

Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula.

José F. Uribe¹, Zoot; Monica Estrada¹, Zoot; Santiago Córdoba² I.A; Luis E. Hernández³; Diana M. Bedoya³.

¹Grupo de investigación de producción avícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. AA 1226*, Medellín - Colombia.

³Estudiantes de Zootecnia de la Universidad de Antioquia

(Recibido: 9 noviembre, 2000; aceptado: 17 junio, 2001)

Resumen

En este estudio se evaluó el proceso de compostaje de gallinaza de aves de jaula y el efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) sobre la composición física y química del compost. La metodología empleada considera un proceso aeróbico mediante la remoción del material mecánicamente, se tomaron muestras semanales para mediciones de humedad y pH, al final del proceso se realizaron análisis químicos para determinar la calidad del producto. Se trabajó bajo un diseño irrestrictamente al azar (DIA) con un grupo testigo y dos tratamientos con cinco réplicas para cada uno, mezcla de gallinaza + aserrín más microorganismos eficaces una sola vez y mezcla de gallinaza + aserrín en proporción 1 :1+EM. El proceso de compostación se produjo de la segunda a la cuarta semana y el secado de la quinta a la sexta semana para todos los tratamientos; sin embargo la mezcla de la gallinaza con EM, presentó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con respecto a la formulación de gallinaza, aserrín y EM en pH, mostrando un descenso más rápido, por debajo de 8.5, lo cual indica una aceleración en el proceso de estabilización del compost. Las pruebas físico-químicas realizadas al final muestran mayores valores de Nitrógeno y Potasio para la mezcla de gallinaza con EM. Los valores en la relación Carbono/Nitrógeno y en la Capacidad de Intercambio catiónico, fueron adecuados para este tipo de compostajes en los tres tratamientos.

Palabras clave: abonos orgánicos, compost, compostaje, estiércol, gallinaza.

Introducción

La producción avícola intensiva emplea costosas instalaciones y sofisticados equipos que elevan los costos de producción, esto unido al manejo adecuado de los desechos para generar una fuente de ingresos y un adecuado manejo del medio ambiente de las granjas, crea la necesidad de llevar a cabo un trabajo que permita a los productores avícolas buscar alternativas económicas para el uso y manejo eficiente de la gallinaza. Por tanto este subproducto generado a diario en las granjas avícolas debe mirarse como un producto con alto valor agregado con el fin de favorecer económicamente la producción y entrar en un mercado globalizado que exige productos que mejoren el medio ambiente de gran aceptación en el ámbito comercial. Una de las alternativas que se presenta actualmente es la aplicación de Microorganismos

Eficaces (EM), que bien utilizados puede reducir no sólo la contaminación del microambiente (control de malos olores, moscas), sino también mejorar la calidad de la gallinaza, acelerar la estabilización del proceso y disminuir el impacto ambiental causado por éste tipo de explotaciones, pues el EM es un inoculado constituido por la mezcla de varios microorganismos benéficos (levaduras, actinomicetos, bacterias acidolácticas y fotosintéticas) que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido (8).

Todo ensayo que se realice para lograr un mejor y mayor aprovechamiento de la gallinaza es de gran importancia, si se tiene en cuenta que en Colombia, para 1998 según el censo realizado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)–Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI)-Ministerio de

* Dirección para solicitar reimpresos

Agricultura, existen 23'800.480 ponedoras y que la producción diaria de gallinaza varía entre 110 gr. en una ponedora liviana, hasta 150 gr. en un pollo de engorde aproximadamente, lo anterior significa que una explotación de 10000 ponedoras puede producir entre 30 y 40 toneladas de gallinaza fresca mensuales. La cual, de no ser tratada de una forma adecuada, puede afectar seriamente el ecosistema, además de estar desperdiciando una fuente de ingresos para la empresa (3). Con el proceso de deshidratación, esta cantidad de gallinaza se reduce a 15 ó 20 toneladas con 15 a 20% de humedad, cuyo costo en el mercado es de \$6500 bulto de 60 Kg. En este sentido se ve retribuido el manejo adecuado de la gallinaza, cuando en una explotación relativamente pequeña (10000 ponedoras) recibiría \$2'166.667 por mes y \$26 millones anuales por concepto de gallinaza. Además de que al incluir el inoculado de EM en el proceso de compostación se incrementa la población de microorganismos benéficos, y después de aplicarlo a los suelos provee un ambiente que favorece su crecimiento, actividad, y longevidad, mejorando el crecimiento de las plantas (8).

El propósito de este estudio es presentar una alternativa en el manejo de la gallinaza, e investigar los efectos de tener un producto de valor con procesos agroindustriales

Materiales y métodos.

El estudio se realizó en la Hacienda "La Montaña", propiedad de la Universidad de Antioquia, localizada en el Municipio de San Pedro de los Milagros (Antioquia) a 44 Km. de la ciudad de Medellín, en una zona ecológica correspondiente a Bosque húmedo Montano bajo, una altura promedio de 2350 m.s.n.m y una temperatura promedio de 15 °C.

Descripción de la muestra La gallinaza utilizada fue obtenida de aves de postura Hy-Line Brown alojadas en jaulas. Adicional a las deyecciones de estas aves, la gallinaza estaba compuesta por el desperdicio de alimento, plumas cáscaras y demás residuos de huevos. Esta fue distribuida en un secadero formando tres tratamientos, cada uno con cinco réplicas de 500 Kg. de gallinaza fresca, conformando una pila.

Tratamientos.

Tratamiento 1: (testigo): Gallinaza de aves de jaula en proceso de secado normal.

Tratamiento 2: Formulación correspondiente a la mezcla de gallinaza de aves de jaula con aserrín en

proporción 1 :1 adicionando Microorganismos eficaces (EM) por una vez durante el proceso de compostaje.

Tratamiento 3: Formulación correspondiente a la mezcla de gallinaza de aves de jaula y aserrín en una proporción 1:1 en volumen, con adición de EM. por dos veces

Adición de los microorganismos eficaces. El EM se mezcló con la gallinaza en una proporción de 1:100, utilizando 20 lt de solución por tratamiento (4 litros de EM activado + 16 lt de agua); ésta se aplicó en la primera semana, utilizando bomba de espalda y procurando una mayor homogeneización por medio de volteos cada 2 días en todos los tratamientos.

Composición de los EM

Streptomyces albus, Rhodopseudomonas sphaeroides, Lacobacillus plantarum, Propionibacterium freudenreichil, Streptococcus lactis, Streptococcus faecalis, Aspergillus yzae, Mucobacter hiemalis, Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis.

Humectación de los tratamientos. Las réplicas de los tres tratamientos fueron humectadas durante el proceso con el fin de mantener una actividad microbiana adecuada; dicha humectación se realizó de acuerdo a los resultados de humedad obtenidos semanalmente.

Toma de muestras. El seguimiento se realizó durante 45 días tomando muestras semanales para la evaluación de parámetros de humedad y pH. Antes de realizar cada muestreo se mezcló el material a través de remoción mecánica (rotavator) garantizando más homogeneidad y recolectando gallinaza de varios puntos en cada réplica.

Análisis estadístico. Los datos recolectados semanalmente de humedad y pH se evaluaron utilizando el diseño irrestrictamente al azar (DIA), con su respectivo análisis de varianza de una sola vía, con un 95% de confiabilidad y bajo la prueba de Duncan.

Análisis Físico-químico. Al final del proceso se tomaron muestras que fueron enviadas al laboratorio del grupo interdisciplinario de estudios moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia para realizar pruebas físico-químicas y determinar los parámetros de calidad del producto, para estas pruebas se tomo una muestra por tratamiento, conformada por la mezcla de submuestras de cada replica, repitiendo el análisis tres veces; utilizando los siguientes métodos: Contenido de Nitrógeno, Potasio, Fósforo, Carbono orgánico

co, Potasio; Relación Carbono/Nitrógeno; Cenizas: método gravimétrico, Capacidad de Intercambio Catiónico según recomendaciones de AOAC(3), pH neutro; Capacidad de Retención de Agua: Gravimetría; pH: pH metro; Humedad: Gravimetría e infrarrojo; Tamaño de partícula: Malla tipo tyler americana. (3)

Resultados

Los resultados iniciales de humedad para los tratamientos no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$). El Tratamiento 1 terminó con el menor porcentaje de humedad (30.12%), mostrando un descenso mas continuo, seguido por el tratamiento 2 con 33.27% y por último el tratamiento 3 con 37.94%, como puede apreciarse en la figura 1.

Los resultados de pH para los tratamientos mostraron un comportamiento normal durante el proceso de compostaje, el tratamiento 2 mostró un descenso más rápido del pH (8.26) indicando actividad microbiana entre la primera y cuarta semana, a partir de ésta se observó una reducción del pH menor a 8.5 para este tratamiento, mientras los otros tratamientos sólo estuvieron por debajo de 8.5 a partir de la quinta semana (figura 2), valor que indica una disminución de la actividad microbiana y la posterior estabilización o madurez del compost. El tratamiento 2 presentó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con respecto al tratamiento 3 (8.4) y fue similar ($p > 0.05$) al tratamiento 1 (8.33). Este resultado podría sugerir que la adición de EM acelera la estabilización del compost, aportando una mayor actividad microbiana dentro del proceso.

Los resultados de las pruebas fisico-químicas realizadas al producto final se presentan en la tabla 1. Los valores más altos de Nitrógeno (3.1%) y Potasio (4.0%) corresponden al tratamiento 2, y el mayor valor de Fósforo (5.1%) al tratamiento 1, así mismo los valores más bajos obtenidos para los tres nutrientes fueron en el tratamiento 3. (figura 3). Lo cual se debe a que el aserrín diluye los nutrientes presentes en la gallinaza, sin embargo este material representa un valioso aporte en el nivel de Carbono orgánico, importante energéticamente para la actividad microbiana (tabla 1).

Tamaño de partícula. Para ésta prueba se utilizó las mallas tipo tyler Americana, sacando los valores en porcentaje de acuerdo al tamaño de la partícula presente en la muestra. (tabla 2). Este parámetro debe ser controlado desde el principio, y aunque en el proceso se presenta disminución del mismo debido principalmente al volteo mecánico, el tratamiento 2 terminó con un alto porcentaje de partículas de gran tamaño (89.6%), cuando es de esperarse que un compost de buena calidad termine con un mayor porcentaje de partículas cuyos tamaños estén entre los valores de 30, 60 y 100 de la malla tipo tyler americana es decir partículas desde 590 a 149 micrómetros; ninguno de los tres tratamientos logró más de 6 % dentro de estos tres valores; lo cual evidencia que el alto contenido de humedad al inicio del proceso apelmazó de tal manera la gallinaza que no pudo ser desmenuzada con los volteos realizados, es decir que no puede esperar resultados positivos en ninguno de los tres tratamientos por las condiciones iniciales de humedad, y no se pudo observar el efecto positivo de la adición de EM desde el punto de vista del tamaño de partícula.

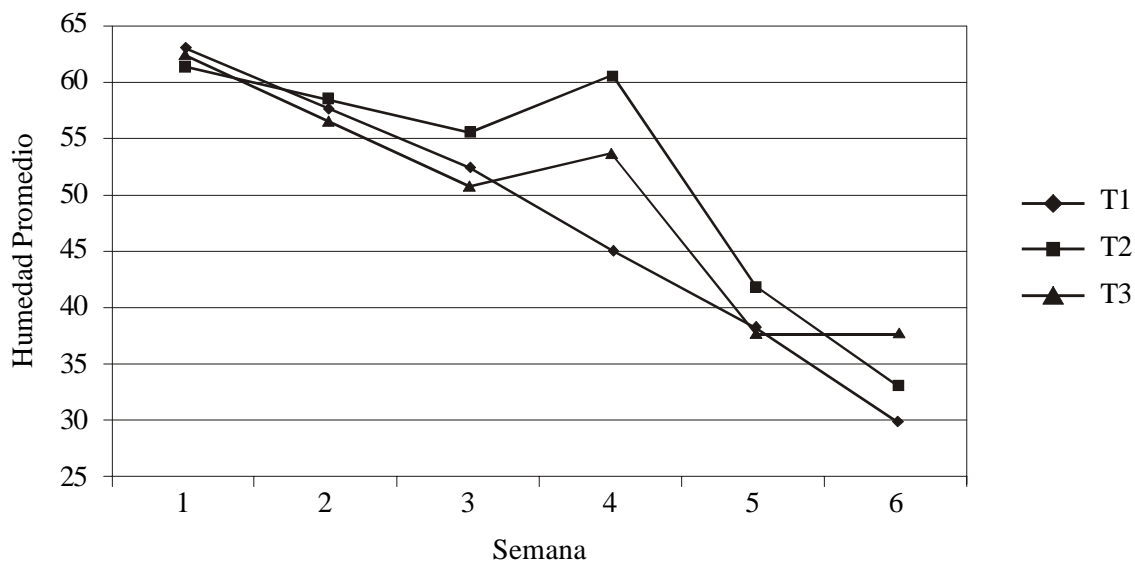


Figura 1. Humedad promedio por semana

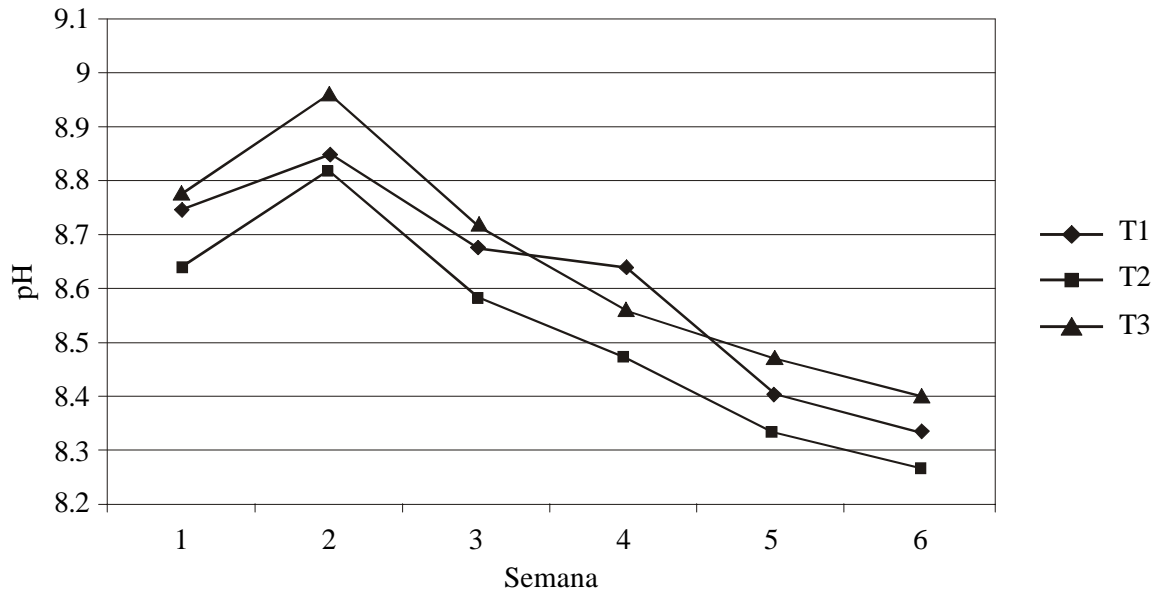


Figura 2. Variación del pH por semana

Relación C:N: El tratamiento 2 presentó el menor valor (5.5), mientras que el tratamiento 3 obtuvo el valor más alto (9.2), pero los tres tratamientos terminaron con una relación C:N adecuada para este tipo de proceso, como puede apreciarse en la figura 4.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): El resultado final en éste ensayo con respecto a la C.I.C en los tres tratamientos se encuentra dentro de los rangos aceptables para un producto compostado, sin embargo el tratamiento 2 presentó un mayor valor (239 ± 7 meq/100 gr. M.O) que los demás tratamientos. (figura 4)

Capacidad de retención de agua (CRA): Los resultados obtenidos al final de C.R.A para los tres tratamientos fueron muy bajos, siendo el tratamiento 3 el de mayor valor (0.62 ml/gr.) (figura 5)

Densidad aparente: Este parámetro está muy relacionado con la C.R.A. La menor densidad se obtuvo en el tratamiento 3 (0.45 gr./cc.), el tratamiento 2 presentó una menor C.R.A y por tanto una mayor densidad aparente (0.61 gr./cc.) al final del proceso. (figura 5)

Tabla 1. Análisis físico químico de las tres muestras correspondientes a los tres tratamientos.

PARÁMETRO	Unidad de medida	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Nitrógeno	%	3.0 ± 0.1	3.1 ± 0.1	2.72 ± 0.02
Fósforo	%P ₂ O ₅	5.1 ± 0.5	4.9 ± 0.3	3.3 ± 0.1
Potasio	%K ₂ O	3.8 ± 0.3	4.0 ± 0.5	3.2 ± 0.2
Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	Meq/100gr.de M.O	192 ± 9	239 ± 7	160 ± 5
Capacidad de Retención de Agua C.R.A	Ml/gr.	0.53 ± 0.07	0.40 ± 0.03	0.62 ± 0.05
Carbono Orgánico	%	19 ± 2	17 ± 1	25 ± 3
Contenido de materia orgánica	%	32.8	29.3	43.1
Relación	C/N	6.3	5.5	9.2
Cenizas	%	39.25 ± 0.07	39.2 ± 0.4	34 ± 1
Densidad	Gr/cc	0.52 ± 0.03	$.61 \pm 0.01$	0.45 ± 0.02

Tabla 2. Porcentaje (%) Tamaño de partícula con malla Tipo tyler Americana.

Tamaño de partícula*	>10	10	14	18	30	60	100
Tratamiento 1	78.6	5.41	4.18	4.06	2.96	0.33	0.61
Tratamiento 2	89.6	2.5	2.07	1.85	1.44	0.31	0.36
Tratamiento 3	71.94	7.16	5.69	5.9	5.89	0.85	0.38

*Estos valores corresponden a la abertura de las mallas utilizadas, siendo la malla 100 la que acepta el paso de partículas de menor tamaño (149 micrómetros); y la malla 10 la que permite el paso de partículas de mayor tamaño (2000 micrómetros)

Discusión.

Para mejorar la técnica de obtención de abono orgánico a partir de gallinaza se debe realizar un buen control del proceso desde el inicio hasta el final del mismo, garantizando así resultados óptimos en rendimiento y calidad.

Uno de los factores más importantes en el proceso de compostación, es la humedad, pues si ésta baja, los microorganismos no se desarrollan por no tener el agua suficiente para su metabolismo, disminuyendo la actividad microbiana esencial en éste tipo de proceso. Y si, por el contrario, es muy alta, desplaza el aire saturando de agua los intersticios dejados por el material, presentándose circunstancias propicias para el desarrollo de condiciones anaerobias (10). Se estima que para un proceso de compostación aeróbico eficiente se requiere un rango de humedad entre 40 y 60 %. Incluso un mismo contenido de humedad puede reflejar situaciones distintas dependiendo de las características físicas y químicas de los materiales orgánicos utilizados, especialmente en cuanto a porosidad y capacidad de absorción se refiere (5). En éste ensayo los valores iniciales de humedad fueron superior a 60 % en los tres tratamientos y superiores a 70% en algunas de las réplicas de cada tratamiento lo cual implica que habrá mayor posibilidad de presentar zonas de apelmazamiento impidiendo la entrada de aire en el material, iniciando un proceso de anaerobiosis, no deseable en estos casos. La presencia de humedad es determinante para la continuación del bioproceso y se debe efectuar un control riguroso sobre ella para mantenerla en el rango ideal, pues de otro modo se disminuyen las velocidades de reacción, llegando incluso a la detención completa del proceso (1), por ésta razón se realizó una serie de humectaciones a los tratamientos durante el periodo de compostaje, de acuerdo a los resultados obtenidos en este parámetro semanalmente. El producto final (compost) debe terminar con una humedad adecuada, que permita su fácil manipulación y utilización como

acondicionador de los suelos para cultivos. Pese a que la humedad no es un indicador de la estabilización total del producto, algunos autores citan que, un valor adecuado al finalizar el proceso corresponde a un rango entre 15 y 20% (4), pero los resultados en este estudio no coinciden con este enunciado, pues la humedad más baja fue 30.12% correspondiente al tratamiento 1.

El pH es un parámetro que indica el buen desarrollo del proceso y la actividad microbiana. El pH inicial de materiales digeribles, basuras, estiércol, varía generalmente de 5.5 a 7; éste empieza a incrementarse debido a la pérdida de ácidos orgánicos a través de la volatilización (altas temperaturas), a la descomposición microbiana y a la liberación de amoníaco a través de la mineralización del nitrógeno orgánico (4). Después el pH se ajusta a un rango entre 7.5 - 8.5, y puede ser crítico si sobrepasa los niveles de 8.5 por la volatilización del amoníaco (NH_3), que genera pérdida de nitrógeno y malos olores. Se considera que un pH de 8.1 a 8.5 al final del proceso indica la estabilización del compost y por tanto un producto apto para el uso agrícola (7). Según los resultados obtenidos en éste parámetro, los tres tratamientos alcanzaron la maduración, siendo más rápida en el tratamiento 2, lo que podría indicar un efecto positivo de la adición de microorganismos, pues es de esperarse que aceleren el proceso de estabilización del compost por el aporte en la actividad microbiana dentro del mismo, pero al presentar diferencia significativa ($p < 0.05$) con el tratamiento 3 que también contiene EM y no presentar diferencia significativa ($p > 0.05$), con el tratamiento 1 (gallinaza sola) se puede pensar que la diferencia radica en el contenido de aserrín del tratamiento 3 y no en la inclusión de EM en la mezcla. Al final se observa el descenso normal del pH con respecto a los valores iniciales, una reducción por debajo de 8.5, en los tres tratamientos.

Uno de los factores de evaluación de la calidad del compost es el tamaño de partícula, su importancia radica en que al tener un tamaño mediano al iniciar el

proceso permite aumentar la superficie disponible para el ataque de microorganismos, predisponiendo los materiales para la descomposición y favoreciendo una mezcla más homogénea. Generalmente se recomienda un tamaño de partícula de 1/2" para compostación mecánica y de 1-1/2" para compostación en pila (10). En éste ensayo el compost obtenido presenta partículas de gran tamaño que evidencian la formación de zonas anaerobias durante el proceso generando apelmazamiento e indicando que no hubo una completa compostación del material, lo cual se ratificó al realizar la prueba de laboratorio sobre el tamaño de partícula final que permitió concluir que a pesar de que el tratamiento 3 presentó un menor porcentaje de partículas de gran tamaño (>2000 micrómetros) y un mayor porcentaje de partículas de menor tamaño (149-590 micrómetros), debido seguramente a la presencia de aserrín que no alcanzó a degradarse completamente, además que dicho material le otorga una mejor estructura a la gallinaza que será sometida a este tipo de procesos; sin embargo ninguno de los tres tratamientos terminó con un tamaño de partícula adecuado. A pesar de las ventajas atribuidas a un menor tamaño en los componentes del material inicial, se debe tener en cuenta un elemento de igual o mayor importancia, es la porosidad, la cual es una medida del espacio del aire dentro de la masa de compost y determina la resistencia a la aireación; que depende a su vez del tamaño de las partículas, por tanto, se hace necesario permitir algunas piezas de mayor tamaño o irregulares que creen espacios de aire en la masa y, por consiguiente, más oxígeno atrapado (5)

La relación Carbono Nitrógeno (C:N), es otro factor importante dentro del proceso, por la necesidad de C por parte de los microorganismos como fuente de energía y del N como elemento básico en la formación de proteínas y otros constituyentes del protoplasma celular (4). La mayoría de los microorganismos usan 30 partes de C por cada parte de N, por lo que una relación C:N de 30 es la más conveniente para una fermentación eficiente, aunque se habla de composteos eficientes con relaciones de 26:1 hasta 35:1. La proporción 20:1 debe considerarse como la mínima ya que más bajas, aunque pueden acelerar el proceso, también producen olores desagradables, pues el C disponible es completamente utilizado por los microorganismos generando una desestabilización del N creando excesos de éste que van a perderse en la atmósfera en forma de amoníaco. Una mezcla de materiales con una relación C:N alta, por encima de 40 requiere de un mayor tiempo para la

estabilización del compost, pues los microorganismos tienen que utilizar todo el exceso de carbono que esté presente (5). El valor inicial de la relación C:N no se midió en este ensayo, pero en otros reportados por la literatura muestran que éste tipo de materia prima presenta valores iniciales muy bajos debido a su alto contenido de N y que tiene una leve variación durante el proceso (7). Los resultados finales de la relación C:N en este estudio muestran que los tres tratamientos terminan con una relación adecuada, (menor de 10) donde el tratamiento 2 presentó el menor valor (5.5), que se puede atribuir a la mayor proporción de microorganismos actuando sobre el material consumiendo rápidamente el carbono orgánico presente en la mezcla, que es un efecto favorable. Asimismo el tratamiento 3 presentó el valor más alto (9.2), por su mayor contenido de carbono orgánico aportado desde el inicio, cuando se adicionó el aserrín, y que seguramente los microorganismos presentes no alcanzaron a consumir, lo que se evidencia con la presencia de vestigios de dicho material al finalizar el proceso. Por eso considerando que la condición original de la gallinaza de jaula no es la adecuada para iniciar un proceso de compostaje por su baja relación C:N y por su estructura física que dificulta la entrada de aire, se recomienda utilizar materiales ricos en carbono orgánico con características de tamaño de partícula y rigidez que aporten porosidad al material de partida asegurando el suministro de oxígeno para la descomposición aeróbica, ayudando a extraer el calor producido a través de la evaporación y controlando los malos olores y la multiplicación de bacterias termofílicas asociadas con este proceso (10). En éste ensayo la aireación se realizó por medio de volteo mecánico utilizando un rotavator, cada 2 días para un total de 4 vueltas semanales, pero éste se realizó en una dirección cada oportunidad, causando posiblemente una aireación pobre o limitada en las capas inferiores de las pilas, con la consecuencia de obtener un mezclado poco homogéneo. Teniendo en cuenta que la cantidad de oxígeno depende de la temperatura, del tamaño partícula y del tipo de material (9), se hace necesario el volteo periódico, el cual debiera basarse en la concentración de oxígeno. Según Orozco 1980, en la práctica se determina de acuerdo a la temperatura en las capas intermedias, si se acerca a 70°C y cuando la humedad excede el 60%, la frecuencia de aireación o número de volteos sería del siguiente modo:

Contenido de humedad < 70% la primera vuelta debe hacerse al tercer día y seguir de acuerdo a los siguientes rangos de humedad:

Humedad de 60-70 %: vuelta a intervalos de dos días con un total de 4-5 vueltas.

Humedad de 40-60 %: vuelta a intervalos de tres días con un total de 3-4 vueltas.

Humedad < 40 %: agregar agua.

Sí la humedad es superior a 70%, el material debe ser volteado todos los días hasta reducir la humedad a 70%, o menos, y luego operar conforme a lo anterior.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una de las propiedades más importantes por ser una medida indirecta del grado de humificación. La materia orgánica (compost) funciona como «intercambiador»; de tal modo, que los cationes aplicados a través de fertilizantes interactúan con los cationes intercambiables del suelo quedando protegidos del lavado, pero aún, disponibles para las plantas (7). El contenido de bases intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} y Na^{+}), depende de los materiales usados como materia prima en la elaboración del compost y la descomposición y mineralización del mismo. Según varios autores este contenido es más alto a un pH mayor de 6.6 que a un pH menor (1). Durante el bioproceso debe haber un incremento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y así mismo una disminución de la relación C:N con valores menores a 15 lo cual demuestra la relación inversa entre estos dos parámetros y se espera entonces que al finalizar la compostación la CIC sea alta como un índice de buena humificación (11). Esta debe ser igual o mayor de 170 meq./100 gr. de materia orgánica (7). Los resultados de C.I.C obtenidos al final del ensayo para el tratamiento 1 (192 ± 9 meq/100 gr. de M.O) y para el tratamiento 2 (239 ± 7 meq/100 gr. de M.O) están por encima del mínimo considerado para un compost de buena calidad. El tratamiento 3 presentó el menor valor (160 ± 5 meq/100 gr. de M.O), lo que pudo ser ocasionado por la mayor relación de C:N que presentaba este tratamiento.

La capacidad de retención de agua (CRA) de un compost de calidad debe mejorar la conservación de humedad del suelo y la tasa de infiltración de agua. La materia orgánica que aporta el compost puede influir en la capacidad de retención de agua del mismo (13). La composición de la materia orgánica ejerce una acción favorable sobre la agrupación de partículas en agregados de tamaño medio, lo cual permite una buena circulación de agua y de aire, obteniéndose un aumento de la permeabilidad, de la capacidad de

retención de agua y una menor cohesión de las partículas (6). La materia orgánica puede retener un peso de agua superior al suyo propio por la densidad aparente baja y su elevada porosidad (13). Por tanto la C.R.A debe ser mayor o igual a 1.5 ml./gr. de biomasa considerada (7), y los resultados finales con respecto a este parámetro para los tres tratamientos fueron muy bajos, siendo más alto en el tratamiento 3 (0.62 ml./gr.), aunque no es el valor deseado en un compost de calidad. El resultado mayor en dicho tratamiento posiblemente fue debido a la adición de aserrín, el cual es un material absorbente y que pudo aumentar la porosidad en la mezcla, no ocurriendo así en los tratamientos 1 y 2 con resultados de 0.53 y 0.40 ml./gr. respectivamente. Al aumentar la porosidad, la densidad aparente tiende a disminuir al final del proceso siendo otro de los aspectos físicos que define a un compost maduro, ya que muestra su capacidad para mejorar la eficiencia de absorción, aireación y estructura del suelo confiriéndole mayor estabilidad (7).

Los resultados de densidad aparente ratifican la aseveración anterior, pues la menor densidad la presentó el tratamiento 3 (0.45 gr./ cc.) con respecto a los demás tratamientos que presentaron valores más altos 0.52 y 0.61 gr./ cc. Siendo el tratamiento 2 quien presentó una menor C.R.A y una mayor densidad aparente al finalizar el bioproceso.

Los nutrimentos, C, N, P, y K, son los primarios requeridos por los microorganismos en el proceso de compostaje, como también para las plantas, es por esto, que una alta concentración de estos elementos evidencia que el compost reúne una de las principales características para su uso eficiente como acondicionador de los suelos de cultivo (5). El P y el K deben conservarse en valores cercanos a los originales y en principio no deben ser menores a 3 y 1% respectivamente (7).

Finalmente se concluye que el compost a partir de estiércol de animales proporciona una materia orgánica valiosa, que constituye en la mayoría de los suelos de 3 - 6% en peso, mejora el cultivo de la tierra, aumenta la C.R.A, disminuye la erosión hídrica y eólica, mejora la aireación y tiene un efecto benéfico sobre los microorganismos; además de estimular el crecimiento vegetal (10). Igualmente los microorganismos, especialmente, hongos y bacterias utilizan la materia orgánica como fuente de alimento, pues, aporta, N y energía, sin ella la actividad bioquímica sería práctica-

mente nula. En el proceso de degradación algunos nutrientes son transformados en formas más asimilables como el N, P y el S (12).

Dentro de las posibles causas encontradas para que las réplicas de cada tratamiento no presentaran un comportamiento similar entre sí, están los daños que presenta el techo del secadero y el rotavator utilizado para realizar los volteos ya que sus aspas no alcanzan a voltear el material que se encuentra en las capas inferiores y solo se realizaba el volteo en una dirección. Por lo tanto para próximos ensayos se recomienda buscar una metodología adecuada, que garantice una verdadera semejanza en las réplicas, mediante un mejor control de humedad y aireación en los tratamientos, obteniendo una mayor homogeneidad.

Si los valores de humedad iniciales no se encuentran dentro del rango aceptable para comenzar un buen proceso de compostaje se recomienda utilizar materiales fibrosos que permitan crear espacios dentro de la pila y proporcionen una mejor aireación, además de absorber humedad y utilizarlos en igual proporción para cada tratamiento. Igualmente tener en cuenta y llevar el control de la variable temperatura por ser uno

de los factores que se puede emplear como criterio para el volteo del material y para definir la fase terminal o madurez del producto y consecuentemente cuando debe parar el proceso. Sin dejar a un lado las demás variables (tamaño de partícula, contenido de nutrimentos, relación C:N, C.I.C, C.R.A.) que deben tenerse en cuenta por lo menos al inicio y al final del bioproceso para poder evaluar su variación durante el periodo de compostaje.

La apariencia final del compost no fue la adecuada, pues el tamaño de partícula en los tres tratamientos no estuvo dentro del rango ideal para un compost de buena calidad, lo que evidencia la formación de zonas de apelmazamiento y reacciones anaerobias durante el bioproceso.

Igualmente se recomienda que en futuras investigaciones y para efectos de cumplir con la normatividad ambiental vigente realizar las pruebas necesarias para medir la emisión de gases generados durante el proceso de compostaje, ya que el incumplimiento a lo establecido para estas emisiones podría implicar la no viabilidad ambiental de un proyecto de estas características.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a M. Liliana Acevedo B. y al grupo interdisciplinario de estudios moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia por su valiosa colaboración en la realización de este proyecto.

Summary.

Evaluation of efficient microorganisms (EM) effect in the production of organic fertilizer starting from caged hens' dung.

An evaluation of the transformation process of caged hens' dung into organic fertilizer, was carried out in this study in order to recognize the performance of efficient microorganisms (EM) upon the physical and chemical composition of the compost. The used methodology considers an aerobic process by means of mechanical removal of the material, weekly samples were taken for humidity and pH measurements, at the end of the process analysis to determine the products quality were done. The work was done under a random unrestricted design (RUD) with a control group and two treatments, five replicas for each one. According to the results the process of compost formation was produced between the second and fourth week and the drying from the fifth to the sixth week for all the treatments. The mixture of the manure and the EM however, showed a statistically significant difference ($p < 0.05$) in pH with regard to the other treatments, showing a faster descent (below 8.5), which indicates the positive effect in the acceleration of the compost stabilization process with the addition of EM. The physical and chemical tests carried out at the end show greater values of nitrogen and potassium for the mixture of hens' dung and EM.

Key words: *compostage, compost, hens' dung, bio process*

Referencias

1. Anro C, Escobar J. Producción de compost a partir de heces de cerdo mediante lombriz de tierra y evaluación de la biomasa de ésta. Universidad Nacional de Colombia. Medellín 1985. Tesis
2. Castello J. Biología de la Gallina. Barcelona. 1989; 306p 2o Ed
3. Cunniff, P. Methods of analysis of AOAC International. 16o edición. 1995
4. Ferrer J; Paez G; Chirinos M. Bioproceso aeróbico de la pulpa de café. En: Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad de Zulia 1994 ;17 :2 67-74
5. Gouin F, Laliberty Jr; Kay D, et al. On farm composting handbook Bostón, 186.p
6. Gros, A. Abonos Guía Práctica de la Fertilización. Ed Mundi Prensa. 1992. Madrid, 559.
7. Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM. Manejo y evaluación de la gallinaza (Materia prima en compostación): Avicultores 1999 ;53 :28-33.
8. Higa, T.. Making a world of difference through the technology of effective microorganisms (EM). EM Technologies, Inc. 1997 ; 8p.
9. Monroy, O. Viniegra G. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. AGT editor S.A. México 1981, 260p.
10. Orozco A.. Desechos sólidos 1980, 420p.
11. Salamanca R. Suelos y Fertilizantes. Universidad de Santo Tomás USTA. Bogotá 1990 ; 345p.
12. Thompson, Louis M. Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverete S.A. Barcelona 1980; 137 p.