹Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCB, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa-UAC-CP, Ingeniería Agronómica, Coroico - Nor Yungas - La Paz, Bolivia. 591(2)8781991.

²Departamento de Enseñanza e Investigación en Bioquímica & Microbiología-DEI&BM, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa-UAC-CP.

³Ingeniería Agronómica, Área de Ingenierías, Universidad Pública y Autónoma de El Alto (UPEA).

*Dirección de contacto: Campus Leahy, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Coroico, La Paz Bolivia Casilla 4242 Tel.: 591(2)8781991.

Gabriel Paco
E-mail address: gabrielpaco7@gmail.com

Palabras clave:

Eisenia spp, compostaje, vermicompostaje, estación experimental, Coroico..

J Selva Andina Res Soc.
2011; 1(2):24-39.

Historial del artículo.

Recibido Febrero, 2011.
Devuelto Julio, 2011
Aceptado Octubre, 2011.
Disponible en línea Febrero 2012.

Editado por:
Selva Andina
Research Society.

Key words:

Eisenia spp, compostaje, vermicompostaje, experimental station, Coroico.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la biotransformación de los residuos orgánicos, de restos de cocina (Rc), pulpa de café (Pc) y cartón (C) mediante métodos de compostaje y vermicompostaje. La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental, módulo de lombricultura de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Unidad Académica Campesina de Carmen Pampa, ubicada en la comunidad de Carmen Pampa del Municipio de Coroico Departamento de La Paz-Bolivia. El diseño utilizado fue completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones, para comparar entre métodos de obtención en calidad utilizó la prueba de efectos fijos y para cantidad la prueba "t" de Student. La cantidad de sustrato inicial estudiado en compostaje fue de 1m³ y vermicompostaje de 0,02m³ llegando a culminar la investigación en 120 días.

Los resultados en descomposición se obtienen en menor tiempo mediante el método vermicompostaje en Pc con tiempo de tres meses de un 98.33% seguido por el C y Rc; mientras en compostaje fue el tratamiento con Rc de 3 meses con 3 semanas con un 90.40% de descomposición, seguido por Pc y C. En cantidad, a partir de 1m³ de sustrato inicial se obtuvo mayor bioabono con Pc 271.62 kg, 465.83 kg, Rc 249.71 kg, 446.00 kg y C 212.48 kg, 404.00 kg, en compost y vermicompost respectivamente. La composición química de los bioabonos de Rc, Pc, C en N y P son tipificados como bajos, K alto, Ca en compost bajo y vermicompost medio, Mg medio, MO bajo y pH ligeramente alcalino a neutro en los dos métodos de obtención.

© 2011. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivia. Todos los derechos reservados.

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the biotransformación of the organic residuals, of kitchen (Rc) remains, pulp of coffee (Pc) and cardboard (C) by means of compostaje methods and vermicompostaje. The investigation was taken I end up in the Experimental Station, module of lombricultura of the Career of Agronomic Engineering of Carmen Pampa Unit Academic Campesina, located in the community of Carmen Pampa of the Municipality of Coroico Department of La Paz, Bolivia. The used design was totally at random with 3 treatments and 3 repetitions, to compare among obtaining methods in quality it used the test of fixed effects and it stops quantity the test "t" of Student. The quantity of initial sustrato studied in compostaje was of 1m³ and 0,02m³ vermicompostaje ending up culminating the investigation in 120 days.

The results in decomposition are obtained in smaller time by means of the method vermicompostaje in Pc in advance of three months of 98.33% continued by C and Rc; while in compostaje it was the treatment with Rc of 3 months with 3 weeks with 90.40% of decomposition, continued by Pc and C. In quantity, starting from 1m³ of initial sustrato bigger bioabono was obtained with Pc 271.62 kg, 465.83 kg, Rc 249.71 kg, 446.00 kg and C 212.48 kg, 404.00 kg, in compost and vermicompost respectively. The chemical composition of the bioabonos of Rc, Pc, C in N and P is tipificados like first floor, high K, Ca in low compost and half vermicompost, half Mg, MO under and lightly alkaline pH to neuter in the two obtaining methods.

© 2011. Journal of the Selva Andina Research Society. Bolivian. All rights reserved.

Introducción

La lombricultura hoy en día es una actividad alternativa en la agropecuaria, que se rige por normas similares a las utilizadas para la producción de cualquier animal doméstico, requiriendo conocimientos sobre la biología de los anélidos y sobre la tecnología para su crianza, alimentación y reproducción.

Existen varias especies de lombrices utilizadas con tal fin, entre ellas *Allopora caliginosa* (lombriz de campo, que es útil para la agricultura pero se reproduce escasamente), *Ocasium lacteum* (lombriz parda, que se desarrolla en suelos arenosos y húmedos), *Dendrobaena alpina* (lombriz del lodo, la cual vive asociada a *Eisenia foetida*), *Lumbricus terrestris* (lombriz de tierra, que cava galerías muy profundas, prefiere regiones frías y se reproduce poco), *Lumbricus rubellus* (lombriz de los residuos orgánicos, vive tanto en la superficie como en el interior del suelo) y *Eisenia foetida* (lombriz del estiércol o roja californiana, de gran actividad reproductiva) (Compagnoni 1984)

En los Estados Unidos la cría de lombrices data desde unos 50 años, siendo la “lombriz roja californiana” (denominación comercial: *red hybrid*), la que revela mejores condiciones para la cría en cautiverio (Ferruzzi 1988, Hernández 1991, Lastra 1995).

Las lombrices constituyen un recurso potencial de gran interés en la sostenibilidad de la agricultura, pues, participan activamente en la regulación de las propiedades físicas del suelo, la dinámica de la materia orgánica del entorno y el crecimiento de las plantas (Lavalle et al 1999), junto a otros organismos macrodescomponedores forman parte

de la fauna del suelo. Esto se debe a su capacidad de descomponer la materia orgánica, reciclar nutrientes y la formación de suelo (Räty & Huhta, 2004), actividad que puede ser afectada en presencia de elementos tóxicos en el suelo (Spurgeon et al 1994).

La lombriz roja (*Eisenia spp.*) forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales para el reciclaje de desechos orgánicos, obteniéndose como beneficio el vermicompost (abono orgánico) y carne, fuente óptima para la alimentación animal (Ferruzzi 1987). Este anélido caracterizado por ser hermafrodita puede llegar a producir grandes cantidades de lombrices por año, el abono producto de sus deyecciones contiene una gran riqueza bacteriana (2×10^{12} bacterias/g), desarrollando su ciclo biológico en pequeños espacios ($50 \times 10^3 \text{ cm}^3$ de sustrato), se adapta a un amplio rango de condiciones edafoclimáticas (Flores & Alvira 1988).

La lombriz roja (*Eisenia spp.*) se desarrolla bien bajo temperaturas promedio de 30° C (Edwards & Bate 1992, Hernández et al 1997, Hernández & Roa 1998, Hernández et al 2000, Hernández et al 1999, Hernández 1997, Reinecke et al 1992, y en un amplio rango de restos agrícolas, lo que permite utilizarla en condiciones climáticas cálidas para el reciclaje de estiércoles de animales y restos de cosecha para la producción de humus de lombriz y proteína animal con la subsiguiente disminución de la contaminación.

El vermicompost, es un proceso de bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica, mediado por la acción metabólica combinada de lombrices y microorganismos, obteniendo un producto

denominado vermicompost. Esta práctica de biotransformación aprovecha varias ventajas derivadas de la actividad de ciertas especies epigeas de lombrices, que aceleran la descomposición de la materia orgánica, mientras el vermicompost es conocido con muchos nombres comerciales, como: casting, humus de lombriz, lombricompost, lombrihumus, lombricompuesto y otros, dependiendo de la casa que lo produzca y lugar. (Torres 1996)

Vermicompost es el resultado de la biotransformación de materia orgánica (de origen animal y vegetal) a través del tubo digestivo de la lombriz, obteniendo un fertilizante orgánico por excelencia la cual se utiliza como abono natural, y enmienda orgánica.

Por lo mencionado el presente trabajo propone alternativas ambientales, reales, aplicables, económicas y adaptables a la zona de los Yungas con una investigación que contribuya en el manejo de los residuos a través de métodos y técnicas de biotransformación de los residuos orgánicos mediante compostaje y vermicompostaje en la Comunidad de Carmen Pampa dado que en la zona no hay información dadas sus características edafoclimáticas.

Materiales y métodos

Área de estudio. La presente investigación está situada geográficamente entre 16°15' 20" de latitud sur, 67°41' 27" de longitud oeste a una altitud de 1815 m.s.n.m. Ubicado a 105 km al Norte de la ciudad de La Paz en la provincia Nor Yungas, Municipio de Coroico, comunidad de Carmen Pampa; en los predios de la estación Experimental "Modulo de tratamiento de residuos

sólidos" de la Unidad Académica Campesina de Carmen Pampa.

La investigación se llevo acabo en los predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Modulo Tratamiento de Residuos Sólidos (MTRS), Campus Leahy, ubicado en la Comunidad Carmen Pampa, perteneciente al municipio de Coroico, primera sección de la provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz – Bolivia, situada a una altura de 1.840 msnm, a 16° 20'30" de latitud sur y 67° 50'30" de longitud oeste. La distancia de la ciudad de La Paz a Carmen Pampa es de 123 Km. (INE-MDSP-COSUDE 1999)

La zona presenta una precipitación de 2.185 mm, una temperatura promedio anual de 17° C, una máxima de 22° C, siendo la minima promedio de 13° C. (estacional experimental Carmen Pampa 1996-2005), pertenece al tipo bosque húmedo premontano tropical con una humedad relativa del 75%, Holdridge (1987)

El MTRS cuenta con áreas de compostaje y vermicompostaje. El centro de compostaje con dimensiones: 6 x 10 m, 3 m de alto, construidos bajo un tinglado con techo de agrofilm, en esta se encuentran 3 terrazas de 2.5 m de ancho x 5 m de largo.

El lombricario en forma de túnel de 6 x 3.5 m de ancho, 2 m de alto, construido de listones de madera combinada con hierro, de cobertura agrofilm, en su interior están las unidades experimentales con dimensiones de 0.85 m por 0.44 m de base y 0.30 m de alto con una separación de 0.10 cm entre unidad experimental.

Materiales (Sustratos)

Restos de cocina, provienen de los kioscos, dormitorios, viviendas de la recolecta selectiva de los basureros orgánicos instalados.

Pulpa de café, del área de producción de café Unidad Académica Campesina Carmen Pampa.

Cartón proveniente de las instalaciones de la universidad junto con los residuos sólidos en general.

Restos vegetales de la limpieza de los jardines y otras áreas de producción agrícola.

Estiércol de gallina (gallinaza) de las granjas de producción avícola de la zona.

Tierra fértil de características organolépticas, con alto contenido de materia orgánica proveniente del área de producción SIP (Sistema Integrado de Producción) de la universidad.

Los insumos orgánicos utilizados: restos de cocina, pulpa de café y cartón, restos vegetales fueron picados (triturados) manualmente con dimensiones de 5-8 cm de longitud.

Los sustratos pulpa de café y restos de cocina se obtuvo en un tiempo de 10 días hasta acumular la cantidad suficiente para proceder a compostar. Según ICAFE (1989), para pulpa de café recomienda 25 días de maduración sometiendo a volteo cada dos días; cuando el sustrato presente temperaturas similares al medio ambiente.

Material biológico. Se utilizaron 2.700 lombrices californianas (*Eisenia* spp), mayores de tres meses de vida (90-100 días), clitelada en un sustrato maduro, proporcionadas por el módulo de lombricultura de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

Un preensayo realizado en la Estación Experimental, módulo de lombricultura de la

Carrera de Ingeniería Agronómica, se determinó que 160 lombrices pesan aproximadamente 100 g, y pueden degradar en tres meses 10 kg de sustrato descomponiéndolo en un 70-80 %, en el experimento se colocaron 300 lombrices por 20 kg sustrato por 3 a 4 meses.

Unidad experimental. La unidad experimental presenta un volumen de 0.02 m³ equivalente a: restos de cocina de 20 kg, pulpa de café 21 kg y en cartón con 19.5 kg, con una humedad aproximada de 80-85%, libre de impurezas inorgánicas recomendado Ferruzi (1994). Las pilas de compostaje tienen un volumen de 1m³ con combinaciones de sustratos (restos de cocina, gallinaza, tierra fértil y rastrojos vegetales). Los tratamientos fueron sorteados al azar para su instalación en las composteras.

Construcción de las unidades, (compostaje) se construyeron cajas (pilas) de un metro cúbico utilizando material vegetal de la zona (tallos de bambú y charo), en 3 terrazas del área de compostaje teniendo un total de 9 pilas armadas, con sus respectivos postes de aireación de 1.5 m que serán instaladas al medio de la pila. (*Lumbricario*), su interior esta las unidades experimentales con dimensiones 0.85 x 0.44 m de base x 0.30 m de alto, con una separación de 10 cm entre bloques y 4 cm entre unidad experimental.

Las pilas de *compostaje* están conformadas de las siguientes capas: Rastrojos vegetales 10 cm de altura (desechos de cocina, Pulpa de café y cartón), estiércol de gallina (gallinaza) de 3 cm de altura, tierra fértil con 2 cm de altura, formando una pila de compost de 1 m³, fueron instaladas, con un espesor de 20 cm de manera alterna. Para el *vermicompostaje*, definidas las unidades

experimentales se procedió a suministrar 0.02 m^3 de sustrato; en los laterales colocadas las bandas de aclimatación, alimentos estables que se aplican en los laterales para que las lombrices no sufran un estrés debido al cambio del sustrato y los factores internos (temperatura, humedad y pH) de cantidades de 4 kg por cada lado de unidad experimental de 8 kg, con humedad del 80%, que fueron retiradas después de 14 días.

La cosecha de compost se realizó cuando la fase de maduración ha culminado, la temperatura de las pilas está en relación al medio ambiente, el tamaño del sustrato, las características organolépticas (olor a tierra, color negro, estructura suelta y granulosa), indicadores que describen que el compost está listo para su cosecha. Las lombrices fueron separadas mediante el método trampeo que consiste en colocar una malla milimetrada (2x2 mm) en la parte superior de la cama con nuevo sustrato. Para la cosecha del vermicompost se disminuye la humedad del sustrato hasta 50%, luego se tamiza separando las impurezas del vermicompost.

Compostaje, la temperatura fue registrada cada 15 días en diferentes horarios: mañanas 8:00 am, tardes 14:00 y 17:00 pm, a diferentes profundidades de 25, 50 y 75 cm bajo el sustrato de la pila con un termómetro de 10 a 150° C . *Porcentaje de descomposición*, se muestreo de 0.02 m^3 de compostaje cada 15 días, observando las características organolépticas del sustrato compostado, tamizándolo con un tamiz de poro 1 mm. *Volúmen de la compostera*, La toma de datos se realizó cada 15 días en cm^3 , mediante la observación directa del descenso del volumen de los sustratos con un escalímetro triangular Faber Castell (153-B). *Número de lombrices nacidas*, dando la uniformidad al sustrato en cada toma de

datos mediante el método de cuarteo, se tomó muestras de 2 kg de cada repetición cada 30 días. Para determinar el número de lombrices se separó las lombrices nacidas de las lombrices introducidas (cliteladas) cada 30 días hasta el día 90, pasado 120 días se cuantificó todas incluidas las recién eclosionadas, no cliteladas y cliteladas. *Porcentaje de descomposición*, cada 30 días separando el sustrato descompuesto, tomando como muestra 2 kg mediante el método de cuarteo, previo secado bajando la humedad próximo al 50% para tamizar el vermicompost obtenido, se pesó en balanza de precisión en una balanza AND de sensibilidad 0,001 g. *Calidad de los bioabonos*, tomó muestras de 1 kg por cada tratamiento (pulpa de café, restos de cocina y cartón) las cuales fueron empacados y enviados al laboratorio de IBTEN y South Dakota State University EEUU, previo secado en laboratorio de la universidad y los datos obtenidos sometidos a la prueba de efectos fijos en el programa SAS[®] (Minitab 2007).

Análisis estadístico. El análisis de varianza para determinar las variaciones de un conjunto de datos que se atribuyen a fuentes y causas específicas, por tanto para el presente trabajo de investigación se utilizó un nivel de significancia de 5% entre tratamientos. Cantidad de los bioabonos, en kg, para la comparación de los datos obtenidos entre métodos se utilizó la prueba de “t” de Student.

Resultados

Fig 1 Variación de las temperaturas máximas y mínimas de la zona durante el período, mayo 2004 a octubre 2004. Los valores de temperatura son la media de ocho observaciones.

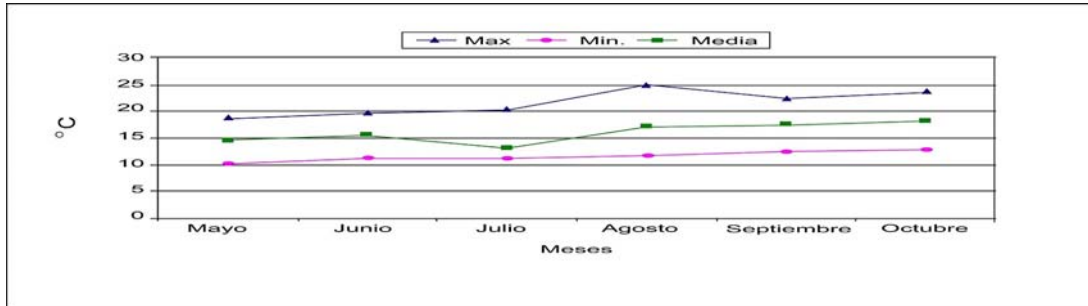
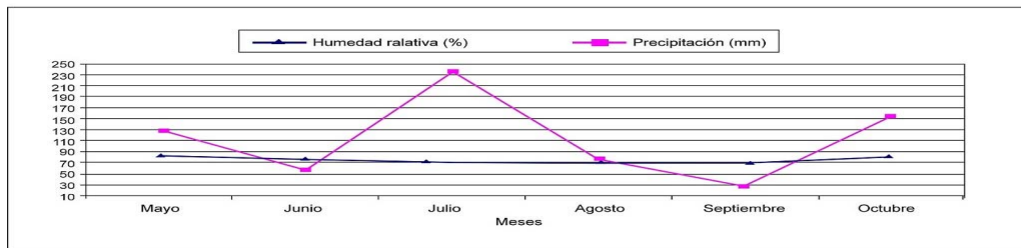


Fig 2 Variación de la humedad relativa y precipitación (mm) de la zona durante el período, mayo 2004 a octubre 2004.



I. Comportamiento de los sustratos en las diferentes fases de descomposición del compostaje

Tabla 1 Comparación de pH en las diferentes fases del compostaje (120 días). Los valores corresponden a la media de seis observaciones

Sustratos	Días							Promedio
	15	30	45	60	75	90	120	
Restos de cocina	7.84	6.93	7.89	7.85	7.39	8.13	8.53	7.79
Pulpa de café	7.54	7.14	7.52	8.15	7.33	7.23	7.42	7.48
Cartón	7.03	7.00	7.04	7.07	7.00	7.02	7.04	7.03

Fig 3 Variación de las temperaturas en el proceso de compostaje período, mayo 2004 a octubre 2004. Los valores de temperatura son la media de ocho observaciones.

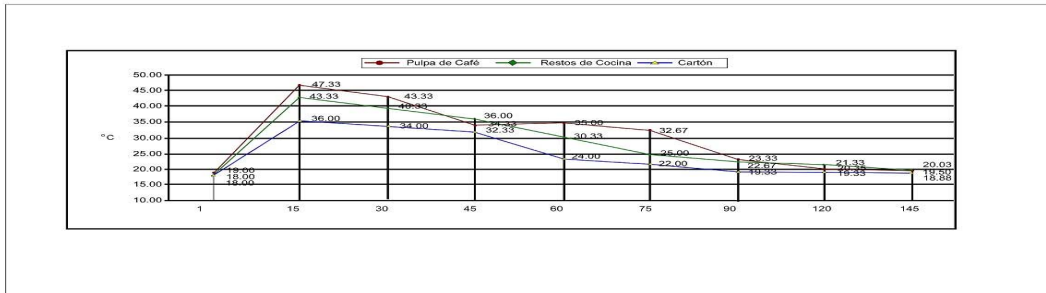


Fig 4 Comparación entre medias por la prueba Duncan ($\alpha = 5\%$) temperatura en el proceso de compostaje

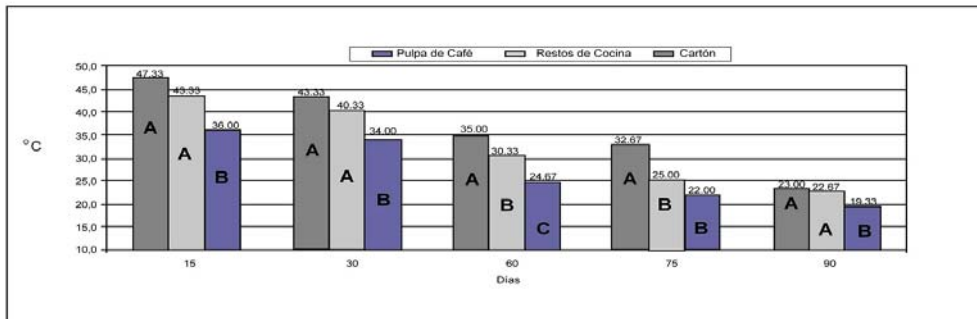


Fig 5 Perdida de volumen acumulado en las composteras durante 120 días (m^3)

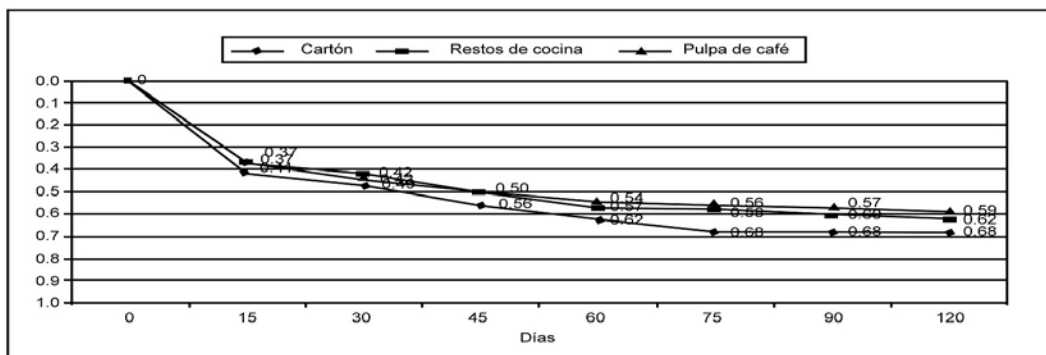


Fig 6 Prueba de comparación de medias de volumen de sustrato durante la descomposición en las composteras durante 120 días (m³)

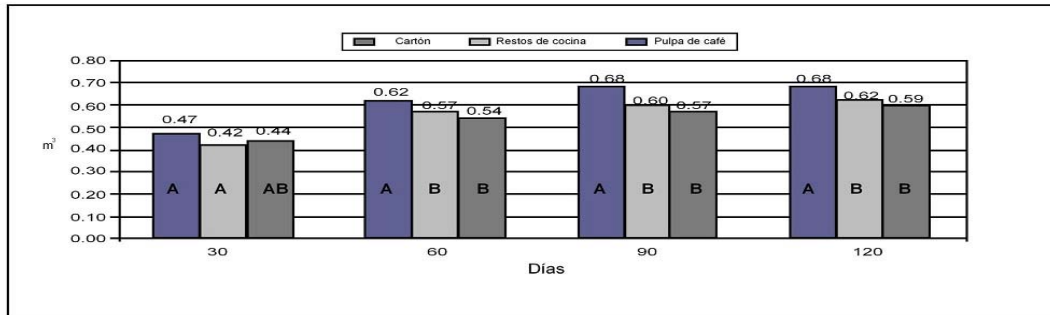


Fig 7 Porcentaje de descomposición de los sustrato en las composteras durante 120 días

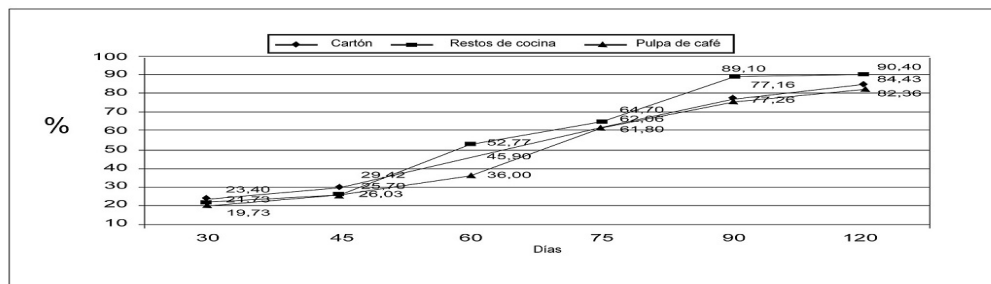


Tabla 2 Volumen de pérdida de sustrato en las diferentes fases del compostaje (120 días). Los valores corresponden a la media de seis observaciones

Sustratos	Sustrato inicial	Sustrato perdido		Compost final	
	m ³	m ³	%	m ³	%
Restos de cocina	3.00	1.86	62.00	1.14	38.00
Pulpa de café	3.00	1.76	58.67	1.24	41.33
Cartón	3.00	2.02	67.67	0.97	32.33

Tabla 3 Porcentaje de medidas de análisis de nutrientes realizados en cada tratamiento de los sustratos del compostaje (120 días).

Compost	Elementos y nutrientes presentes en el compost resultante								
	N. total	P	K	CO	Ca	Mg	MO	pH H ₂ O	pH KCl
Restos de cocina	0.98	0.60	1.73	10.85	1.06	0.38	18.76	8.81	8.09
Pulpa de café	1.05	0.48	1.74	11.37	0.84	0.34	19.64	8.20	7.88
Cartón	0.83	0.64	0.91	11.49	0.94	0.37	19.85	7.18	7.17

II. Comportamiento de los sustratos en las diferentes fases de descomposición en el lumbricario

Fig 8 Variación de las temperaturas en el proceso de vermicompostaje en el lumbricario, período de 120 días. Los valores de temperatura son la media de ocho observaciones.

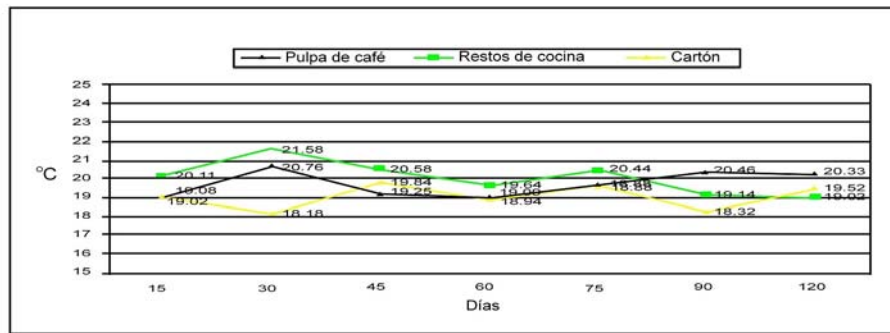


Tabla 4 Comparación de pH en las diferentes fases del compostaje en el lumbricario (120 días). Los valores corresponden a la media de seis observaciones

Sustratos	Días							Promedio
	15	30	45	60	75	90	120	
Restos de cocina	7.02	7.63	8.29	8.65	9.19	8.64	8.83	8.61
Pulpa de café	7.01	7.14	7.62	7.95	8.43	8.83	8.89	7.98
Cartón	7.03	7.22	8.49	8.79	9.03	9.22	9.22	8.43

Fig 9 Población de lombrices (*Eisenia* spp) en los diferentes sustratos y fases del compostaje en el lumbricario (120 días).

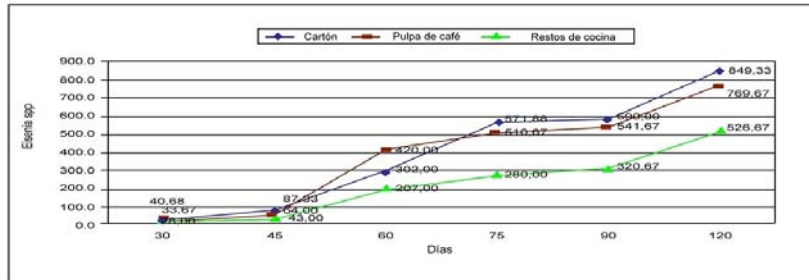


Fig 10 Porcentaje de descomposición de los sustrato en el lumbricario durante 120 días

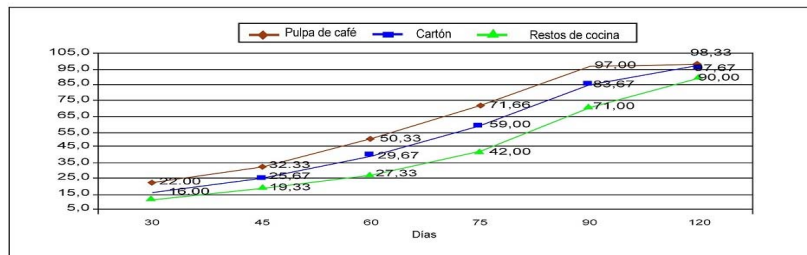


Tabla 5 Cantidad de perdida de sustrato en las diferentes fases del vermicompostaje (120 días). Los valores corresponden a la media de seis observaciones

Sustratos	Sustrato inicial	Sustrato perdido		Vermicompost final	
	kg	kg	%	kg	%
Restos de cocina	60.00	35.05	55.40	26.76	44.60
Pulpa de café	63.00	33.24	55.63	27.95	44.37
Cartón	59.00	34.74	58.88	24.26	41.12
Total	182.00	103.03		78.97	

Tabla 6 Porcentaje de medidas de análisis de nutrientes realizados en cada tratamiento de los sustratos del compostaje (120 días).

Vermicompost	Elementos y nutrientes presentes en el compost resultante								
	N. total	P	K	CO	Ca	Mg	MO	pH H ₂ O	pH KCl
Restos de cocina	0.92	0.62	1.62	13.88	0.99	0.39	23.98	7.66	7.71
Pulpa de café	1.47	0.47	1.87	14.87	0.90	0.39	25.69	7.46	7.45
Cartón	1.05	0.51	0.33	18.45	0.88	0.36	31.88	7.52	7.06

Tabla 7 Comparación de la cantidad de producto (kg) en cada tratamiento de los sustratos del compostaje y vermicompostaje (120 días), para 1m³

Sustratos	Cantidad promedio (kg)		Porcentaje obtenido (%)	
	Compost	Vermicompost	Compostaje	Vermicompostaje
Restos de cocina	249.71	446.00	24.97	44.60
Pulpa de café	271.62	465.83	27.16	46.58
Cartón	212.48	404.00	21.25	40.43

Discusión

La temperatura es uno de los factores importantes que gobiernan la velocidad de las reacciones bioquímicas en el compostaje (Defrieri et al 2005) y una maduración suficiente del abono vegetal, las temperaturas ambientales del centro durante este estudio, tanto como el volumen total de los recipientes (1 m³) pueden explicar las temperaturas bajas del sustrato, que no llegó a las temperaturas para la fase de termofílica (60-70° C). Esto indica una reducción posible en la actividad microbiana, la falta de los

microorganismos esperada en esta fase, en la comparación a los otros experimentos. El sustrato bajo el sistema de descomposición de vermicompost en este estudio constituyó las temperaturas de media dentro de la extensión de crecimiento para las lombrices, la parte importante del proceso, temperaturas óptimas se vio comenzando en 13 de semana del estudio.

Las temperaturas del medio es un factor determinante del compost. Según Costa et al (1991), mencionan que temperatura por encima de 10° C es ideal para iniciar el proceso de descomposición (mesofílica), estudios realizados

en la zona de los Yungas, por Mamani (2001) y en Caranavi por Velásquez (1997), indican que la influencia de la temperatura ambiental ocurre en una profundidad de 25 cm en pilas de compostaje y al inicio de la descomposición.

Se observa la variación de pH en el rango del neutro, a ligeramente alcalino, durante los primeros días, debido a que aún no se han liberado ácidos durante el proceso de biodegradación de los sustratos orgánicos bajo tratamiento (Elvira et al 1998).

A los 30 días se observa un descenso en la reacción de los distintos sustratos atribuible a la acción de los microorganismos sobre el material más lábil, lo cual provoca un descenso de pH. No obstante, en los periodos subsecuentes el pH se mantiene alcalino, debido a la acción de los microorganismos termófilos que actúan transformando el nitrógeno en amoníaco (NH_3) gas que alcaliniza el medio (García 1995). Posteriormente cuando ingresa en la fase de enfriamiento los microorganismos como los hongos reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente, aspecto observado únicamente en el sustrato Restos de cocina.

El comportamiento de la temperatura en los diferentes sustratos y sus variabilidades en sus fases, con promedios diferentes para cada tratamiento de acuerdo al material compostado. Alcolea & Gonzáles (2000), mencionan que las variaciones de temperaturas depende de tipo de materia orgánica que se utiliza, por otro lado Sztern et al (1999), indican que la variación de las temperaturas con relación de superficie/volumen, y tipo técnica de manejo, al mismo tiempo, destaca que la actividad metabólica microbiana.

La etapa termofílica donde se manifiestan las temperaturas más altas de la pila y al mismo

tiempo los microorganismos consumen material orgánico ricos en proteínas aprovechado las cortezas más sensibles a la acción microbiana Sztern et al (1999). En restos de cocina y pulpa de café marcan por encima de los 40°C , favoreciendo la característica nutricional de la flora bacteriana por el tamaño de las partículas dando homogeneidad (Redondo 1996), los microorganismos que consumen el material proteico y energético de esa manera generan calor en las pilas como en los sustratos de restos de cocina y pulpa de café, el sustratos con cartón, no llega a temperaturas mayores a 40°C por el mayor contenido de celulosa manteniéndose en la fase mesófila.

Para determinar la variable porcentaje de descomposición, se toman como parámetros las características organolépticas (temperatura, color, olor y textura) del compostaje según Costa et al. (1991), en el siguiente orden de evaluación a los 30, 60, 90 y 120 días.

Chilon (1997) menciona que la cantidad de N en restos de cocina y cartón son altos y de pulpa de café bajo, mientras para Costa et al (1991) los tres sustratos pertenecen a la clasificación baja, los microorganismos asimilan el nitrógeno durante la descomposición de la materia orgánica, el nitrógeno orgánico se libera como amoníaco en un 82%, llevándose a cabo por microorganismos nitrificadoras del grupo quimio-autótrofos obligadas convierten el amonio en nitratos llegan a fijar en los sustratos.

El comportamiento climático del lombricario. La temperatura máxima se registra en el mes de octubre con 35.33°C (Haimi 1986), indican que en condiciones de 15 a 30°C incrementa la puesta de los cocones por semana de 1.8 hasta 3.8, Hernández (1997) indica que en condiciones

ambientales con un rango diario de 24 a 34° C un promedio de 5 cocones por semana, los factores ambientales son determinantes en la reproducción de las lombrices influido por tipo de sustrato suministrado.

La humedad relativa dentro ambiente presentó promedio general de media de 81% el más alto registrado en el mes de mayo con 89% y el más bajo de 77% en el mes de agosto rangos recomendados por Ferruzi (1994) y Barbado (2003).

El registro de las temperaturas en los diferentes sustratos evaluados presenta variaciones mínimas con promedio general de 19.65° C. Edwards (1988), las condiciones óptimas para el desarrollo de la *Eisenia foetida* es de 15 a 25° C.

El sustrato con restos de cocina 21.58° C registra temperaturas altas con relación a pulpa de café en los primeros 30 días, y mínimas en el sustrato a base de cartón 18.18° C, Ferruzzi (1994), indica que las temperaturas óptimas están para las lombrices por encima de 19° C.

Ferruzzi (1994), indica que entre 2-21 lombrices por cocón de *Eisenia foetida*. Hernández et al (1997), mencionan que existe una mezcla de especies *E. foetida*, eclosionan de 1-4 lombrices, Velásquez (1997), alega que es variable entre 1-7 cocones con fertilidad promedio de 3-4 lombrices (*E. foetida*) lo cual coincide con los datos obtenidos.

El porcentaje de descomposición depende de la cantidad de lombrices, edad, tipo de manejo y alimentación que consumen en un determinado tiempo, ya que del 100% de sustrato consumido el 60% va llegar a ser vermicompost y el 40% es aprovechado como alimento (Barbado 2003, Ferruzzi 1994, Bravo 1996).

Las características de consumo en su influencia en el porcentaje de descomposición se observa que en los primeros meses llega a más de 10%, a medida que va subiendo el número de lombrices va aumentando el porcentaje de descomposición teniendo así a los 75 días mas 50% de descomposición en los sustratos evaluados, al tercer mes uno de los sustratos llega a más de 90% de descomposición y el más bajo es de 71% de descomposición, culminado el experimento a los 120 días los sustratos evaluados sobrepasan el 95% de descomposición.

El nitrógeno total (N), de los sustratos aproximándose a un valor medio como pulpa de café (1.47%), C (1.05%) y restos de cocina (0.92%), Vásquez (1999) indica el contenido de nitrógeno en el vermicompost depende del tipo de sustrato que se suministra a la lombriz. Edwards et al (1988) mencionan que la acción de la lombriz, trasforma el N₂ contenido de materia orgánica en nitratos aprovechables por los microorganismos las cuales pueden perderse en formas húmicas o simplemente en el medio ya que estas son eliminadas por los nefridiósporos en formas de ácidos úricos o amonio.

A pesar de los valores bajos de nitrógeno total en los sustratos analizados, debe considerarse que algunos de los compuestos nitrogenados formados en los vermicompost son de naturaleza enzimática y con gran acción en los ciclos bioquímicos que tienen lugar en el suelo. La liberación de estas enzimas a partir de la acción combinada de lombrices y microorganismos ya fue observada durante el proceso de compostaje y vermicompostaje de residuos orgánicos (Sainz 2000, García et al 1995, Benítez et al 1999).

La falta de información referente a la lombricultura y las aplicaciones que esta pueda

generar nos han llevado a realizar esta experiencia, que sin lugar a dudas abre espacios para que se pueda generar experiencia en cuanto al manejo de la lombrices y por ende contribuir a la disminución de la contaminación ambiental con residuos que son generados por asentamiento humanos.

Las ventajas que genera la producción de vermicompost como una alternativa ecológica para disponer de abono orgánico y además este sea un medio de disminuir la contaminación ambiental por residuos sólidos que día a día generan una serie de problemas en la sociedad en su conjunto.

Conflictos de interés

Esta investigación ha sido financiada por la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, el Instituto de Investigaciones y no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen a al Modulo Lombricultura por proporcionarnos las lombrices para el presente estudio. Al responsable de la Estación Experimental de la Carrera de Ingeniería Agronómica, al modulo de tratamiento de residuos sólidos por su amplia colaboración.

Al Laboratorio de Microbiología Ambiental y Laboratorio de Suelos por brindarnos el espacio para realizar las evaluaciones.

Al IBTEN y South Dakota State University EEUU, por su colaboración en el análisis de las muestras.

Literatura citada

- Alcolea M, Gonzáles C. Manual de compostaje Domestico. Barcelona-España. 2000. disponible en www.compostando.com
- Barbado L. Cría de lombrices, Lombricultura Micro emprendimientos. 1^{ra} Edición. Editorial MPS S.R.L. Buenos Aires Argentina. 2003:128p.
- Benítez E, Nogales R, Elvira C, Masciandaro G, Ceccanti B. Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*. 1999;67:297-303.
- Bravo VA. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Facultad de Humanidades Tecnología, Sociedad y Ambiente Universidad de "YACAMBU". 1996:103p.
- Chilon C. Fertilidad de suelos y Nutrición de plantas, 1ra Edición, Editorial CIDAT. La Paz, Bolivia. 1997:30-40p.
- Compagnoni L, Putzolu G. *Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus*, Ed. De Vecchi, Barcelona. 1984. 127 p.
- Costa F, García C, Hernández T, Polo A. 1991 Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia- España. 1991;88p.
- Edwards C, Bate J. The use of earthworms in environmental management. *Soil Bio Biochem*. 1992;24:1683-1689.
- Edwards CA. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. En *Earthworms in Waste and Environmental Management*. C.A. Edwards y E.F. Neuhauser (eds). SPB Academic Publishing BV, The Hague, The Netherlands. 1988:21-31p.
- Elvira C, Sampedro L, Benítez E, Nogales R. 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and

- dairy industries with *Eisenia andrei*: A pilot scale study. *Bioresource Technology*. 1998;63, 211-218.
- Ferruzzi C. Manual de Lombricultura, Ed. Mundiprensa, Madrid, España. 1988. 138 p.
- Ferruzzi C. Manual de lombricultura. Ed. 3ra. ed. Mundi, Prensa, Madrid, España. 1994;138p
- Ferruzzi C. Manual de lombricultura. Mundi Prensa. Madrid, España. 1987. 138 p.
- Flores MT, Alvira P. The earthworm (*E. foetida* Sav. And *L. rubellus* Hoff.). *Biology and uses*. An. Edaf. Agrobiol. 1988;7-8: 771-778.
- García S. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos por procesos de fermentación aerobia y anaerobia. CIEMAT. Madrid 1995.
- Haimi J, Huhta V. Capacity of various organic residues to support adequate earthworm biomass for vermicomposting. *Biology and Fertility of Soils*. 1986;2;23-27.
- Hernández I. Lombricultura en la Escuela Agrotécnica de General Cabrera. *Rev. Acaecer* 1991;17:16-20.
- Hernández J, Paz M, Valera S. Efecto de los restos vegetales en la alimentación de la Lombriz Roja (*Eisenia* ssp), bajo condiciones de clima cálido. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. Montevideo - Uruguay. 2000.
- Hernández J, Ramírez N, Bracho B, Faria A. Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*Eisenia* ssp), bajo condiciones de climas cálidos. *Rev. Fac. Agr. (Maracay)*. 1999;25:139-147.
- Hernández J, Rincón M, Jiménez R. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) bajo condiciones de clima cálido. *Revista de la Facultad de Agronomía de LUZ*. 1997;14:387-392.
- Hernández J, Roa L. 1998. Efecto de tres estiércoles animal en la capacidad de reproducción de la lombriz roja *Eisenia* ssp. *Acta Científica Venezolana* 1998;49:209.
- Hernández J. Observaciones preliminares del efecto de la temperatura sobre la reproducción de la lombriz roja (*Eisenia* ssp). VII Jornadas Científico Técnicas de la Facultad de Agronomía. 1997. 91 p.
- ICAFE (Instituto de Café de Costa Rica). Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Manual de recomendaciones para el cultivo de café. 6ta Ed. Costa Rica, ICAFE. 1989; 122p.
- Lastra E. Lombrices californianas, las transformadoras de desechos. *Rev. Acaecer* 1995;20: 10-12.
- Lavelle P, Brussaard L, Hendrix P. (eds). *Earthworm management in tropical agroecosystemes*. CABI Publishing. Oxon y New York. 1999. 300 p.
- Mamani-Mamani E. Análisis comparativo de tres leguminosas en la elaboración de compost, en la reserva del parque Nacional Madidi en el Norte de La Paz Tesis de grado Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. 2001;98p.
- Minitab. *User's guide: statistical software*. State College, PA. Minitab Inc. 2007; Version 15.
- Räty M, Huhta V. Earthworm communities in birch stands with different origin in Central Finland. *Pedobiologia*, 2004;48:283-291.
- Redondo J. *Compostaje Planta Piloto de compostaje de residuos de de Poda Libro electrónico Ciencia de la tierra y medio ambiente*. 1996. disponible en <http://www.esi.unav.es/asignaturas/eco>.
- Reinecke A, Viljoen S, Saayman R. The Suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perioniy excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Sourthern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol. Biochem*. 1992;24:1295-1307.
- Sainz H, Benítez E, Melgar R, Álvarez R. Nogales R. *Biotransformación y Valorización Agrícola de*

- Subproductos del Olivar Orujos Secos y Extractados Mediante Vermicompostaje. Revista Edafología. Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo N° 7. Granada – España. 2000:103p.
- Spurgeon DJ, Hopkin SP, Jones DT. Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia foetida* (Savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. Environmental Pollution. 1994;84:123-130.
- Sztern D, Pravia AM. Manual para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. Organización Panamericana de la Salud, OPS/HEP/HES/URU/02.99. Unidad de Desarrollo Municipal. 1999.
- Torres TF. 1996. La agricultura Orgánica: Bases Conceptuales y Marco de referencia en el Desarrollo Económico Actual. In: Agricultura Orgánica: Producción de México hacia el mundo. 1º. Foro nacional Sobre Agricultura Orgánica. R. J. Zapata & R. Calderón, Ed. Colima, 1996. INIFAP. México. 1996. 136-148p.
- Vázquez GM. Estudio de la fauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo. Informe Bo 51. Bahía Chetumal, Oros Mexico. 1999:68p.
- Velásquez GP. Elaboración de diferentes tipos de compost utilizando pulpa de café como principal fuente de nutriente, para los diversos cultivos en la zona de Caranavi. Tesis de grado Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 1997;33-97p.
-