

EVALUACIÓN DE COMPOST OBTENIDO EN PILA MÓVIL EMPLEANDO MEZCLAS DE GALLINAZA DE JAULA CON MATERIAL CELULÓSICO

EVALUATION OF COMPOST OBTAINED IN MOBILE PILE EMPLOYING MIXTURES OF POULTRY MANURE WITH CELLULOSIC MATERIAL

AVALIAÇÃO DO COMPOSTO OBTIDO EM PILMA MÓVEL QUE ENTREGA MISTURAS DE ADUBO AVICOLA COM MATERIAL EM USAR MISTURA BATERIA MÓVEL DE GAIOLAS DE FRANGO COM MATERIAL GENÉTICO

JOSÉ LUIS HOYOS¹, CARLOS ALBERTO VARGAS², REINALDO J VELASCO³

PALABRAS CLAVE:

Abonos orgánicos, relación C/N, humedad, compostaje, gallinaza, NTC 5167.

KEY WORDS:

Organic fertilizer, relation C/N, humidity, composting, poultry manure, NTC 5167.

PALAVRAS-CHAVE:

Adubação orgânica, relação C/N, umidade, adubo, esterco, NTC 5167.

RESUMEN

En este estudio se evaluó el proceso de compostaje a partir de gallinaza de aves de jaula y el efecto de la mezcla con diferentes proporciones de material celulósico sobre la composición física y química del compost. Se evaluó un proceso de fermentación en pila móvil con capacidad de 621 m³/pila. Se tomaron muestras diarias para mediciones de temperatura, humedad y pH, al final del proceso se realizaron análisis físico-químicos para determinar la calidad del producto, de acuerdo a la NTC 5167 sobre fertilizantes orgánicos en Colombia. Se elaboró un diseño completamente al azar (DCA) con un grupo testigo identificado como blanco y tres tratamientos con dos réplicas para cada uno, mezcla de gallinaza y aserrín+viruta con relación C/N de 21:1 (T1 condición actual "blanco"), 25:1 (T2), 27.5:1 (T3) y 30:1 (T4), respectivamente. El proceso de compostación se evaluó durante 45 días para todos los tratamientos. Respecto a la humedad ningún tratamiento alcanzó el valor establecido por la NTC 5167 (<20%). De igual forma en la escala de pH se presenta un ascenso, registrando cifras por encima de 8.5 en todos los tratamientos, lo cual confirma la inestabilidad del compost al final del proceso. Los valores en la relación Carbono/Nitrógeno fueron adecuados para este tipo de abonos en los cuatro tratamientos, como también presentaron valores aceptables según NTC 5167, la capacidad de retención de agua, densidad aparente, cenizas, materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico, presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) para el tratamiento T4, que según la NTC 5167 debe ser mínimo de

Recibido para evaluación: 19 de mayo de 2010, Aprobado para publicación: Junio 21 de 2010

1. Ingeniero Agroindustrial. Candidato a M.Sc. Ingeniería de alimentos. Especialista en Biotecnología. Docente Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Popayán.
2. Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca, Popayán.
3. Ingeniero Químico. M.Sc. Especialista en Biotecnología. Profesor Asociado Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca, Popayán.

Correspondencia: jlhoyos@unicauca.edu.co

30 mEq/100gr, alternativa que no alcanzó este valor debido al exceso de material celulósico presente en la matriz del proceso, que conduce a una disminución de la actividad biológica, por la deficiencia de nutrientes en el medio.

ABSTRACT

In this study it was evaluated the process of composting from poultry manure, and the effect of the mixture with different proportions of cellulose material on the chemical and physical composition of compost. A process of fermentation in mobile pile was evaluated with capacity of 621m³/pile. Some samples were daily taken in order to measure temperature, humidity and pH, at the end of the process physical and chemical analysis were made in order to determine the quality of the product, which was analyzed according to the NTC 5167 about organic fertilizers in Colombia. A design was made completely at random (DCA) with a witness group identified as "Blanco" and three treatments with two replicas for each one, a mixture of poultry manure and sawdust plus wood shavings with a relation C/N of 21:1 (T1 current condition "Blanco"), 25:1 (T2), 27.5:1 (T3) and 30:1 (T4) respectively. The process of composting was produced during 45 days for every treatment. As for humidity, no treatment reached the value established by the NTC 5167 (<20%). In the same way, in the scale of pH a rising is showed which reports values over 8.5 in every treatment, which confirms the instability of the compost at the end of the process. The values in the relationship carbon/nitrogen were adapted, in the four treatments, to this kind of organic fertilizer, these four treatments also presented acceptable values according to the NTC 5167, a capacity of water retention, apparent density, ashes and organic matter. The capacity of cationic exchange presented significant differences (p < 0.05) to the treatment T4, which according to the NTC 5167 should be minimum of 30 mEq/100gr, alternative that did not achieve this value because of the excess of cellulose material present in the womb of the process which leads to a decrease of the biological activity due to the lack of nutrients in its environment.

RESUMO

Este estudo avaliou o processo de compostagem de esterco de aves de gaiola e efeito da mistura com diferentes proporções de material de celulose sobre a composição física e química do composto. Nós avaliamos um processo de fermentação na pilha móvel com capacidade de 621 m³/pila. Diariamente amostras foram levadas para as medições de temperatura, umidade e pH, no final do processo é a análise físico-química realizada para determinar a qualidade do produto, de acordo com a NTC 5167 em adubo orgânico, na Colômbia. Desenvolvido inteiramente casualizado (DIC) com um grupo controle identificados como brancos e três tratamentos com duas repetições para cada mistura de esterco de galinha e chip + serragem com relação C / N de 21:01 (T1 condição atual "branco"), 25:1 (T2), 27.5:1 (T3) e 30:1 (T4), respectivamente. O processo de compostagem foi avaliado por 45 dias para todos os tratamentos. Com relação a qualquer tratamento de umidade atingiu o valor definido pela NTC 5167 (<20%). Da mesma forma, na escala de pH apresenta uma promoção, registrando números acima de 8,5 em todos os tratamentos, confirmando a instabilidade do composto no final do processo. Os valores da relação carbono / nitrogênio foi adequado para este tipo de adubo em quatro tratamentos, também apresentaram valores aceitáveis de acordo com a NTC 5167, a capacidade de retenção de água, densidade aparente, cinzas, matéria orgânica. A capacidade de troca catiônica, diferença significativa (p < 0,05) para o tratamento T4, que a NTC 5167 deve ser uma alternativa menos 30 mEq/100gr que não atingiram esse valor deve apresentar excesso de material celulósico na matriz processo, o que leva a uma diminuição da atividade biológica, deficiência de nutrientes no meio.

1. INTRODUCCIÓN

La industria avícola colombiana ha presentado un sostenido crecimiento en los últimos 10 años y tan solo en el último año presentó un incremento del 5.5% en la producción de pollos de engorde, huevos de mesa,

entre otros. La Federación Nacional de Avicultores (FENAVI), el Ministerio de Agricultura y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), realizaron el primer censo nacional de avicultura industrial. Los resultados del censo revelaron la existencia de 30 plantas de incubación, donde el departamento del Valle

de Cauca tiene participación mayoritaria con 8 establecimientos, seguido de Santander y Cundinamarca con 7 cada uno, Tolima con 3, y los otros 5 establecimientos se distribuyen en otros departamentos.

El marco jurídico, establece que los residuos sólidos provenientes de industrias avícolas deben ser manejados de acuerdo a lo estipulado por la Resolución 1937 de 2003 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Artículos 7 y 8, donde establece que queda prohibido la movilización y/o comercialización de gallinaza, pollinaza sin previo tratamiento que minimice el riesgo sanitario y/o evite transmisión de agentes patógenos. El Grupo de Investigación de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquía, ha trabajado en el análisis de los residuos de plantas de incubación y ponedoras, y por sus características físicas, químicas y microbiológicas concluyen que el compostaje es una técnica viable de tratamiento. De igual forma, la política ambiental para el sector avícola recomienda valorizar estos residuos mediante el compostaje [1].

El compostaje es un proceso biooxidativo (degradación y resíntesis) en el que intervienen numerosos y variados microorganismos que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termofílica y una producción natural de fitotoxinas, dando al final como productos de los procesos de degradación, dióxido de carbono, agua y minerales, así como materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo en agricultura sin que provoque fenómenos adversos [2].

Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es transformar los residuos en compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, elementos germinativos (semillas, esporas) y parásitos. El sistema en pila, es la denominación que se le da a la masa de residuos en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. De acuerdo al método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en: móviles, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconfiguración de las parvas, y estáticas cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las parvas [3].

La producción avícola intensiva emplea costosas instalaciones y sofisticados equipos que elevan los costos

de producción, lo cual 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 [4]. 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 y sean de gran aceptación en el ámbito comercial.

Empresas como Agropecuaria Latinoamericana S.A., son líderes en el manejo adecuado de residuos sólidos. Presenta una capacidad instalada y utilizada cercana a dos millones de gallinas ponedoras, generando del proceso productivo 190 m³/día de gallinaza fresca, los cuales son tratados en plantas de compostaje, que funcionan al 100% de su capacidad instalada. Estas instalaciones presentan sistemas en pilas móviles con aireación y homogeneización constantes, lo cual permite manejar volúmenes cercanos a 621m³ por pila. Estos sistemas por la considerable cantidad de residuos que procesan, son susceptibles al mejoramiento continuo, a través del estudio de las variables de proceso y así lograr la optimización en el proceso.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Finca Egipto, Km 4 de la vía Caloto – Villarrica, en el departamento del Cauca, predio donde opera la Industria Avícola Agropecuaria Latinoamericana S.A. En esta empresa funciona la planta de compostaje FARMER® que trata la gallinaza de los galpones de producción de huevo. La temperatura promedio de la zona es de 22°C y la humedad relativa alcanza un valor medio de 75%, con una altitud de 980 m.s.n.m.

2.1 Caracterización de materias primas

Las muestras para gallinaza fresca se tomaron a los materiales descargados en la planta de compostaje FARMER® y para el aserrín y viruta en la zona de recepción de material celulósico, realizando cuarteos hasta obtener una muestra de aproximadamente 1Kg que se introdujeron en bolsas plásticas con sello hermético. Posteriormente se trasladaron al laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca donde se realizaron por

triplicado las pruebas físico-químicas y se determinó la composición inicial de las materias primas, utilizando los siguientes métodos: contenido de humedad, extracto etéreo, proteína bruta, carbohidratos disponibles, cenizas según recomendaciones de AOAC y carbono orgánico oxidable mediante el método de Walkley y Black [5].

2.2 Formulación de mezclas

A partir de la caracterización de los residuos sólidos orgánicos y de los materiales celulósicos (aserrín y viruta), se formularon cuatro mezclas mediante un balance de masa determinando la relación carbono nitrógeno (C/N) y la humedad con los que iniciaron los materiales compostables (tratamientos). Previamente se determinó la densidad de las materias primas, debido a que en planta de proceso se manejan unidades de volumen (m^3), y se requiere hallar un factor de correlación para transformar a unidades ponderales de peso (Ton), y de esta forma elaborar la formulación [6].

2.3 Diseño de tratamientos

Los tratamientos realizados, presentaron variaciones en la relación C/N, como se muestra a continuación:

Tratamiento 1: (blanco), relación C/N 21:1 "condición actual".

Tratamiento 2: relación C/N 25:1.

Tratamiento 3: relación C/N 27.5:1.

Tratamiento 4: relación C/N 30:1.

2.4 Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado en este ensayo corresponde a un Diseño Completamente al Azar (DCA), en arreglo factorial, con dos repeticiones, donde los tratamientos son asignados aleatoriamente a las unidades experimentales (pila) sin ningún tipo de restricción [7].

2.5 Montaje de los tratamientos

El montaje de cada unidad experimental (pila) se realizó posterior al descargue de la gallinaza en la planta de compostaje FARMER®, en la cual se adicionaron cantidades de aserrín y viruta según formulación des-

crita anteriormente para cada tratamiento y se mezcló con un cargador que deposita en su pala un volumen aproximado $1m^3$ de material celulósico. Finalmente se incorporó la mezcla de cada tratamiento con su réplica en su respectiva pila. El proceso cuenta con una mezcladora (compost-matic), encargada de realizar la homegenización y aireación en la pila. Este equipo desplaza el material orgánico $2m/día$, de esta forma, el material orgánico realiza un recorrido total de $90m$, con una residencia de 45 días en la pila. Se realizó el montaje con una alimentación de $10m^3/día$ para cada tratamiento durante un periodo de siete días, obteniendo un volumen promedio de $70m^3$ correspondiente al lote evaluado por cada unidad experimental.

2.6 Toma de muestras

El seguimiento se realizó durante 45 días, tomando muestras diarias para la evaluación de las variables de control como temperatura, humedad y pH. Antes de realizar el muestreo se mezcló el material a través de remoción mecánica (compost-matic) garantizando homogeneidad. Se tomaron las muestras en tres puntos equidistantes a una profundidad de 50 cm y se determinó la humedad empleando una lámpara de humedad marca Sartorius de modelo MA30, secando una muestra de 5 gramos por radiación eléctrica a una temperatura de $120^{\circ}C$ por 10 minutos. La temperatura se verificó directamente con termómetro de lanza marca Haenni, con escala de $0-160^{\circ}C$. El análisis de pH se realizó mediante pH metro modelo HANNA 420A. Finalmente, se registró el resultado promedio de tres muestras para cada análisis.

2.7 Análisis estadístico periodo fermentativo

Los datos recolectados (temperatura, humedad y pH) se evaluaron mediante análisis de varianza (ANAVA) con un 95% de confiabilidad y bajo la prueba de Tuckey.

2.8 Análisis físico-químico

Al final del proceso se tomaron muestras por cuarteo de 1 Kg. y se trasladaron al laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, donde se realizaron pruebas físico-químicas por triplicado y se determinó los parámetros de calidad final del producto. Se emplearon los procedimientos y parámetros físicos y químicos establecidos en el Compendio ICA ICONTEC sobre fertilizantes orgánicos

en Colombia NTC 5167, para determinar el contenido de humedad, cenizas, nitrógeno total, carbono orgánico oxidable total, relación C/N, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de retención de agua, densidad y pH.

2.9 Análisis estadístico producto final

Finalmente se evaluó el producto final mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de confiabilidad y bajo la prueba de Tukey, empleando las variables de respuesta obtenidas del análisis físico-químico.

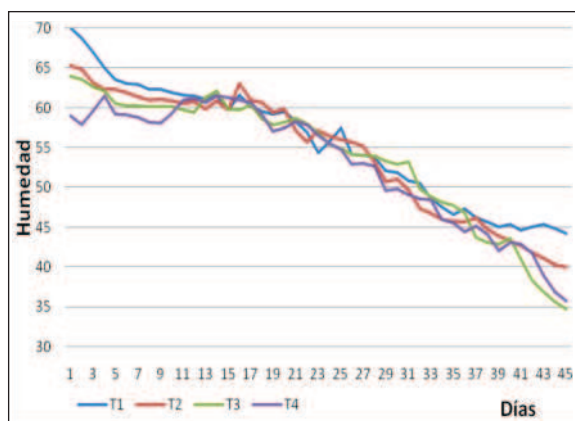
3. RESULTADOS

3.1 Periodo fermentativo

Los resultados de temperatura, mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0.05$). El aumento de la temperatura en todos los tratamientos, correspondió a la reacción exotérmica que se presenta como residuo metabólico de la acción microbiana y que tiende a ser retenido en la matriz del proceso [8]. Respecto a la humedad ningún tratamiento alcanzó el valor establecido por la NTC 5167 (<20%), indicando falta de maduración en todos los tratamientos, sin embargo, los tratamientos T3 y T4 arrojan valores cercanos a la norma y presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) frente a los tratamientos T1 y T2, siendo estos últimos los de mayor contenido de humedad, datos que se aprecian en la figura 1.

Los resultados de pH, mostraron que no existen diferencias significativas. Como se observa en la figura 2,

Figura 1. Comportamiento de la humedad



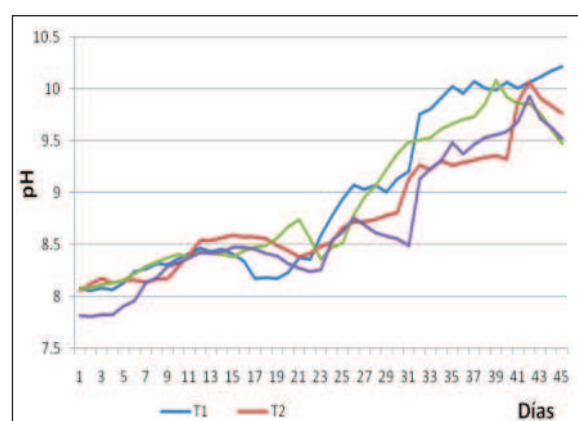
se presentó un ascenso, registrando cifras por encima de 8.5 (recomendación NTC 5167, $pH < 9.0$) en todos los tratamientos. Sin embargo es un valor no adecuado, que contribuye a la precipitación de nutrientes del medio, de forma que no son asequibles por la flora microbiana [3]. De igual forma es un indicativo de inestabilidad del proceso fermentativo para los cuatro tratamientos, por lo tanto se requiere aumentar el tiempo de compostaje para lograr un compost maduro.

3.2 Producto final

Los resultados de las pruebas físico-químicas se presentan en el cuadro 1. Los valores de humedad final se encontraron por encima del rango establecido por la NTC 5167 en todos los tratamientos. La capacidad de retención de agua arrojó valores aceptables, al obtener valores con porcentajes de retención de agua mayor al peso del producto final, siendo el T4 con 215.5%, el de mejor comportamiento, siendo efecto del mayor contenido de material lignocelulósico. La densidad aparente estuvo dentro del rango recomendado por la norma en todos los tratamientos. El nitrógeno total superó el 1%, por tanto debe ser reportado según NTC 5167, registrando todas las alternativas valores mayores que 1, siendo T1 el mayor valor (1.52) y T3 el menor (1.31). El carbono orgánico presentó valores superiores a la norma en todos los tratamientos, obteniendo T4 un valor de 23.02, el cual es superior a los otros debido a la presencia de material celulósico (aserrín+viruta) adicional.

La relación C/N en todos los tratamientos estuvo en el rango establecido para un compost estable, con

Figura2. Comportamiento del pH



Cuadro 1. Análisis físico-químico producto fina

Parámetros	T1	T2	T3	T4
Humedad (%)	43.93	39.86	35.8	36.88
Cenizas (%)	42.41	39.07	36.84	36.06
Nitrógeno Total (%)	1.57	1.46	1.39	1.39
C.O. (%)	18.17	18.04	18.58	23.02
M.O. (%)	31.32	31.1	32.03	39.68
Relación C/N	11.58	12.35	13.32	16.52
C.I.C. mEq/100g	39.86	35.77	34.92	28.78
C.R.A. (%)	135.04	186.34	195.75	215.5
Densidad (g/ml)	0.43	0.44	0.46	0.42
pH	10.16	9.89	9.49	9.5

valores entre 12 y 18 [9]. Con respecto a los valores iniciales, la relación C/N disminuyó, comportamiento que corresponde a las pérdidas sufridas en el proceso por la liberación de CO₂. Con relación al nitrógeno, este se incrementó en un promedio del 10% con respecto a los valores iniciales, debido a la reducción del carbono, lo cual repercute en un aumento de la fracción mineral representado para el nitrógeno en forma de nitrato. Las pérdidas por volatilización de nitrógeno son del 0.02% como amoniaco, por tanto no influyen notoriamente en los porcentajes finales de nitrógeno [4].

Las pérdidas de carbono en T1 se encontraron alrededor de un 38%, T2 y T3 registrando valores de 46% y 48% respectivamente, y finalmente T4, presentó un valor del 40%. T1 reportó menor pérdida, debido a un exceso de humedad inicial superando el límite comprendido entre 50 y 62%, por lo tanto el medio se tornó anaeróbico, siendo este menos eficiente que un proceso oxidativo. En T4, el exceso de material celulósico ocasionó una inmovilización del nitrógeno generando una disminución de la actividad biológica. En consecuencia en T2 y T3 registraron las mayores pérdidas de carbono por CO₂, obteniéndose en la matriz del proceso de estos tratamientos un intercambio gaseoso eficiente y controlado. Sin embargo, se reporta que un compost estabilizado debe registrar pérdidas de carbono cercanas al 66% [10], valor por encima de los promedios de los tratamientos obtenidos, concordando la discusión con respecto a la falta de maduración del proceso en un periodo de 45 días.

La capacidad de intercambio catiónico, muestra que el T4 presentó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0.05$), comparado con los demás tratamientos. De acuerdo a la NTC 5167, T4 presentó un valor inferior al establecido, registrando 28.78 mEq/100gr, por tanto se confirma que para este tratamiento, se presentó una disminución de los procesos de humificación debido al exceso de material celulósico. Los resultados de los tratamientos revelan que el abono presentó un bajo índice de humificación de la materia orgánica y en consecuencia una baja capacidad para intercambiar bases con la solución del suelo, por lo tanto no existen suficientes sustancias húmicas capaces de retener los iones como Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y NH₄⁺, los cuales se pierden por lixiviación al ser aplicados en el suelo [11,12].

4. CONCLUSIONES

El comportamiento de la temperatura y el pH muestran que en todos los tratamientos no se presentó la etapa de enfriamiento y maduración o estabilización, por lo tanto el producto final obtenido en un periodo de 45 se clasifica como "pre-compost".

Al emplear una relación C/N alta (T3 y T4), se obtiene una disminución notable del contenido de humedad en comparación a los tratamientos T1 y T2, durante un periodo de 45 días. Sin embargo, T4 (C/N 30:1), presentó impacto negativo sobre capacidad de intercambio catiónico.

El intercambio gaseoso presentado en la matriz del proceso de los tratamientos T2 y T3, fue mas eficiente y controlado, en comparación al tratamiento T1, debido a que este presentó un exceso de humedad inicial, provocando un taponamiento en la matriz, que impide la liberación de CO₂ resultante de la degradación del carbono orgánico, debido a que paralelamente necesita eliminar el exceso de agua por evaporación. Por tanto, se debe controlar las filtraciones de agua en los bebederos de los galpones de producción de huevo y evitar que la gallinaza fresca ingrese a la planta con un contenido alto de humedad.

La capacidad de intercambio catiónico indica que en todos los tratamientos se presentó un bajo índice de humificación de la materia orgánica, por lo tanto el producto final presentó un alto índice de mineralización al culminar el proceso.

Desde el punto de vista técnico, los mejores resultados corresponden a los tratamientos T2 y T3, por lo que se recomienda realizar las mezclas de gallinaza y aserrín + viruta, considerando este rango.

REFERENCIAS

- [1] FENAVI-FONAV. Guía Ambiental para el Subsector Avícola. Cartilla didáctica. Bogotá, 2002.
- [2] BENITES, Clavijo. Compendio ICONTEC - ICA sobre fertilizantes en Colombia: reglamentos y normas técnicas colombiana, sobre fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas. Bogotá: s.n., 2003. p. 82.
- [3] SZTERN, Daniel y PRAVA, Miguel A. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. [En – línea]. Uruguay. Organización Panamericana de la Salud, feb, 1999. [Citada 11 de febrero, 2006]. PDF/Adobe Acrobat 500 KB. Disponible en Internet: www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf.
- [4] BARRERO, Mayra. Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de incubadoras del sector avícola mediante la práctica de compostaje. Palmira 2005. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental). Universidad Nacional. Facultad de Ingeniería y Administración.
- [5] Cunniff, P. Methods of analysis of AOAC International. 16ª edición. 1995.
- [6] TCHOBANOGLOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. España: Mc Graw Hill, 1994. p. 24 – 27.
- [7] MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Ediciones Limusa Wiley, (2 ed.), México. 2004. p. 295-301.
- [8] MEJIA, Alexander et al. El papel de los enzimas en los procesos de estabilización de residuos orgánicos mediante procesos biooxidativos. Revista Suelos Ecuatoriales 2001; Vol. 35-1: 41-51.
- [9] LÓPEZ MACÍAS, Piedad. Compostaje de residuos orgánicos. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, 2002. p.93.
- [10] CEGARRA, J. Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del compost. En: Programa Universitario de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (PU) Ed. Memorias Curso Master Internacional Aprovechamiento de Residuos Orgánicos. Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, (14-17, Junio, 1994). p. 1-8.
- [11] GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM). Producción de compost en la industria avícola. Cuadernos avícolas 11, Fenavi-Fonav. Bogotá, 2000.
- [12] URIBE, José et al. Evaluación de los microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Revista Col Ciencias Pecuaria Vol. 14: 2. Uniantioquia, 2001.