



ABONOS ORGÁNICOS
RESIDUOS SÓLIDOS

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
MFN 11524
ORGÁNICOS A TRAVÉS DE
PROCESOS DE COMPOSTAJE
EN EXPLOTACIONES LECHERAS

M E D I O A M B I E N T E

Autores: J. Miguel Acevedo*, Liliana Acevedo*,
María Eugenia Moreno* y Carlos A. Peláez J.*1

*Investigadores Grupo Interdisciplinario de Estudios
Moleculares GIEM. Instituto de Química U. de A.

Cpelaez@matematicas.udea.edu.co
Giem@matematicas.udea.edu.co

RESUMEN

El desarrollo sostenible del campo que conlleva al crecimiento económico y al bienestar social, sin atentar contra los recursos naturales ni el medio ambiente, se puede conseguir utilizando métodos de producción que tengan un impacto ambiental mínimo en los procesos de tipo agropecuario. Esta concepción parte del aumento de la productividad y la consecuente disminución en los riesgos para la salud humana y racionalización en el uso de los recursos (Ramírez D., 2001).

En las actividades agropecuarias se genera una gran cantidad de residuos sólidos que si no se tratan adecuadamente pueden ser causantes de deterioro ambiental. Éstos por su composición, constituyen una materia prima de gran valor en procesos de transformación de materia orgánica. El proceso de compostaje se considera como una de las alternativas más plausibles para obtener un producto ambientalmente compatible y de gran importancia a nivel agronómico.



SUMMARY

It is possible to get the countryside sustainable development that involves economic growing and social welfare, without making an attempt on natural resources and environment. It can be done through agricultural production methods with the smallest environmental impact. This conception starts from the productivity increase and consequent human health risks decrease, as well as from the rationalization of the resources utilization (Ramírez D., 2001).

Agricultural activities generate a big amount of solid residues which in the case of being not properly treated, could cause an environmental deterioration. That kind of residues, due to their composition, constitute a very important source to feed organic material transformation processes. In fact, the compost making system is considered as one of the most plausible alternatives to obtain an environmental compatible product with a great agronomical importance



INTRODUCCIÓN

La acumulación de amplios sectores de la población humana en espacios tan reducidos como las ciudades, ha ocasionado un desfase importante en los ciclos naturales de la materia, ya que los índices de síntesis y consumo superan con creces a los procesos de degradación y, en consecuencia, se dan acumulaciones importantes de materiales que han resultado perjudiciales para el medio ambiente y han conducido a la aparición de conceptos como contaminación, residuos sólidos orgánicos y compostaje, y a actividades científico-técnicas especializadas para su estudio y manejo (Villa G., 2001).

Según Ramírez (2001), en el establecimiento de las actividades lecheras se ha generado una serie de efectos sobre los recursos naturales, de los cuales se pueden destacar:

- * Se disminuyen la flora y la fauna de la región por la deforestación de bosques nativos.
- * Por la misma causa se minimizan los cuerpos de agua (micro cuencas); no se protegen adecuadamente los nacimientos.
- * Se presenta contaminación de aguas por efluentes sin tratamiento.
- * Contaminación de suelos, agua, aire y productos por la utilización de agroquímicos.
- * Una inadecuada disposición de los desechos sólidos producidos en las actividades productivas y domésticas, produce contaminación de suelos y yacimientos de agua, además propagación de organismos patógenos.
- * El sobre pastoreo provoca erosión y compactación de suelos.
- * El cultivo excesivo de algunas variedades puede malograr las que ya están adaptadas.
- * Se presenta un aumento considerable en las enfermedades y plagas resistentes.





En el panorama mundial se han buscado alternativas que conjugan las experiencias populares con las científicas para disminuir el deterioro ambiental causado por tales actividades (Gómez, L., 2001). Si consideramos la gran cantidad de residuos generados en las explotaciones pecuarias, la fracción orgánica es cuantitativa y ambientalmente una de las más importantes.

En nuestro medio la manera común de restituir la materia orgánica en suelos con vocación agrícola es mediante la adición directa al suelo de subproductos o desechos orgánicos, siendo los estiércoles los más empleados. Desde el punto de vista ambiental las consecuencias de la aplicación directa de este tipo de material son cada vez más cuestionadas por sus implicaciones sanitarias y si las condiciones de aplicación son inadecuadas, los rendimientos de cosecha tienden a decrecer (Grupo GIEM, 2001).

Entre las tecnologías empleadas para minimizar el impacto ambiental, el compostaje ha representado por cerca de un siglo la metodología más eficaz si se tiene en cuenta que al final del proceso se obtiene un producto inocuo, desde la perspectiva ambiental, y con un importante valor agregado desde la perspectiva agronómica.

El compostaje (o también denominado compostación) se define aquí como la degradación biooxidativa y catabólica, seguida de un proceso de resíntesis, que para un sustrato orgánico sólido proveniente de residuos de diferentes actividades humanas, realizan organismos descomponedores endémicos (artrópodos, bacterias, hongos, actinomicetos y otros), hasta la obtención de un producto heterogéneo denominado compost que, con una apariencia completamente independiente del material de origen, se caracteriza por su estabilidad química y sanitización con respecto a parámetros de referencia establecidos por un patrón (Villa, G. 2001).

En las industrias agropecuarias, el compostaje representa cada vez más una alternativa indispensable tanto desde el punto de vista ambiental como desde la óptica sanitaria.

En el primer caso, no sólo se tiene como una alternativa para el manejo de las excretas sino que se constituye en el primer paso para la formulación de abonos y enmiendas orgánicas que, dados los volúmenes manejados y las características de los productos, se convierte en la alternativa más viable para la recuperación de suelos con vocación agrícola pero altamente degradados por la sobreexplotación. En el caso de la bioseguridad, el compostaje permite la destrucción de organismos patógenos desde el punto de vista de la sanidad humana y animal (Villa G., 2000).

El uso adecuado de los subproductos generados en las explotaciones lecheras ayudarán a evitar o minimizar los problemas ambientales ocasionados por ellas. Para lograr esto, lo primero que se debe hacer es tratar de establecer un cambio social y cultural para tener un uso racional de los recursos naturales en la actividad lechera (Cerón, J. y Ramírez, D., 2000).

RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS QUE SE PUEDEN PRODUCIR EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA

Los residuos orgánicos son aquellos materiales provenientes de organismos vivos; en nuestro caso: desechos de explotaciones pecuarias, desechos de pesebreras, residuos de cosechas, de cocina, entre otros (Canter, L. W. 1998). Dentro de los residuos generados en dichas explotaciones los estiércoles y el material vegetal son los que en mayor cantidad se producen. Ambos tienen una gran importancia como "abonos" siempre y cuando se traten de manera adecuada.

Estiércol

El estiércol animal ha sido una de las más importantes fuentes de nutrientes para la planta. Nunca ha perdido su importancia como fertilizante agrícola, ya que aporta nutrientes y materia orgánica, si bien es cierto que ha pasado a un segundo plano (Simpson, K., 1991).

La utilización inadecuada de este material puede causar serios daños en el ecosistema y producir problemas nutricionales (deficiencia o toxicidad) en los cultivos.

Generalmente se prefiere utilizar un estiércol descompuesto que uno que se encuentre sin transformar (fresco). Mediante la compostación se mezclan materiales ricos en carbono con otros ricos en nitrógeno y se obtienen compuestos estables. De esta manera un compost bien elaborado es una de las mejores alternativas para estabilizar los residuos pecuarios que se generen en una explotación lechera.

Abonos verdes

Para la producción de abonos verdes siempre se han utilizado leguminosas debido a la fijación biológica de nitrógeno que efectúan con otros microorganismos (bacterias). Hoy en día se puede emplear cualquier tipo de planta asociada o no a un cultivo, adicionándola al suelo para mejorar sus condiciones. Algunas controlan enfermedades radiculares, otras disminuyen las poblaciones de nemátodos, otras son importantes por la producción de sustancias alelopáticas, que serán importantes controladoras de plagas en determinados cultivos (Gómez, L., 2001).

Algunos de los materiales orgánicos frescos los asimila la biomasa del suelo, otros se humifican para producir materia orgánica estable y otros se mineralizan por acción de los microorganismos en los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.

Aquellos residuos de tipo orgánico que no se utilicen en la producción agropecuaria se pueden constituir en un "mejorador" de suelos, un "abono" que suministre nutrientes para la planta y un "sustrato" para sostener las plantas (Gómez, L., 2001).

En una explotación pecuaria se originan una serie de materiales orgánicos diversos con características físicas, químicas y microbiológicas adecuadas para llevar a cabo un buen proceso de compostación.

Dentro de esos materiales que se pueden obtener en este tipo de explotaciones se tienen estiércoles: gallinaza, pollinaza, equinaza, bovinaza, aserrín, bagazo, cisco de café, material vegetal (residuos de podas, restos de comidas y mortalidad de aves de corral entre otros). Cuando estas se circunscriben dentro de la tecnología de la compostación, se involucran parámetros que permiten la caracterización física, química, biológica y microbiológica de tales materiales.

De esta manera el Grupo GIEM ha venido realizado este tipo de análisis durante los últimos 8 años tanto a las materias primas como a los productos finales.

PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

Los análisis físicos químicos y microbiológicos realizados a algunas de las materias primas y al producto final (compost) fueron realizados en el Laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares de la Universidad de Antioquia.

En la tabla 1, se observan algunos valores correspondientes a parámetros físicos y químicos importantes encontrados en los materiales (que se pueden producir en una explotación pecuaria) y que además constituyen una materia prima de excelente calidad para iniciar procesos de compostaje.

Tabla 1.
Parámetros físico-químicos realizados a diferentes materias primas.

MUESTRA	Humedad %	Cenizas %	pH	Conductividad mS / cm	Nitrógeno %	Carbono Org. %	Rel. C/N
Aserrín	29.973*	0.9	6.1	-	0.18-1.2	39-53	66.66
Gallinaza	18-85	20-56	6-10	3.4-4.6	1.4-6.3	12.8-37	6.46
Pollinaza	25.8-34	18.6-39	8-9.5	2.4-4.1	1.4-2.6	12.8-23	8.95
Porquinaza	44.3-62.5	28-34	7-9	2.17	3.5-3.8	24.9	6.82
Bovinaza	68	49	8	-	1.1-1.7	20	14.28
Bagazo	44.5-72	10	7-8	0.05-0.06	0.3-0.32	37-46	133.81
Cisco café	0.23-2.03	6-26	5-6	2.3	1.5-1.7	42-58	31.25
Borra café	57.35	3.24	5.6	-	1.13-1.96	28.9	18.76
Cáscara de papa	86.9	4	-	-	1.7	40.5	23.82
Poda de pasto	58	15.1	7.86	-	1.26-3.6	33	13.58
Tallos y flores	64.85	9.6	-	-	2.2	37	16.81
Desechos cosecha	85.5	6.18-14	4.16	-	1.3-1.6	33-36	23.79
Restos de comidas	73.4	6	4.31	-	3.2	34	10.62
Equinaza	80	38	7.7	-	1.3-2.3	35	19.44
Estiércol de cabras	56.9	39.3	7.7	-	2.6	24.6	9.46
Conejaza	50	59	7.82	-	1.69	9.7	5.73
Mortalidad aves	-	-	8.4	-	1.7	27.2	16

* Los valores de humedad son muy variables, dependen de muchos factores, p.ej condiciones de envío y almacenamiento de la muestra.

Los valores obtenidos para otras variables corresponden a análisis realizados a varias materias primas, por eso se presentan intervalos amplios para algunos de ellos, p. ej. el valor en las cenizas para pollinaza (entre 18.6 y 39), carbono orgánico para gallinaza (12.8 -37) y nitrógeno para poda de pasto (1.26 - 3.6). En otros, los valores son aproximados, p.ej, el % de carbono para restos de comidas es aproximadamente 34 y equinaza (~35).

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Otro de los parámetros considerados para iniciar el proceso de compostaje lo constituye la parte microbiológica.

Algunos análisis microbiológicos realizados a los materiales se presentan en la tabla 2.

Tabla 2.

Análisis microbiológicos realizados a diferentes materias primas.

MUESTRA	Mesófilos u.f.c / g**	Termófilos	Mohos	Levaduras
Aserrín	Entre 10^3 y 10^9	Hasta 10^6	Entre 10^2 y 10^7	Hasta 10^6
Gallinaza	Entre 10^7 y 10^{10} o más	Hasta 10^7 o más	Entre 10^4 y 10^7	Hasta 10^3
Cisco café	Hasta 10^7	Hasta 10^7	Hasta 10^4	Hasta 10^2
Desechos cosecha	Hasta 10^6	-	Hasta 10^6	Hasta 10^3
Restos de comidas	Hasta 10^6	Hasta 10^1	Hasta 10^6 o más	-
Equinaza	Hasta 10^6 o más	Hasta 10^6 o más	Hasta 10^3 o más	-
Mortalidad aves ***	Entre 10^7 y 10^9	-	Hasta 10^5	-

**u.f.c / g: Unidades Formadoras de Colonia por gramo.

*** Los datos corresponden a una muestra con 4 semanas de proceso de compostación, para una mezcla de gallinaza, aserrín, mortalidad de aves en una relación: 1 : 1 : 2 - : no se tienen datos.

Las poblaciones de microorganismos son adecuadas para iniciar procesos de compostaje. La presencia de mohos y levaduras en las materias primas son de gran importancia ya que los primeros descomponen lignina y celulosa y algunos producen antibióticos, mientras que algunas levaduras fijan nitrógeno atmosférico cuando no hay una fuente de nitrógeno fijada.

Dentro de los análisis microbiológicos realizados para detectar presencia de patógenos (tanto para los humanos como para plantas y animales), se han encontrado algunos como Salmonella, Staphylococcus aureus, E. coli, Fusarium oxysporum, Botrytis y Colletotrichum entre otros. De otro lado se han encontrado gran cantidad de bacterias y hongos saprofitos que no presentan patogenicidad como Bacillus sp, Mucor, Rhizopus, Penicillium, Trichoderma, levaduras, lactobacilos, actinomicetos y otros.

Durante el proceso de compostaje se presenta una gran competencia por el sustrato entre unos y otros. Al final del proceso se van a eliminar los primeros por la presencia de algunos factores: competencia con los microorganismos "benéficos", las altas temperaturas que se generan en dicho proceso y la producción de antibióticos y enzimas por parte de algunos (Penicillium, Streptomyces y Trichoderma).

Al final del proceso se ha encontrado que predominan las poblaciones de Mucor, Rhizopus, Penicillium, Trichoderma y Actinomicetos. Las poblaciones de patógenos se han reducido de manera considerable y en la mayoría de los casos se han eliminado. Las poblaciones de bacterias coliformes (totales y fecales) han pasado de > 2400 (inicio del proceso) a < de 1000 coliformes por gramo de muestra analizada. Salmonella ausente en 25 g de muestra, ausencia de Staphylococcus aureus coagulasa positiva y de los demás patógenos mencionados con anterioridad.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS

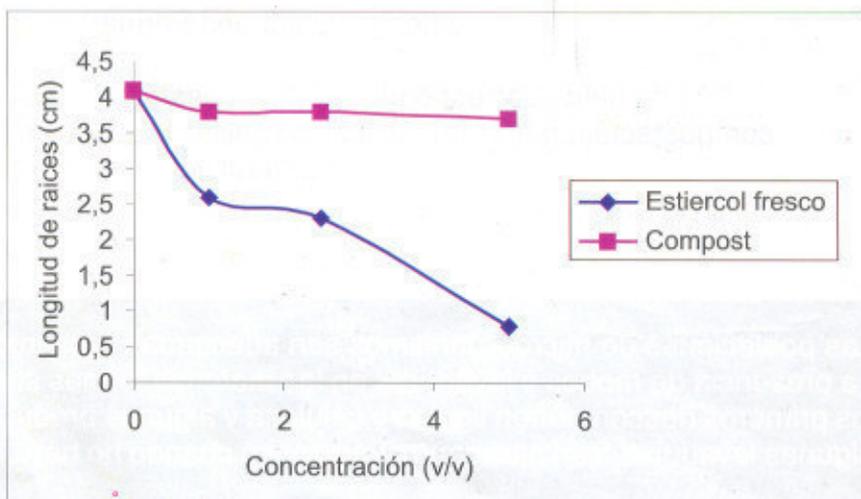
La gráfica 1 muestra el comportamiento de sustancias fitotóxicas que se pueden presentar en un estiércol que no ha sido sometido a ningún tipo de proceso (fresco) y en un compost.

FITOTOXICIDAD

Para evaluar la madurez relacionada con la estabilidad biológica de la materia orgánica (Blanco, 1997), se ha considerado que uno de los indicadores biológicos más importantes lo constituye el estudio de fitotoxicidad, expresado en la germinación de semillas (Bess, 1999), longitud de plántulas y raíces que hacen referencia a la evaluación de la fracción hidrosoluble 1 : 10 (Blanco, 1997; Pascual, 1997; Melgarejo, 1997).

Gráfica 1.

Comparación de la presencia de Fitotóxicos en la fracción hidrosoluble para estiércol y compost.





La presencia de sustancias fitotóxicas en un estiércol fresco, se manifiesta en la gráfica, como una disminución considerable en la longitud de las raíces comparada con un producto estabilizado (compost).

Un compost elaborado bajo condiciones adecuadas, debe ser un producto estable e inocuo para las plantas, no debe presentar sustancias de tipo fitotóxico que afecten factores importantes dentro de su crecimiento y desarrollo (germinación de semillas, tamaño de raíces y longitud de plántulas).

Si en el análisis fitotóxico de un compost se observa que alguno de estos factores no se asemeja a lo obtenido para el control, es evidente que es inmaduro y todavía contiene sustancias que van a afectar a la planta en alguna parte de su desarrollo. Por esto se considera el análisis fitotóxico como un parámetro para determinar la calidad de un compost.

La reciente encuesta realizada por las Corporaciones Regionales (Corantioquia, Corpourabá, Cornare) y Colanta, arrojó datos importantes que sirven para apoyar la necesidad de establecer procesos como el compostaje, que conlleven a un adecuado manejo de residuos sólidos en las explotaciones lecheras.

Algunos de estos datos, que se consideran de interés se describen a continuación:

Con respecto al manejo de residuos domésticos

Menos del 5% de los predios lecheros que manejan este tipo de residuos, realizan separación en la fuente. Un porcentaje muy bajo estaría en capacidad de llevar a cabo procesos de compostación de manera adecuada.

Teóricamente, el 5.8% de los predios realizan procesos de compostaje con sus residuos.

Con los residuos pecuarios

Teóricamente, el 6.3% de los predios realizan procesos de compostaje con sus residuos.

Cerca del 30% utilizan residuos pecuarios, sin ningún tratamiento, como abono.

Estos datos muestran claramente que las personas que poseen predios dedicados a la explotación lechera, no tienen un manejo adecuado de sus desechos domésticos y pecuarios y los que realizan separación en la fuente son muy pocos.

PARÁMETROS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA PRODUCIR COMPOST

El proceso de compostación se presenta como una alternativa interesante en el manejo de los desechos sólidos que se generan en muchas actividades y las variables a tener en cuenta para producir adecuadamente un compost son:

HUMEDAD

Para que el proceso se realice en condiciones óptimas, el porcentaje de humedad debe estar entre 40-60%. Teniendo en cuenta la humedad presente en algunos de los materiales de partida (principalmente los que aportarán el nitrógeno: estiércoles), se recomienda que los materiales con los que se hará la mezcla, sean lo más secos posibles, así se podrán ajustar los niveles de agua deseados.

AIREACIÓN

Debido a que los microorganismos involucrados en los procesos de biotransformación del compost son en su mayoría aerobios, la aireación es indispensable para lograr una rápida y eficiente transformación de esa mezcla inicial. Su frecuencia, ya sea aireación estática o dinámica, dependerá del contenido de humedad en la mezcla de partida.

Si hay exceso de humedad se disminuyen los espacios para que el aire pueda fluir y se presentará por lo tanto una compactación. Los sistemas de aireación pueden ir desde volteos periódicos mediante paleos, hasta sistemas de inyección o succión de aire.

RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO

Los nutrientes necesarios para que los microorganismos descomponedores lleven a cabo satisfactoriamente el proceso de transformación, deben estar en ciertas proporciones: se recomienda de 20 a 30 partes de Carbono por 1 de Nitrógeno. Si alguna de las materias utilizadas presenta deficiencias con respecto a esta relación, se pueden emplear mezclas con material vegetal.

TAMAÑO DE PARTÍCULA

Es importante que las materias primas a mezclar se sometan a un proceso de molienda antes de comenzar el proceso, ya que esto permite una buena aireación y una adecuada manipulación del material. De esta manera se obtiene una mayor superficie de exposición para que los microorganismos invadan y transformen más rápidamente el sustrato, ya que si el material no se fragmenta el proceso de degradación va a tomar mucho más tiempo.

La experiencia ha demostrado que no es necesario moler todo el material; es conveniente que algunas de las partículas sean de mayor tamaño que otras para que los espacios creados entre ellas permitan una buena aireación.

Sin embargo, dependiendo del fin (comercial o no) si se quiere obtener un producto con una buena apariencia y de fácil manipulación, se debe llevar a un tamaño de partícula de 1 cm o menos (GIEM, 2000).



Otros aspectos a tener en cuenta

Cuando se va a comenzar la conformación de las pilas se debe elegir un sitio con fácil acceso, con una superficie ligeramente inclinada y en lo posible que esté cubierto. Luego homogeneizar adecuadamente las materias primas, mezclándolas y dando volteos. Dichos volteos se seguirán durante todo el proceso para garantizar una mezcla bien homogénea.

CONSTRUCCIONES:

Pueden variar de acuerdo con el sistema elegido, pero algunas características son comunes a todos, principalmente el techo y conformación de las pilas.

El techo es conveniente porque la pila estará protegida del agua lluvia y no se afectará drásticamente la humedad inicial; si el material se deja sin ninguna protección, la lluvia aumentará considerablemente la humedad en la pila y el proceso se puede volver anaerobio.

La forma de las pilas dependerá del espacio disponible y de los volúmenes a trabajar. Con unos tipos de pilas se podrán manejar mayores volúmenes que con otras. Igual sucedería con los métodos de aireación que se piense utilizar (GIEM, 2000).

CALIDAD DEL COMPOST

Para determinar la calidad de un compost es necesario realizar una cinética a todo el proceso, es decir, desde que se mezclan las materias primas hasta obtener el producto. A medida que transcurre el tiempo de degradación de los materiales se van dando cambios en los valores de algunos parámetros o variables importantes del proceso, que indican que la materia orgánica va madurando y se va estabilizando.

Según estudios realizados por el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (2000), las variables involucradas en el seguimiento cinético son:

Variable	Importancia	Comportamiento cinético
Capacidad de Retención de Agua	Permite regular el balance hídrico y evita pérdida de nutrientes por lixiviación	El valor debe aumentar en función del tiempo.
Conductividad	Indica el nivel de iones en el suelo. Sus valores deben ser bajos de acuerdo a las materias primas.	Su tendencia es aumentar con respecto al valor inicial.
pH	La absorción de nutrientes está influida en gran parte por el pH del suelo.	Al finalizar el proceso tiende a la neutralidad.
Cenizas	Indican el porcentaje de sustancias inorgánicas no volátiles.	A medida que el tiempo transcurre deben aumentar.
Nitrógeno	Es un elemento mayor muy importante para vegetales.	Hay pérdidas al principio y se estabiliza al final.
Potasio	Otro elemento mayor importante para las plantas.	Debe permanecer constante.
Fósforo	De gran importancia igual que el N y K	Su valor puede aumentar considerando las pérdidas de materia orgánica.
Capacidad de Intercambio Catiónico	Las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa y a su vez "desabsorben" cantidades equivalentes de cationes para establecerse al final un equilibrio. El compost actúa como intercambiador de iones.	Su valor debe incrementarse en función del tiempo, ya que es una medida de la oxidación de la materia orgánica.
Carbono Orgánico	Inicialmente los valores deben ser altos.	Debe disminuir rápidamente al inicio del proceso.
Microbiológicos	Las poblaciones de patógenos deben disminuir considerablemente o desaparecer al final debido a la gran competencia de descomponedores.	Poblaciones altas al principio y luego se establecen una sucesión de diferentes tipos.
Enzimáticos	Concentraciones importantes de enzimas degradadoras: celulasas, ligninasas, proteasas, lipasas, amilasas, fosfatasas.	Disminuyen a medida que se agota el sustrato.
Fitotóxicos	Define si un compost es agrónomicamente adecuado.	Debe disminuir con el tiempo

CONCLUSIÓN

Con los materiales generados en las explotaciones pecuarias se pueden llevar a cabo satisfactoriamente procesos de compostación. Se han evaluado los compost producidos con ellos y han cumplido los parámetros de calidad establecidos para este tipo de productos desde el punto de vista físico, químico, microbiológico y fitotóxico.

De esta manera se ve cómo el compostaje se constituye en una alternativa interesante para manejar de manera adecuada y segura, la gran cantidad de residuos sólidos generados en esta y otras actividades agropecuarias.

Si se logra establecer ese cambio cultural entre los productores, para que se den cuenta de las ventajas que representa el manejo adecuado de sus residuos, se estará dando un paso importantísimo para solucionar, en gran medida, muchos de los problemas generados en esa actividad, tanto desde el punto de vista ambiental, como de la salud humana. Todo esto conllevaría a la obtención de productos de mejor calidad, a la recuperación de suelos y por ende al mejoramiento en la calidad de vida de la gente.

BIBLIOGRAFÍA

- BESS, V. Evaluating microbiology of compost. *Biocycle*. Mayo: 62-64. 1999.
- BLANCO, M.J. Y ALMENDROS, G. Chemical transformation, phytotoxicity and nutrient availability in progressive composting stages of wheat straw. *Plant and Soil* (196): 15-25. 1997.
- CANTER, L. W. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. Segunda edición, Madrid 1998. 841 p.
- COMPOSTING SOURCE Source Separated Organics. Edited by The Staff of *Biocycle Journal of Composting and recycling*. The JG Press, Inc. Pennsylvania, 1994. 286 p.
- EWIS, J.B. *Principios de Biorrecuperación*. Mc Graw Hill. Madrid 1999. 327 p.
- GOMEZ, J. *La Materia Orgánica*. Santiago de Cali. Mayo 2000. 70 p.
- GOMEZ, J. *Abonos Orgánicos*. Santiago de Cali. Mayo 2000. 107 p.
- GOMEZ, L. C. Abonos Orgánicos. *Revista Despertar Lechero*. N°18. Medellín, enero 2001. p. 94-105.
- GRUPO INTERDISCIPLINARIO de Estudios Moleculares GIEM y Federación Nacional de Avicultores FENAVI. *Producción de Compost en la Industria Avícola*. Cuadernos Avícolas N°11. Bogotá, noviembre 2000. 32 p.
- MELGAREJO, M.R., M.I. BALLESTEROS, M. Bendeck evaluación de algunos parámetros físico-químicos y nutricionales en humus de lombriz y compost derivados de diferentes sustratos. En: *Revista Colombiana de Química*. 26 (2): 11-18. 1999.
- MORRIS, L. *Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos*. Mc Graw Hill. 1998. España. 338 p.
- RAMIREZ, D. R. y CERON, J. M. Hacia una producción más limpia en las fincas lecheras - primera parte. En: *Revista Despertar Lechero* N°17 enero 2000, p. 100-108.
- RAMÍREZ, D. R. y CERON, J. M. Hacia una producción más limpia en las fincas lecheras - segunda parte. En: *Revista Despertar Lechero* N°18 enero 2001, p. 127-136.
- SIMPSON, K. *Abonos y Estiércoles*. Madrid: Acribia, 1991. 273.
- VILLA, G. y Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares. *Compostación en Plantas de Incubación*. Parte 1. En: *Revista Avicultores*, No.71. (Feb. 2001); p. 30-33.