

CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE VERMICOMPUESTO OBTENIDO DE MATERIAL RUMINAL

*Microbiological and physicochemical quality of vermicompost obtained from
ruminal*

Pulido Soler, Nancy¹; Castellanos Riveros, Alberto².

Recibido: 26 de Octubre de 2016
Aceptado: 25 de Noviembre de 2016

Resumen

La problemática ambiental acerca del manejo de residuos producidos en plantas de sacrificio alcanza anualmente un índice muy alto de contaminación, la producción de vermicompuesto, es decir abono orgánico a base de contenido ruminal es una alternativa viable y eficiente que disminuye el impacto ambiental de dichos residuos. En este sentido es importante desarrollar tecnologías adecuadas para la producción de vermicompuesto que cumplan con los criterios de calidad, para su comercialización y correcta utilización en la agricultura. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar microbiológica y fisicoquímicamente el vermicompuesto, con base en los criterios establecidos en la NTC 5167. El experimento constó de 2 tratamientos diferenciados en dos épocas de cosecha, con 6 repeticiones cada uno, el análisis estadístico consistió en una prueba de T de Student, donde se evaluaron las variables temperatura, humedad y pH. Las características fisicoquímicas cumplieron con los criterios de calidad, no ocurrió lo mismo en cuanto al análisis microbiológico debido a que se encontraron patógenos

¹ Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Esp. Biotecnología agraria. MSc. (C) Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Docente Fundación Universitaria Juan de Castellanos, nanhary81@yahoo.es

² Médico Veterinario Zootecnista, Esp. Docencia Universitaria. MSc. Microbiología. Docente Universidad Nacional abierta y a distancia UNAD, alberto.castellanos@unad.edu.co

como la *Salmonella* spp y Enterobacterias, lo cual estuvo relacionado directamente con el control de la humedad durante el proceso de maduración del material.

Palabras Clave: Caracterización fisicoquímica, contenido ruminal, microorganismos.

Abstract

The environmental problem of the waste management produced in slaughtering plants reaches a very high rate of pollution annually. Production of vermicompost (organic fertilizer of ruminal content) is a viable and efficient alternative that reduces the environmental impact of such waste. In this sense, it is important to develop suitable technologies for the production of vermicompost that meet quality criteria for marketing and for proper use in agriculture technologies. Therefore, the aim of this research was to evaluate the microbiological and physicochemically vermicompost, based on criteria established in NTC 5167. The experiment consisted of 2 treatments differentiated into two harvest seasons, with 6 repetitions each. The statistical analysis consisted in a Student t test, where the variables (temperature, humidity and pH) were evaluated. The physicochemical characteristics met the criteria of quality in terms of microbiological analysis pathogens such as *Salmonella* spp. and Enterobacteriaceae which was directly related to the humidity control during the process of material maturation.

Key words: physicochemical Characterization, ruminal content, microorganisms.

Introducción

El vermicompostaje consiste en combinar la digestión aeróbica y la transformación de los materiales orgánicos mediante la acción de las lombrices compostadoras, usualmente se utiliza la lombriz roja californiana (*Eisenia* spp.) por ser de amplia distribución, tener una prolongada longevidad, tolerancia a amplios rangos de condiciones de temperatura y humedad, altos índices reproductivos y crecimiento rápido, sus deyecciones poseen riqueza en flora bacteriana lo que permite la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica cuando este material es aplicado al suelo (Ferruzi, 1986). El vermicomposta es un sustrato estable, uniforme, con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje, contenido nutrimental y capacidad de retención de humedad, posee una gran riqueza de microorganismos así como un efecto supresor sobre algunos patógenos del suelo (Lara y Quintero 2006). En este sentido es importante desarrollar tecnologías adecuadas para la producción de vermicompost que cumplan con los criterios de calidad, tanto fisicoquímica como microbiológica.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la planta de procesamiento la empresa Fertisoluciones S.A., ubicada en el departamento de Boyacá. El ensayo se realizó dentro de una construcción totalmente protegida, techada. Inicialmente se recogió el contenido ruminal en la planta de sacrificio de Villapinzón, dicho contenido se llevó a camas de la lombriz para vermicompostar construidas en cajones de madera, con una dimensión de 11,70 metros de largo por 1.80 metros de ancho y 0,6 metros de altura, para un área de 12,6 m². Los cajones estuvieron cubiertos con plástico y malla de poro pequeño, para evitar la entrada de animales e insectos y favorecer la aireación. El material ruminal no fue precompostado. Se utilizó la lombriz *Eisenia foetida* también llamada “roja californiana”, con una proporción de 5% de lombriz y 95% de contenido ruminal, para cada cama. El experimento constó de 2 tratamientos, diferenciados en el tiempo en dos épocas de cosecha, se tomaron 6 muestras para cada época, dejando un período de 5 meses para la transformación del material. Durante el tiempo de obtención del producto maduro se realizó la aireación mediante la técnica de volteo manual, una vez por semana en todas las pilas. Se hizo a partir de una muestra por cosecha, formada por la mezcla de submuestras, las cuales fueron analizadas por el grupo de energía Molecular GIEM de la Universidad de Antioquía. Se determinó la humedad, el pH y la temperatura del material durante la época de cosecha para cada muestreo. Se realizó el análisis microbiológico acuerdo al protocolo establecido en la NTC 5167 para Aerobios mesófilos en medio Agar Plate Count, Enterobacterias en medio Agar Bilis Rojo Violeta Con Lactosa, presencia ausencia de Salmonella Spp en medio Salmonella Shigella, hongos y levaduras medio Agar Oggy, se trabajaron diluciones 10⁻¹ a 10⁻⁹ para las muestras de obtenidas. Para realizar el análisis estadístico de estas variables los datos fueron transformados aplicando Log 10 UFC y conteos de las unidades formadoras de colonias (UFC) (Uribe 2000).

Resultados y discusión

A todas las variables evaluadas se les aplicó una prueba de T de student para variables independientes con un nivel de significancia de 0,05; para la variable categórica se aplicó un ANOVA con efectos fijos, con un nivel de significancia de 0,05. (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen Anova y Prueba T de student para variables independientes con efectos fijos y un nivel de significancia de 0,05

Mesofilos (ufc/g)	Mohos (ufc/g)	Levaduras (ufc/g)	Enterobacterias (ufc/g)	Salmonella
6.969.167	8.334.500	79.963.333	5.688.667	Presencia 6.948.571
5.351.167	9.810.333	0.9128333	6.264.833	Ausencia 42.00000

0.2032	0.4267	0.0004418	0.4773	2.52 x 10 ⁻⁰⁶
No hay diferencias significativas	No hay diferencias significativas	Hay diferencias significativas	No hay diferencias significativas	Hay diferencias significativas

En la tabla 2 y 3 se presentan los indicadores medidos al finalizar cada cosecha del proceso de vermicompostaje. La relación Carbono/Nitrógeno en el proceso de vermicompostaje es uno de los aspectos más importantes en el balance nutricional del compost debido a que el carbono es la fuente de energía utilizada por los microorganismos para la activación de sus procesos metabólicos, mientras que el nitrógeno, es el material básico para la síntesis de material celular, por lo tanto en la relación C/N es deseable se ubique en el rango de 25:1 a 50:1 en la mezcla inicial., así al inicio del proceso esta relación debe ser del orden de 30:1 y al final cuando se alcanza la maduración del compost puede ser de 10:1, los valores obtenidos se encuentran dentro de estos rangos. En cuanto a las características del compostaje importantes para su comercialización están el contenido en materia orgánica, su color, tamaño de partícula, la ausencia de malezas y otras asociadas a materiales inertes como piedras, vidrio, plástico, relación carbono nitrógeno, salinidad, pH, contenido de humedad y capacidad de retención de agua, Se puede hablar de un contenido mínimo de nutrientes.

Tabla 2. Comportamiento de variables durante las 2 épocas de cosecha

Muestras	pH	%Humedad	Temperatura (°C)
Primera Cosecha			
1	5,8	68,3	19
2	4,9	76,1	20
3	5,72	70,3	22
4	6,59	42,5	22
5	5,57	40,3	34
6	7,2	41,7	19
Segunda Cosecha			
1	7,12	68	20
2	6,58	74,2	18
3	7,2	64,7	19
4	7,1	64,8	22
5	6,59	46,8	19
6	7,2	38,7	19

Tabla 3. Análisis Físico Químico del vermicompuesto durante las épocas de cosecha.

Indicador	Primera cosecha	Segunda cosecha
%Humedad(Promedio)	77.5	29.5
pH (Promedio)	6	7.01
Cenizas	41.6%	47.4%
CIC	50.0 meq/100g	69.8 meq/100g
CIC/CO	202 meq/100g	345 meq/100g

Carbono orgánico oxidable Total	24.7 %	20.2%
Conductividad eléctrica	0.16 dS/m	0.10 dS/m
CRA	120%	184%
Densidad	0.38 g/cm ³	0.43 g/cm ³
Fósforo total	1091%	1.36%
Nitrógeno orgánico Total	1.09%	1.99%
Relación C/N	22.7	10.2
Cadmio Total	N.D	N.D
Calcio total	1169%	1%
Cromo Total	6,68 ppm	<0.02
Magnesio Total	0.525 %	0.164%
Níquel total	N.D	<0.003
Plomo total	N.D	<0.01
Sodio Total	0.772	0.48%
Zinc Total	0.0071%	0.65%
Mercurio	0.270 ppm	N.D
Arsénico	196 ppm	<0.1
Análisis efectuados por el grupo de energía Molecular GIEM de la Universidad de Antioquía Junio de 2015		

En cuanto al nitrógeno externo puede oscilar alrededor del 3% y es importante que no sea inferior a 0.6 lo cual indica que el material del estudio se estabilizó pues el rango osciló entre 1.09- 1.99 %. El potasio debe alcanzar valores cercanos a 1 %, mientras que el fósforo raramente supera este mismo valor, los valores en el caso del estudio estuvieron dentro de los rangos de 1.091 a 1.36. La sola presencia de estos elementos mayores: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y elementos menores: cobre, níquel y cadmio, considerados con funciones esenciales para la nutrición de las plantas (Ortiz, 1990), confirman lo señalado por Reines et al. (2006): que un vermicompuesto de calidad tiene estos elementos y que puede emplearse como biofertilizante para aplicación foliar o el suelo. Los parámetros de evaluación establecidos por Gómez y Cuesta (2000), valores medidos en base seca, mostraron bajos niveles de: fósforo (promedio 1.22%, respecto al estándar 2-8%), calcio (promedio 1.08%, respecto al estándar 2-8%) y magnesio (promedio 0.34%, respecto al estándar 1-2.5%) es decir los vermicompuestos evaluados no cuentan con los niveles establecidos para enmiendas y abonos orgánicos. La capacidad de intercambio catiónico, fue en promedio de 59.5 meq/100g, lo cual se encuentra dentro de los límites establecidos y sugiere la formación de sustancias húmicas Jiménez (2007). Con relación a la materia orgánica esta debería estar entre 20 y 40% Salazar (2003). La conductividad eléctrica resultante en el producto final fue de 0.13 dS/m en promedio, lo sugerido es de 4 dS/m, lo cual indica que este vermicompuesto tiene un bajo contenido de sales solubles y es adecuado como enmienda orgánica, este tipo de densidad se presenta debido al sustrato usado para el vermicompuesto (Duran y Henríquez 2006). Los resultados obtenidos para ceniza fueron de un valor de 44.5, según Salazar (2003) indica el manejo inadecuado del vermicompuesto. En el presente estudio se obtuvo una densidad promedio final de 0.43, un valor aceptable que marca un rango de 0.40 a 0.90, la incorporación al suelo de materiales con densidades adecuadas tendrá un efecto positivo sobre las

propiedades físicas como la aireación, capacidad de retención de agua, metabolismo microbiano y en el rendimiento de cultivos (Tejada 2008). Los valores obtenidos para pH fueron en promedio de 5.96 -6.96, aunque las variables mostraron diferencias significativas, la mayor parte de las lombrices epigeas son relativamente tolerantes al pH y tienden a desplazarse en un medio ácido, con una preferencia por las zonas con pH de 5.0, los pequeños incrementos de la acidez, causadas por la adicción de residuos frescos a un lecho de vermicompostaje, son neutralizados por las secreciones intestinales de calcio y amonio (Edwards & Bohlen 1996), además las fluctuaciones en los valores de pH dentro de los tratamientos efectuados, se producen debido a que las lombrices posiblemente lograron favorecer la liberación de iones calcio basicando el medio por acción de las glándulas calcíferas ubicadas en el sistema digestivo de la lombriz (Borrero, 2008). El intervalo recomendado para pH está entre 6.5 y 8, en este caso durante las dos épocas de cosecha se mantuvo estable lo que es compatible con el crecimiento de la mayoría de cultivos (figura 1).

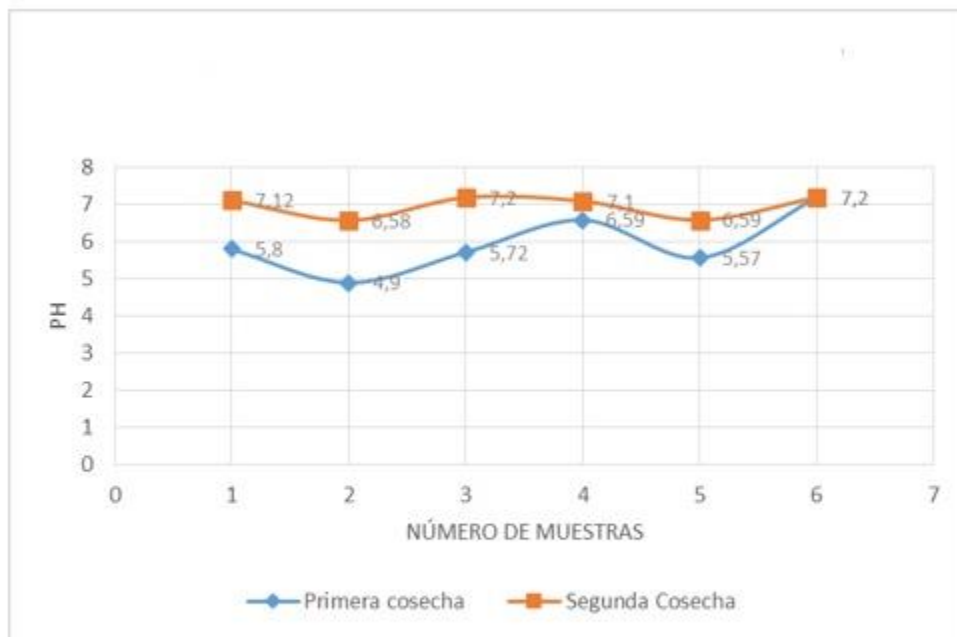


Figura 1. Comportamiento del pH en las dos épocas de cosecha.

En algunos casos el compost tiene la capacidad de actuar como tampón estabilizando el pH del suelo; en la evolución del pH, inicialmente se observó una disminución del mismo posibilitada por la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica que fue aumentando progresivamente hasta que el pH tendió a la neutralidad debido probablemente a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón. Según Zucconi (1981) existe una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, concluyendo que el compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH óptimo razón por la cual se considera que la etapa de compostación ha finalizado. Por otro lado los valores obtenidos para humedad no fueron óptimos en la transformación del material

debido a que no mostraron homogeneidad, la humedad es la principal barrera para transformación adecuada de este material, puesto que el contenido ruminal que llega a la planta de procesamiento es diverso, entendiéndose que la dieta de los bovinos es heterogénea, en la mayoría de los casos la humedad inicial del material ruminal fue de 80 %, aunque se dejó en reposo durante 60 días, solo se perdió un 10% de su humedad y fue vertido directamente en las camas de compostación sin someterse a un proceso de deshidratación. Annison (1966) sugiere que cuando la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50%, necesariamente se debe buscar la forma de reducirla para su estabilización y correcta maduración. La importancia de una humedad apropiada según Shulze (1962) radica en que pequeñas variaciones de humedad provocan grandes cambios en la temperatura. La humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción (Miyatake et al. 2006). Según Nogales (1982) la humedad no solo sugiere un proceso de maduración adecuado, a su vez interviene con factores como la aireación ya que, los microorganismos existentes deben tener oxígeno suficiente, para oxidar algunas moléculas orgánicas presentes en la masa que se desea compostar, de no ser así los microorganismos serán sustituidos por anaerobios retardando el proceso de compostaje y producción de H₂S en el medio, en este sentido el consumo de oxígeno está relacionado con la temperatura, la humedad, los materiales de partida y el tamaño de los mismos. Así pues la humedad óptima durante el proceso de vermicompostaje puede mantenerse entre un 60 y 70% (Fundases 2006), ya que favorecería el crecimiento de las lombrices, pero finalizado el proceso y durante la época de cosecha el material debe haber perdido humedad, pero no necesariamente se eliminarían todos los patógenos presentes, una humedad de 42% en promedio garantizaría que se reduzca la población de patógenos presente en el material contaminado (Edwards 1996). Sztern (2000) sugiere controlar permanentemente los niveles de humedad y aireación del material, para una correcta biodegradación, puesto que si la humedad es inadecuada se producirían un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se volvería anaerobio, favoreciendo el metabolismo fermentativo y la respiración anaerobia. Gong (2007) precisa que la humedad es un factor determinante en la inocuidad biológica del compost, puesto que la humedad está íntimamente relacionada con la temperatura que alcanza el material, en una pila con humedad adecuada, por la actividad microbiana hace que la temperatura se incremente, siendo mayor en el interior que en el exterior, por consiguiente para este trabajo se relacionó que al presentarse humedad promedio de 56% en la primera cosecha y de 48,75 % en la segunda cosecha (figura 2).

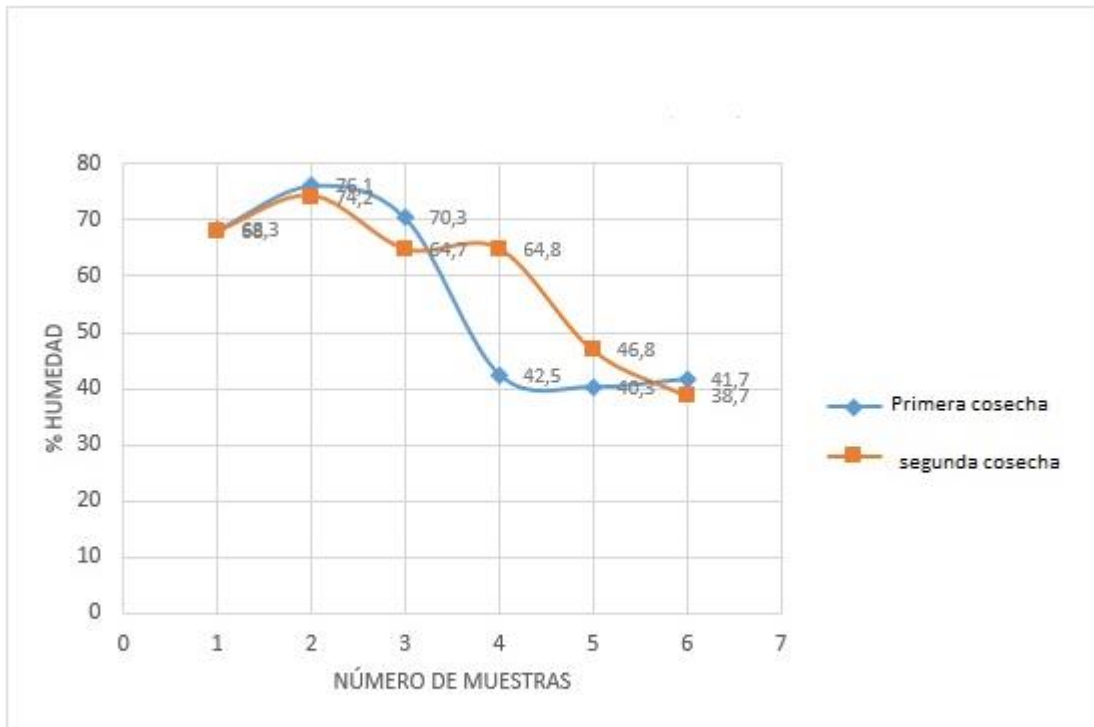


Figura 2. Comportamiento de la humedad en las dos épocas de cosecha.

Para las muestras analizadas hubo prevalencia de *Salmonella spp* lo cual hace pensar que es muy probable que la humedad fuese un factor determinante, puesto que si el rango de humedad es de 42% o menos, se garantiza la ausencia de este patógeno. Unido a lo anterior debido a que el proceso de vermicompostaje a diferencia del compostaje, no alcanza la etapa termofílica, en donde usualmente hay muerte de una gran población de organismos y ocurre una selección de los mismos (Martínez 2006, Domínguez *et al.* 1997), la presencia de *Salmonella*, probablemente indicaría que el abono no se encuentra estable biológicamente y que la materia orgánica no se ha descompuesto en su totalidad, razón por la cual aún pueden aprovechar los nutrientes que contienen la materia orgánica (Gutiérrez 2011). Posiblemente a pesar que se tomaron los tiempos necesarios para que se cumpliera el proceso de compostación la humedad final no fue la esperada en la mayoría de los casos, que podría estar relacionado con la desventaja que la planta de procesamiento se encuentra en un lugar donde la temperatura es muy baja e interfiere en el control de la humedad ideal para el proceso. En cuanto a los rangos de temperatura para las cosechas del estudio, estas se mantuvieron entre 22,6 °C y 19,5 °C (figura 3), lo que puede considerarse normal; puesto que la temperatura

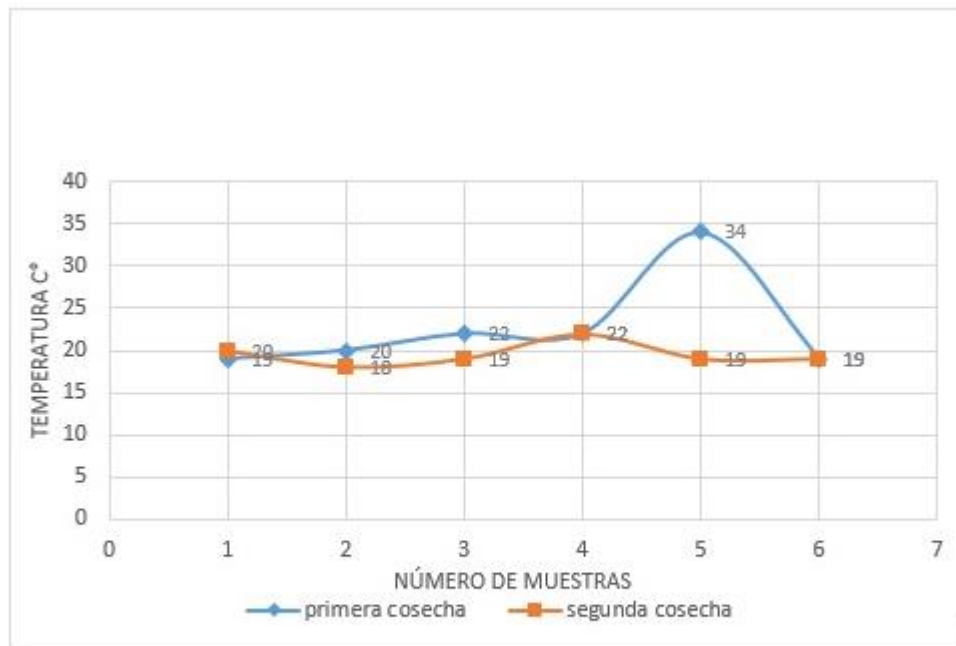


Figura 3. Comportamiento de la temperatura en las épocas de cosecha.

óptima para la lombriz es de 25°C, teniendo un rango de tolerancia entre los 0 y los 35°C, lo cual incrementa la puesta de los cocones o huevos y garantiza el desarrollo óptimo de la lombriz roja californiana (Edwards 1996). En las diferentes camas y durante las 2 épocas de cosecha se observó claramente el comportamiento esperado para un proceso de compostaje en el que la temperatura se incrementa hasta alcanzar un valor máximo entre 50 y 55°C por espacio máximo de 48 horas y, por último, un descenso hasta lograr temperaturas similares a la del ambiente. A excepción de la cama cinco que registro una temperatura por encima de lo normal en el momento de la recolección de la muestra, debido a que probablemente el material ruminal aún se había logrado estabilizar y no se había alcanzado una maduración correcta. Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica (Márquez *et al* 2006). El análisis microbiológico es una herramienta útil para el control sanitario de los productos resultantes en la fabricación del vermicompuesto. Un producto no tratado o tratado de manera inadecuada y utilizado como biofertilizante o nutriente del suelo, ya sea en la agricultura orgánica o no orgánica, puede dar lugar a la contaminación de los productos o de las fuentes de aguas, por lo que su aplicación descontrolada constituye un peligro para la salud pública y una amenaza para el medio ambiente por la exposición a microorganismos patógenos que esto representa (Lyon, 2000). Teniendo en cuenta estos aspectos, los análisis microbiológicos constituyen un elemento importante para determinar la calidad sanitaria de estos productos (EPA, 1992). De acuerdo a la figura 4, al comienzo del

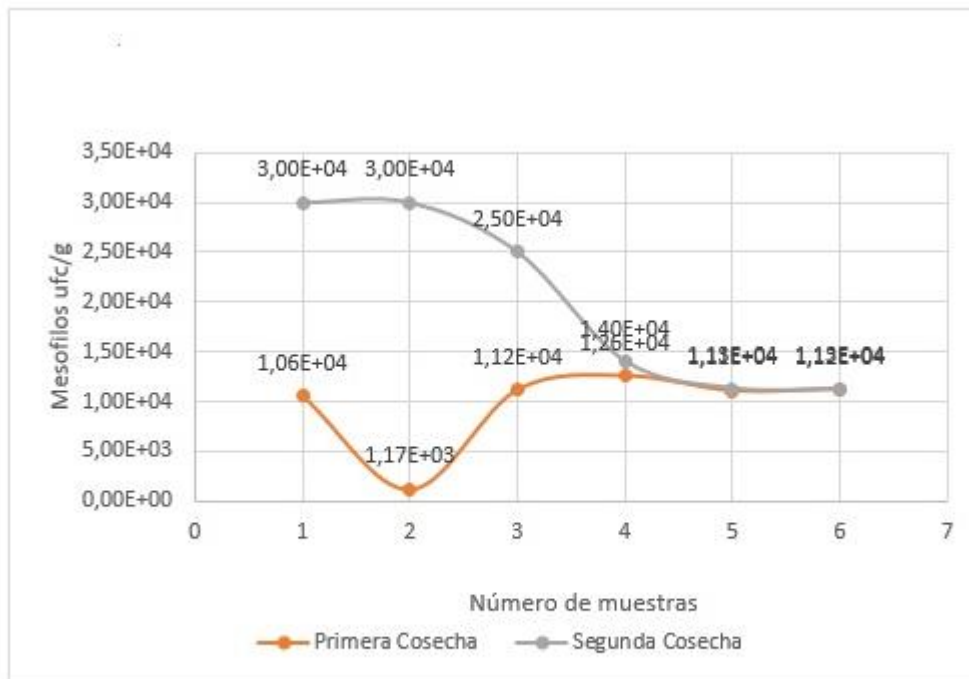


Figura 4. Comportamiento de mesófilos durante dos épocas de cosecha.

proceso se presentó un crecimiento de microorganismos mesófilos, cuya población se mantuvo constante al igual que la temperatura durante las dos épocas de cosecha dichas variables no se comportaron de manera habitual (figura 3), debido a que no se controló la humedad en las camas en el momento de la cosecha se alcanzaron rangos de humedad de 40 y 46 %, en este sentido el material podría no haber alcanzado su maduración, según Quinchía y Carmona (2005) al aumentar gradualmente la temperatura, se logró iniciar una colonización de microorganismos termófilos activos que provoca una intensa y rápida degradación de la materia orgánica y mayor elevación de la temperatura, lo que originaría una disminución en los microorganismos patógenos. Un factor determinante dentro del proceso es la aireación del material, el porcentaje de lombriz con respecto al contenido ruminal podría ser muy bajo ya que en las camas se agregaba una proporción de 5% de lombriz y 95 % de contenido ruminal. Se encontraron diferencias significativas en las poblaciones de levaduras del género *Rhodotorula*. En el primer caso, el tratamiento para la primera cosecha reportó crecimiento continuo de estos microorganismos y en la segunda cosecha el crecimiento fue nulo, debido a que para los hongos la aireación es determinante en su desarrollo, igual que el valor del pH, muy probablemente, esto es debido a que los mohos (figura 5)



Figura 5. Comportamiento de mohos, en las dos épocas de cosecha.

son preferiblemente aerobios, y las levaduras que pueden llevar a cabo la fermentación en condiciones de anaerobiosis (Grau Calvo et al., 2002). En el caso de los hongos, los tratamientos reportaron prevalencia de los géneros *Aspergillus* y *Mucor*. La presencia de levaduras durante el proceso fermentativo indica que el contenido de humedad es alto, cuando se estabiliza la humedad dentro de las camas las poblaciones de levaduras tienden a disminuir. El género *Rhodotorula* prevaleció durante la primera cosecha, según Martínez (2006), esta levadura cumpliría entonces un factor determinante dentro de las camas de vermicompostaje en la producción de alcoholes que son utilizados por otros microorganismos como fuentes de energía (Burgos, 2003). *Aspergillus spp.* Es un hongo ubicuo que normalmente se encuentra en la tierra, el agua y la vegetación podrida y es altamente aeróbico, La prevalencia de este hongo durante los periodo de cosecha de vermicompostaje tiene gran importancia ya que moviliza el fósforo y el nitrógeno del suelo, oxida los sustratos nitrogenados a nitritos, haciendo disponible el nitrógeno para las plantas, degradando ácidos nucleídos y glicerofosfatos a fosfatos simples. Además, es capaz de utilizar una enorme variedad de sustancias como alimento, dada la gran cantidad de enzimas que produce (Botero 1998). Probablemente, el género *Mucor* podría actuar en la degradación de celulosa en el proceso de compostaje lo cual reviste gran importancia debido a que algunos autores, han relacionado esta riqueza microbiana con la ventaja que muestra el vermicompuesto sobre otros sustratos en lo que respecta a su actividad supresora de algunas enfermedades de suelo, y han relacionado esta cualidad directamente con una mayor población de microorganismos benéficos (Ramírez 1996). Los valores de colonias de bacterias obtenidos son mayores que los de hongos, que según Santamaría (1999) se debe a la presencia de microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación necesaria para la biota del suelo. En la mayoría de las muestras analizadas, se reportó la presencia de *Salmonella*. La concentración de Enterobacterias fue muy variable y excedió los valores permitidos en la norma NTC 5167, los resultados de las dos épocas de cosecha (tabla 4), el vermicompuesto generado en la empresa fertilizaciones tiene un gran potencial para ser usado como abono o enmienda orgánica desde el punto de vista de la composición físico-química, sin embargo, el análisis de *Enterobacterias* y *Salmonella spp.*, muestra que no cumple con los criterios de calidad establecidos en

la NTC 5167. Esta investigación mostró la variabilidad y el comportamiento irregular durante el proceso de biodegradación generado por *Eisenia foetida* ya que regularmente se producen compuestos con actividad antagónica para los patógenos. La lombriz posee una respuesta sensorial a cambios físicos del sustrato, razón por la cual secreta calcio de sus glándulas calcíferas de su intestino con el fin de neutralizar ácidos del sustrato y actuar como bactericida natural, garantizando la inocuidad del producto final (Caraveo 2010). Un factor determinante de ausencia de patógenos en el producto final es el control de la humedad y la temperatura durante el proceso, estudios realizados por (Martínez *et al.*, 2006) indican que estos dos factores al no controlarse son un factor que incide en la prevalencia de patógenos en el vermicompuesto, debido a que la temperatura está en función de la actividad microbiana al interior de dicho compuesto. En condiciones óptimas de temperatura, humedad, aireación y pH facilita la maduración del sustrato y la eliminación de patógenos, lo cual es conforme con lo dicho por Quinchía y Carmona (2005), que manifiesta que cuando las condiciones de temperatura y humedad son óptimas, los microorganismos mesófilos disminuyen al aumentar gradualmente la temperatura y se inicia una colonización de microorganismos termófilos, que son muy activos en provocar una intensa y rápida degradación de la materia orgánica, además de la disminución de otros microorganismos patógenos, dichos factores pueden determinar la inocuidad del producto final del vermicompostaje. Con lo anterior se entiende que debido a que las condiciones de humedad, pH y temperatura no fueron las adecuadas, finalmente el vermicompuesto no cumplió los límites permitidos para Enterobacterias y Salmonella (tabla 4), su destrucción se puede llevar a cabo solo a temperaturas de 55 a 60% (Islam *et al.*, 2004).

Tabla 4. Análisis Microbiológico durante dos épocas de cosecha

Muestra	Mesófilos ufc/g	Mohos ufc/g	Levaduras ufc/g	Enterobacterias ufc/g	Salmonella
Primera cosecha					
1	1,06 E+04	4,10E+04	1,48E+03	5,00E+04	Presente
2	1,17E+03	3,70E+04	6,00E+03	4,00E+04	Presente
3	1,12E+04	3,00E+04	3,00E+02	3,00E+02	Presente
4	1,26E+04	3,70E+04	2,90E+02	2,90E+02	Ausente
5	1,11E+04	4,70E+04	2,80E+02	2,80E+02	Ausente
6	1,13E+04	4,80E+04	2,60E+02	2,60E+02	Ausente
Segunda cosecha					
1	3,00E+04	5,60E+03	6,00E+03	0	Presente
2	3,00E+04	4,70E+03	0	0	Presente
3	2,50E+04	3,40E+03	0	0	Presente
4	1,40E+04	3,70E+03	0	2,50E+03	Presente
5	1,13E+04	3,80E+03	0	0	Ausente
6	1,12E+04	3,90E+03	0	2,00E+03	Ausente

Nota: Análisis efectuados por el grupo de microbiología ambiental Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia Junio de 2015

Es importante resaltar que en diferentes estudios se ha demostrado que el tratamiento térmico provoca la reducción de patógenos, y que su prevalencia se relaciona con diversos factores tales como el origen del material a compostar, el comportamiento y la duración de las fases del vermicomposteo, el pH, la humedad, la temperatura, y la frecuencia de volteos entre otros, como la adición inicial de cal que logra generar alcalinidad en el medio facilitando el crecimiento microbiano y estimulando su actividad enzimática (Turner 2001). Se ha demostrado que en algunos casos se puede incidir en la proliferación de agentes patógenos, que pueden emerger y causar infecciones por el manejo de material orgánico de uso agrícola, de igual forma, se ha encontrado resistencia y supervivencia de Enterobacterias a temperaturas de 60° C debido a que estos microorganismos se mantienen en fase de latencia y al final se expresan nuevamente (Lemunier *et al.*, 2005).

Conclusiones

El contenido ruminal es una fuente valiosa y de interés agrícola ya que poseen una gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal que puede ser aprovechable en el desarrollo de los diferentes procesos y tecnologías, mitigando los problemas ambientales generados por residuos orgánicos.

La presencia de patógenos como la Salmonella y Enterobacterias está relacionada con factores como la contaminación cruzada y el control de variables como la humedad, el pH y la temperatura durante el proceso de transformación del material para garantizar la calidad del producto final.

La evaluación física y química de abonos orgánicos destinados a uso agrícola como los vermicompuestos nos permiten conocer las propiedades con las que cuenta, ya que es útil para la mejora del suelo y el crecimiento en las plantas.

La transformación de la lombriz roja californiana es primordial en el proceso de compostaje puesto que regula el pH dentro de las camas, por la acción del carbonato de calcio.

El material evaluado muestra características fisicoquímicas que cumplen con los criterios de calidad tales como, relación carbono nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, valores de P, K aceptables, presencia de elementos mayores como el nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y elementos menores como el cobre, níquel y cadmio, esenciales para la nutrición de las plantas.

Debido a los datos obtenidos en la evaluación de calidad microbiológica del vermicompuesto, no se pudo utilizar ya que no cumple con los criterios establecidos

en la norma. En este sentido es importante controlar todos los factores que inciden en la fabricación del compostaje tales como humedad, temperatura, aireación, tamaño de la partícula con el fin de controlar en el producto final la presencia de patógenos y garantizar la inocuidad del producto final.

Es necesario precompostar el contenido ruminal para que pierda humedad y monitorear continuamente variables como la aireación, la temperatura, el pH, y humedad a fin de garantizar la maduración del material, y establecer acciones correctivas si es necesario, se sugiere que dentro de las camas se incluya una proporción mayor al 5% de lombriz roja californiana ya que los iones de carbonato de calcio ayudan a estabilizar el material y por ende aseguran la ausencia de fitotoxicidad.

Al continuar con investigaciones sobre calidad de abonos orgánicos permiten desarrollar biotecnologías útiles en la solución de problemáticas ambientales, razón por la cual es necesario crear líneas de investigación interdisciplinarias en biosistemas integrados para la generación de nuevo conocimiento.

Bibliografía

Annison, E.F. & Dyfed L.M.A. (1966). El metabolismo en el rumen. UTEHA. México, D.F. 199p.

Borrero, C.A. (2008). Abono orgánico. Consultado en: http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm

Botero, J.I. (1998). Biotecnología en los microorganismos del rumen. Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Medellín. p. 8, 17, 20.

Burgos, A. (2003). Vida del suelo. Citado el 1 de junio de 2003. IBO S .A Disponible en <http://www.ibosa.org/vida_suelo.htm>.

Caraveo Domínguez, J.M. (2010). Fitosanidad e inocuidad en fresa y jitomate producidos por vermicompostas. Tesis de maestría, CIIDIR-IPN Unidad Michoacán, Mexico.116

Edwards, C. A. & Bohlen, P. J. (1996). Biology and ecology of earthworm.

Ferruzi C. (1986). Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.

Fundases (2006). Boletín informativo técnico sobre compostaje. Año3. N°3.

Gómez, J. & Cuesta. (2000) Abonos Orgánicos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Feriva S.A; Cali, Colombia, 107 p.

Gong, P. (1997). Dehydrogenase activity in soil: a comparison between the TTC and INT assay under their optimum conditions. *Soil Biology & Biochemistry*. 29: 211–214.

Gutiérrez-Pérez; O. (2011). Análisis Microbiológico y Pruebas de Fitotoxicidad en Vermicomposta y Composta.”. Ingeniería Agroindustrial. Universidad Politécnica De Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Grau Calvo, J. et al. (2002). Sistemas de compostaje en pilas volteadas: Estudio de la planta de compostaje de Jorba (Barcelona). Tratamientos de residuos. En: Ingeniería Química. Barcelona. Vol. 32, No. 374. p. 1

Islam, M.; Morgan, J. & Doyle, M. (2004). Fate of Salmonella entérica Serovar Typhimurium on carrots and Radishes Grown in Fields Treated with Contaminated Manure Compost sor Irrigación Water. *Appl, Envir Microbiol*. Vol 70 N° 4: 2497-2.

Jiménez, M.V. (2007). Extractos de vermicomposta en la producción orgánica de lechuga en hidroponía. Tesis maestría. Colegio Posgraduados .Montecillo México.

Lara A. & Quintero R. (2006). Manual de producción de humus de lombriz. Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. Fundación Produce Zacatecas, A. C. 43 p.

Hernández J.; Rincón M. & Jiménez R. (1997). Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) bajo condiciones de clima cálido. *Revista de la Facultad de Agronomía de LUZ.*; 14:387-392.

Lemunier, M., Francou, F., Rousseaux S., Houot, S., Dantigny.P. Piveteau. P. & Guzzo.J. (2005). Long Term Survival Pathogenic and Sanitation Indicator Bacteria in Experimental Biowatw Compost. France. P 1-8.

Lyon, T. (2000). "Proceedings of L'agriculture biologique face a son developpment _ les Enjeux futurs ", 6-8 Dec, Baden, Australia.

Martínez, R F., Ruelas L.G. & Espinosa Z. J. (2006). Monitoreo y Análisis del Proceso de Compostaje en Una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos En La Ciudad De México. Disponible en: <http://www.redisa.uji.es/artSim2010/Tratamiento/Monitoreo%20y%20an%C3%A1lisis%20del%20proceso%20de%20compostaje%20en%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20org%C3%A1nicos.pdf>. Recuperado el 14 de julio de 2016.

Márquez, B.P., Díaz, B. M.J. & Cabrera C.F. (2006). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Química

Orgánica. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales. Campus El Carmen. 21071. Huelva.

Miyatake, F. & Iwabuchi K, (2006). Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol.*, 97: 961–965.

Nogales, R.; Gallardo-Lara, F. & Delgado, M. (1982). Aspectos físico-químicos y microbiológicos del compost de basura urbana. *Anal. Edaf. Y Agrobiol.* 41: 1159-1174

Ortiz, V .B. & C.A. Ortiz. S. (1990). *Edafología*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 352-355.

Quinchía, A, & Carmona, D. (2005). Factibilidad de disposición de los biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales combinada.

Ramírez, C. (1996). Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fitoprotección. X Congreso Nacional Agronómico. Universidad de Costa Rica. p. 81-83.

Reinés, A. M. M., C. Rodríguez. A., O. Carrillo. F., A. Loza. Ll. y S. H. Contreras. R. (2006). Nuevos avances en la biotecnología de la lombricultura. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana. Cuba. 38 p

Santamaría, S. (1999). Escalamiento de los procesos de composteo y vermicomposteo: aspectos biológicos y nutrimentales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México.

Salazar, S. (2003). Abonos orgánicos y pasticultura. Facultad de Agricultura Y Zootecnia de la UJED. Sociedad Mexicana de las Ciencias del suelo. México.

Shulze, K.L. (1962). Continuous Thermophilic Composting. *Appl. Microbiol.*, 10: 108-122.

Sztern D, MGA Lic. Miguel A. Pravia, 2000. Manual Para La Elaboración De Compost Bases Conceptuales Y Procedimientos. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf>. Recuperado el 3 de mayo de 2016.

Tejeda, M., Gonzales, J.L. & Hernández, M. T. (2008). Agricultura uso de diferentes tecnologías en procesos de vermicompostaje .

Turner, C. (2001) The Termal inactivation of Enterobacter, E coli in straw and Pig Manure.

Uribe, L. (2000). Indicadores microbiológicos para determinar la calidad de suelos. Mimeografiado. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, CR. 17 p.

Zucconi, F., Forte, M., Mónaco, A. & De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immaturecompost. Biocycle, 22: 54-57. Disponible en: <http://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/viewFile/3923/3922>. Recuperado el 11 de mayo 2015.