

**USO DEL CONTENIDO RUMINAL Y ALGUNOS RESIDUOS  
DE LA INDUSTRIA CÁRNICA EN LA ELABORACIÓN DE  
COMPOSTA**

**[USE OF RUMEN CONTENT AND RESIDUES FROM THE  
MEAT INDUSTRY FOR COMPOST MAKING]**

**L.A. Uicab-Brito, C.A. Sandoval Castro**

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Yucatán,  
Apdo. 4-116 Mérida, Yucatán, 97100 México.*

**RESUMEN**

La generación de los desechos orgánicos es una problemática ambiental mundial, y en especial los que se generan en la industria cárnica, ya que al haber una mezcla de los mismos en los efluentes de los rastros la carga orgánica es demasiada y la problemática es mayor, siendo casi nulos el manejo y aprovechamiento. Lejos de ver a los desechos como un contaminante, estos pueden tener una amplia aplicación desde la elaboración de compostas, hasta la alimentación animal. Se describen las tecnologías para el manejo de los desechos de los rastros en especial del contenido ruminal, especialmente enfocado a la elaboración de composta, pero cubriendo también la elaboración de diversos tipos de harinas y piensos con miras a la alimentación animal. En la mayoría de los casos el desarrollo de estas tecnologías se ha quedado en simples demostraciones, porque la normatividad Mexicana no ha sido adecuada suficientemente para cubrir todas sus posibles aplicaciones.

**Palabras clave:** Mataderos, contenido ruminal, composta, suplemento alimenticio.

**INTRODUCCIÓN**

Actualmente la generación de los desechos orgánicos es uno de los principales causantes de contaminación ambiental en muchos países, incluido México, ya que se producen en grandes volúmenes y se acumulan en espacios inadecuados. De acuerdo con Sparling *et al* (1994) sólo el 75% de la basura es colectada para depositarla en rellenos sanitarios y tiraderos, mientras que el 25% restante no es colectada. La generación de los desechos es mayor de la que se procesa, debido a una gran deficiencia en el manejo de los mismos (Sauri, 1997).

Por otra parte, en muchos países las empresas que conforman la industria cárnica y, en especial, los mataderos, se han clasificado dentro del grupo de empresas que presentan una alternativa valiosa de recursos proteínicos para la alimentación animal, por

**SUMMARY**

The generation of organic waste is environmental problem worldwide. The residues from the meat industry are a particular problem because the effluents are mixed and their high organic matter content, resulting in very low management and utilization practices. Instead of looking these by-products as pollutants, they might be seen as inputs for a wide range of uses from compost making to animal feeding. The technologies for management and use of these residues is described, with special emphasis on compost making, but also covering the manufacturing of products to be use as animal feeds. In the vast majority of cases these technologies stand as scientific demonstrations because Mexican legislation has not been amended to cover the wide range of possible application of this type of products.

**Key words:** Slaughterhouses, rumen content residues, compost, feedstuffs.

medio de los desechos comestibles que se producen en estos lugares. Un uso adecuado de estos desechos, no solamente redundará en beneficio de la producción pecuaria, sino que también contribuirá a mejorar la protección al ambiente, ya que se evitarían que desechos tales como la sangre y el contenido ruminal, sean vertidos a los arroyos y ríos sin ninguna consideración sanitaria previa (Falla-Cabrera, 1995).

El contenido ruminal es uno de los contaminantes con mayor impacto ambiental ya que produce una alta carga orgánica en los efluentes de los rastros que por su forma de depósito llegan a fosas sépticas, basureros municipales y aguas residuales fomentando la contaminación, sin embargo, el contenido ruminal en lugar de ser visto como un contaminante, es una fuente valiosa de nutrimentos cuando se incorpora a las dietas de animales, ya que representa el alimento no digerido ingerido por los poligástricos, además

posee una gran cantidad microbiana que puede ser benéfico para el suelo si se pretende el uso del CR como abono. (Domínguez y Barajas, 1993; Ayala y Perea, 2000).

Atendiendo a la demanda en la generación de los desechos de mataderos, en algunos casos se ha logrado disminuir la generación de los desperdicios mediante una mayor eficiencia en el proceso de transformación de bienes y servicios, en ocasiones no es posible hacerlo sin generar altos costos; por lo cual, es necesario optar por una estrategia o tecnología diferente en el manejo de los residuos generados, que sea orientada hacia la economía y simplificación de los procesos, con esto los países en desarrollo se han orientado hacia la implantación de tecnologías intermedias que, a la larga, buscan economizar y simplificar los procesos de utilización de los desechos, y una de las tecnologías más estudiadas y por lo tanto la más empleada en el manejo de los desechos es el composteo que consiste en la degradación progresiva de los desechos hasta un grado tal de ser reincorporados al suelo para contribuir en el enriquecimiento de nutrientes del mismo (Mejía-Sánchez, 1995; Fernández *et al.*, 1998).

Como nos hemos dado cuenta, el estado actual en el giro industrial de rastros está caracterizado por la escasez de datos y parámetros que permitan diagnosticar las causas de la contaminación ambiental, por lo que es necesario desarrollar una estrategia general con base en estudios e investigaciones, para mejorar la eficiencia de los procesos productivos en los rastros, debido a esto en el presente trabajo, se presenta de modo general, la utilización de los desechos de matadero, en especial el contenido ruminal (CR), para la obtención de un producto denominado composta, empleado en el abonado de suelos, con base a esta remarcación de las tecnologías de utilización de residuos de mataderos se hace hincapié a la gran problemática que ahora nos compete como es la contaminación ambiental

**Generación de residuos**

Con base a lo anterior, podemos hacer notar que todos los sectores productivos generan residuos propios de su sistema, que en algunos casos tienen alguna aplicación, sin embargo, en la mayoría de los casos esta aplicación no existe, por lo que, en el cuadro 1 se presentan algunos ejemplos de residuos y su aprovechamiento potencial.

Cuadro 1. Generación de residuos por diferentes actividades o industrias.

<b>Actividad generadora</b>	<b>Materiales de desperdicio</b>	<b>Usos del o los desperdicios</b>
Agropecuaria	<p>Origen vegetal: restos de cosechas, cultivos, tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas y frutos.</p> <p>Origen animal: excretas sólidas y semisólidas, líquidos purines, desechos de matanza, cadáveres, sobrantes de suero y leche.</p>	<p>Compostas, reciclado natural en el suelo.</p> <p>Los residuos animales como complemento en compostas.</p>
Industria frigorífica (rastros) y Láctea	<p>Excretas, pieles, cuernos, vísceras, CR, pelos, plumas, sangre y huesos. Derivados del suero de manteca y quesería</p>	<p>Alimento animal, productos químicos, harina de sangre, producción de cárnicos (vísceras), o harinas (hígado y carnes), silo de vísceras de sangre y CR (SVC). Alimentación animal directa o como complemento de raciones. Se propone la producción de composta</p>
Industria cerealera	Pajas, rastrojos y cáscaras.	Alimento para consumo humano o forrajes para animales.

Este cuadro se construyó con base en los datos aportados por Domínguez y Barajas, 1993; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-Cabrera, 1995; Sztern y Pravia, 2001.

Del total de residuos orgánicos, con respecto a su uso poco se ha avanzado, ya que su manejo es difícil al estar mezclado con otros materiales (Sauri *et al.*, 1995; Sauri, 1997; Sztern y Pravia, 2001). Sin embargo, uno de los procesos que más se emplea en el tratamiento de estos residuos es el compostaje, ya que este proceso no solo elimina al desecho sino que del mismo modo se puede producir un material útil como abono para la tierra (Sauri *et al.*, 1995; Sauri, 1997; Ayala y Perea, 2000; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000).

### Utilización de los residuos orgánicos

La recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos en insumos útiles es una opción que surge con el diagnóstico de la problemática ambiental de cada sector, por lo que las alternativas seleccionadas, deben ser adecuadas técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente. Sobre estas bases es posible validar, adecuar y promover tecnologías de alternativa que representen una solución efectiva y ajustada a cada realidad, puntos que puede cumplir el proceso de composteo (Domínguez y Barajas, 1993; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Taigénides, 1995; Falla-Cabrera, 1995; Sztern y Pravia, 2001). No obstante, las principales alternativas que se han manejado con mayor o menor resultado para la reutilización y/o reconversión de los residuos son: residuos utilizados como fuente de alimento animal, como fuente energética y como fuente de producción de abonos (Menessier y López, 1990; Mejía-Sánchez, 1995; Sauri, 1997; Roe, 1998a; Kim *et al.*, 2000; Ortega, 2000).

En la utilización de los residuos como fuente de alimento animal, los principales residuos utilizados provienen de la actividad agroindustrial, produciéndose en grandes cantidades y diversidades, los cuales son susceptibles de ser transformados en forrajes para animales (Silva-Ramírez, 1983). Mientras que otros residuos generados en la industria de frutas y legumbres, cerealera, láctea y azucarera pueden ser utilizados en forma directa como alimento animal (Cárdenas-Torres, 1982; Arias-Galvis, 1987). Otros, como es el caso de la melaza se emplea en la preparación de ensilados (Domínguez y Barajas, 1993; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-Cabrera, 1995).

Por otra parte, la segunda alternativa de utilización de los desechos, consiste en la degradación artificial de macromoléculas rompiendo los enlaces, con lo cual es posible liberar la energía química del enlace para algún uso posible, sin embargo, en la mayoría de los casos los costos son muy elevados y se opta por alguna de las otras dos alternativas o en su defecto

ninguna (Kolb, 1979; Cetina, 1987; Sparlin *et al.*, 1994; Kim *et al.*, 2000).

La tercera alternativa es la utilización de los residuos orgánicos como materia prima para la producción de abonos orgánicos, en donde Labrador-Moreno (1996), indica que la aplicación de estiércoles y orines es una práctica tradicional de abonado orgánico coincidiendo con Díaz-García *et al.* (1999). En esta categoría se pueden incluir los *abonos verdes* (Infroagro, 2001). En la mayoría de los casos la incorporación al suelo de residuos orgánicos tiene un efecto benéfico sobre la estructura y fertilidad de los suelos, sin embargo, el efecto puede ser adverso cuando incorporamos residuos orgánicos frescos o en proceso incipiente de biodegradación (Saña y Soliva, 1987; Trejo-Vazquez, 1996; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001). Parece entonces razonable, que para aprovechar el potencial que los desechos orgánicos tienen como abonos, deben pasar por un proceso previo antes de su integración al suelo, de forma tal que, el material que se aporte, haya transcurrido por los procesos más enérgicos de mineralización, con lo cual debe de presentar la forma más estable posible desde el punto de vista de la biodegradación, y de esta manera presentar a los macro y micronutrientes en las formas más asimilables posibles para los productores primarios (Golueke, 1982; Sánchez, 1994; Rainbault, 1998; Reines-Álvarez, *et al.* 1998; Rivera *et al.*, 1998; Roe, 1998b; Rivero, *et al.* 2001).

Unas de las técnicas que permite la biodegradación controlada de la materia orgánica previa a su integración al suelo es el compostaje y el producto final es conocido como Compost o composta (Sandoval y Stuardo, 1998; Bass y Bilderback, 1990; Golueke and Díaz, 1990; Corlay *et al.*, 1991; Leal, 1995; Taigenides, 1995).

Con respecto a lo anterior, es necesario contar con los procedimientos técnicos que permitan la transformación de la energía compatible con los equipamientos existentes (Sparlin *et al.*, 1994), en donde Corlay *et al.*, (1991), los clasifica en dos grandes grupos: los de vía seca y los de vía húmeda. Los primeros se basan en la transformación de los materiales a altas temperaturas: combustión directa, carbonización, pirrólisis, gasificación (Candelas y Ramírez, 1990). Por otra parte, los de vía húmeda realizan la transformación en el medio acuoso mediados por microorganismos, en donde destaca la biodigestión anaerobia y la fermentación alcohólica (Young, 1986).

En la biodigestión anaerobia, el proceso es mesófilo, obteniendo al final una mezcla gaseosa conocida como biogás (compuesta de un 50 a 60% de gas metano y un 30% de dióxido de carbono), además se obtiene un lodo residual como fertilizante enriquecido

y un sobrenadante rico en nutrientes (Young, 1986; Candelas y Ramírez, 1990; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000). Por otro lado, la fermentación alcohólica es un proceso bioquímico mediado por levaduras que degradan los azúcares fermentables, en donde el producto final es el etanol, obtenido por destilación, pudiendo utilizarse como sustituto de la gasolina o en mezclas de alcohol-nafta (hasta un 20% de alcohol), sin requerir adaptaciones en los motores (Sparlin, *et al.*, 1994; Szttern y Pravia, 2001).

### Composteo

#### Características del proceso

Para incrementar el valor económico y nutritivo de los desechos orgánicos se requiere convertirlos en productos que tengan alguna aplicación, uno de los métodos por los cuales se puede obtener productos o subproductos de los desechos orgánicos como se mencionó con anterioridad, y tal vez el más estudiado es el composteo, en dicho proceso se realiza una descomposición de los desechos orgánicos y consiste en la transformación progresiva de un recurso, hasta la mineralización total de los materiales (Figura 1) (Labrador-Moreno, 1996; Goin, 1998; Noriega-Altamirano y Altamirano-Pérez, 2001).

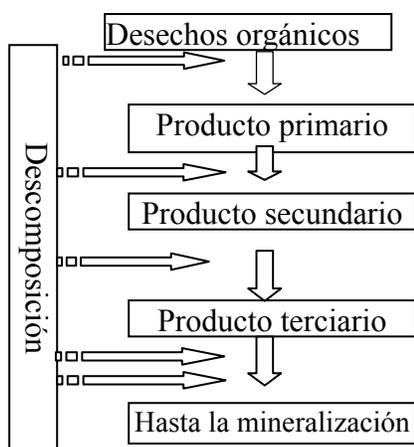


Figura 1. Descomposición de los residuos.

En términos generales, el compostaje se puede definir como una biotécnica donde pueden participar lombrices, insectos, microorganismos entre otros, para poder obtener un producto inocuo, químicamente estable, con uso como mejorador de suelos, ya que puede incrementar su fertilidad y productividad del mismo, con base a lo anterior es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica, considerando que es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los

materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales del proceso dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de ciertos metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos (Reganold *et al.*, 1987; Ayuso *et al.*, 1992; León *et al.*, 1992; Keeling *et al.*, 1994; Jhonson, 1996; Roe, 1998b; Buentella, 1999).

En una Unidad de compostaje (UC), se dan procesos de fermentación en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo deseable es que prevalezca un metabolismo aerobio, tratando de minimizar los procesos anaerobios, ya que los productos finales de este tipo de metabolismo no son adecuados para su aplicación agronómica y conducen a la pérdida de nutrimentos. Lo importante no es biodegradar, sino poder conducir la biodegradación por rutas metabólicas, permitiendo la obtención de un producto final lo más apropiado posible para su uso como abono, en el menor tiempo posible (Riggle, 1993; Fitzpatrick, 1998, Medina-Moreno *et al.*, 1999).

En años anteriores se han empleado varios procedimientos para producir composta generándose numerosas publicaciones de divulgación con diferentes enfoques, debido principalmente al desconocimiento de los mecanismos íntimos del proceso, sin embargo, en la actualidad se conoce la base científica de este proceso, y se lleva a cabo de una forma controlada (Moya-Portuguez *et al.*, 1990; Ozores-hampton, 1998; Madrid y Castellanos, 1999), logrando la mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso tales como la composición y naturaleza química del residuo, humedad, relación C/N, aireación, temperatura, pH, y otros (Poincelot, 1975; Golueke and Diaz, 1990). Las técnicas empleadas en el proceso tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas, conocido como composta (Fig. 2) (Corlay *et al.*, 1991; Gouleke and Diaz, 1990; López, 1990; Fricke and Vougtmann, 1993; Churchill, 1995; Tseng *et al.*, 1995; Marchoil *et al.*, 1999). De este modo la producción de la composta depende de la actividad enzimática de los organismos en los residuos, al igual de la fauna edáfica que pudiera interactuar con los mismos, por lo que el proceso es afectado por todos aquellos factores que modifican la actividad biológica (Ferruzi, 1994; Rivera *et al.*, 1998).

En algunas plantas de composta utilizan la separación mecánica de los residuos, el molido y otra separación

por diversos procedimientos como el cribado o el magnético, entre los más usuales (Mejía-Sánchez, 1995). Cuando la materia inerte es plástico la separación es manual; al igual en todas las plantas de composteo, se recoge una fracción llamada rechazo, (parte no recuperable, vidrio pulverizado y trozos de plástico mezclados con materia orgánica, entre otros); la cantidad de rechazo aumenta cuando se requiere de una mejor calidad del abono (Moya-Portuguez *et al.*, 1990; Ortega, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

Con respecto a la fermentación empleada en el proceso puede ser lenta al aire libre y fermentación acelerada, en cámaras cerradas entre las más usuales. En la fermentación lenta con base al sistema de aireación se distinguen tres métodos: de volteo, ventilación natural y ventilación forzada. Por otra parte, en la fermentación acelerada, la técnica más conocida es la DANO (Mejía-Sánchez, 1995, Trejo-Vásquez, 1996; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

En algunas ocasiones se utiliza la fermentación en superficie consistente en adicionar los residuos sin madurar en el suelo. De la misma manera, actualmente se ha utilizado la fermentación de basuras mezcladas con lodos de depuradoras, sin embargo, el producto obtenido no es viable agrónomicamente por la posible presencia de metales pesados en los lodos (Gutiérrez *et al.*, 1999; Pool-Novelo *et al.*, 2000; Ye *et al.*, 2000).

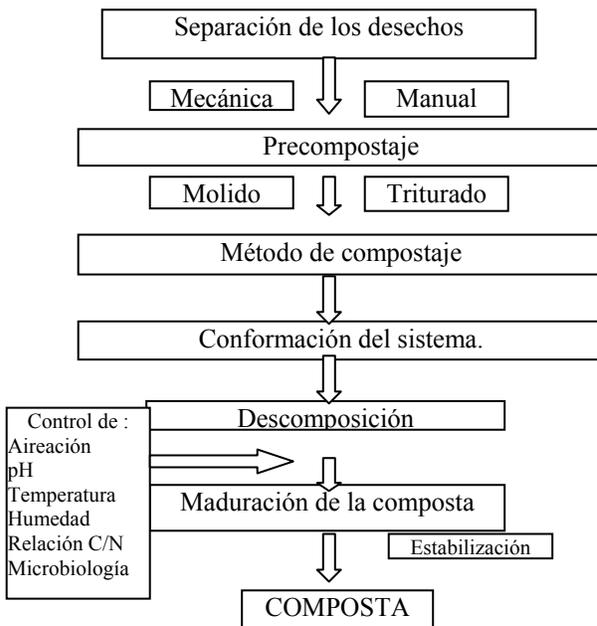


Figura 2. Principales pasos del proceso de composteo.

Los materiales orgánicos que pueden ser transformados son: basuras urbanas, porciones sólidas y escurrimientos de estiércoles (vacuno, porcino, caprino, canino, entre otros), camas de aves, lodos del sistema de alcantarillado, diversos residuos vegetales y las mezclas en diversas porciones de algunos de los mencionados con anterioridad, al igual desechos de hospitales (Corlay *et al.*, 1991; León *et al.*, 1992; Quintal y Cetina, 1993; Jhonson, 1996; Karmegan, 1999).

Por otra parte muchos de los residuos orgánicos sirven de sustrato para la cría de lombrices utilizadas como alimento para aves, peces y cerdos, uno de estos casos es *Eisenia foetida* (Lumbricidae) utilizada como sustituto de harinas de carne comercial en la alimentación de cerdos y pollos, por los elevados niveles de proteína (58-71%), con altos contenidos de aminoácidos (Corlay *et al.*, 1991; Ferruzi, 1994; Capistran *et al.*, 1999).

La micro y macrofauna en el proceso de degradación de residuos orgánicos ha sido poco estudiada; uno de los grupos de organismos más utilizados son los lumbrícidos ya que por su ecología, y debido a que su ciclo de vida lo pasa en el suelo, además puede vivir en cautiverio según León *et al.*, (1992) 15 años en promedio, a diferencia estos, algunos insectos estudiados solamente parte de su ciclo de vida son habitantes del suelo (estado larval) tal es el caso de la mosca domestica (*Musca domestica*), ya que según estudios de Füsell y Paitan (1997) hechos en estiércoles de cerdo encontraron que las larvas de la mosca son importantes degradadores de la materia orgánica (Manrique-Saide y Delfin-González, 1997). Por otra parte, los microorganismos son el grupo más importante en el sistema de composteo, ya que se encargan de desdoblar el material orgánico e incorporarlo al suelo, por lo que para su desarrollo y actividad dependen de las condiciones y tipo de sustrato que se les proporcione (Poincelot, 1975; Golueke and Díaz, 1990, Nissant, 1995; Reines-Álvarez *et al.*, 1998; Rodríguez-Salinas y Rojas 2000).

#### Descripción del proceso

El proceso de composteo se caracteriza por los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos, respectivamente. Las temperaturas elevadas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las UC y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos incluidos en el proceso. En una UC se distinguen dos regiones o zonas: una Zona central o núcleo de compostaje: que presenta los cambios térmicos más

evidentes, y la corteza o zona cortical zona que rodea al núcleo, en donde su espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados (Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia 2001).

Con base en los criterios de las temperaturas alcanzadas en el núcleo, se diferencian las siguientes etapas en el proceso:

**Etapas de latencia**, presente desde la conformación de la UC hasta el incremento de temperatura, Sztern y Pravia (2001) mencionan que a una temperatura ambiente de 10 y 12 °C, esta etapa puede durar de 24 a 72 hrs.

**Etapas mesotérmica (10-40°C):** presencia de fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concordancia con respiraciones aeróbicas, en condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), importantes en la producción de antibióticos.

**Etapas termogénica 1 (40-75°C):** se sustituye a la microflora mesófila por la termófila, por la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos. Por lo general, se eliminan todos los organismos mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables.

**Etapas mesotérmica 2:** con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los organismos termófilos, desciende la temperatura. En el momento en que la temperatura es igual a 40°C o inferior, se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que degradaran los materiales más resistentes, tales como la celulosa y lignina, etapa conocida como maduración, que se caracteriza por un descenso paulatino de la temperatura hasta presentar valores muy cercanos a la temperatura ambiente, con esto se considera al material biológicamente estable y se da por culminado el proceso (Mejía-Sánchez, 1995, Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

#### *Características del residuo a compostar*

Son todos aquellos factores relevantes de los residuos, que inciden en forma directa en la evolución del proceso y en la calidad del producto final.

**Relación Carbono-Nitrógeno (C/N).** El Carbono fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno necesario para la síntesis proteica. La relación adecuada de estos nutrientes, favorece el crecimiento y la reproducción de los microorganismos en el proceso, por lo que, Poincelot (1975) y, Sztern y Pravia (2001) coinciden que una relación C/N óptima de entrada de material a

compostar es de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, (C/N=25); sin embargo, la mayoría de los autores mencionan que la relación C/N inicial puede situarse en un rango de 20 a 30, por lo tanto, si la relación C/N es de 10 el N es mayor, de lo contrario, si la relación es de 40 el material tiene más Carbono, entonces la biodegradación de material a compostar requerirá un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Por otra parte, si la relación es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno (Corlay et al., 1991; Gouleke and Díaz, 1990; López, 1990; Fricke and Vougtmann, 1993; Churchill, 1995; Tseng *et al.*, 1995; Marchoil *et al.*, 1999; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Rivero *et al.*, 2001).

Los residuos de origen vegetal, presentan por lo general una relación C/N elevada, en contraparte con los de origen animal que la relación es relativamente baja (Cuadro 2). Cuando se dispone a compostar estos residuos en la mayoría de los casos se realizan mezclas con otros materiales para lograr una relación de C/N apropiada. El proceso es conocido como Balance de Nutrientes, en donde por lo general se utilizan medidas volumétricas (m<sup>3</sup>) (Golueke and Díaz, 1990; Sztern y Pravia, 2001).

Cuadro 2. Relación de C/N de algunos residuos (Base seca).

Materiales	C%	N%	C/N
Aserines	40	0.1	400
Podas, tallos, maíz	45	0.3	150
Paja de caña	40	0.5	80
Hojas de árboles	40	1	40
Estiércol de equino	15	0.5	30
Estiércol ovino	16	0.8	20
Heno	40	2	20
Estiércol bovino	7	0.5	15
Estiércol porcino	8	0.7	12
Estiércol de gallina	15	1.5	10
Harina de sangre	35	15	2

**Estructura y Tamaño.** Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por Ej.: excretas), otros son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general. En este caso la superficie de contacto entre el microorganismo y los desechos es pobre (Golueke and Díaz, 1990, Reines-Álvarez *et al.*, 1998; Rodríguez-Salinas y Rojas 2000; Sztern y Pravia, 2001).

Cuando se tiene una situación similar a la mencionada en el párrafo anterior, se deben de realizar las correcciones necesarias según el caso, por ejemplo, mezclar residuos de diferente estabilidad estructural, usualmente en esta corrección se utiliza la mezcla de restos de podas con excretas, si no se cuenta con las excretas para lograr un tamaño adecuado de los residuos se utilizan alternativas como el triturado o molido para obtener un diámetro promedio máximo de partículas de 20 mm que repercute en la biodisponibilidad y tiempo de compostaje (Tc) en comparación con partículas mayores a 80 mm (Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000).

**Humedad.** El contenido en humedad de los residuos orgánicos frescos es variable, tal es el caso de la excretas y estiércoles, donde el contenido en humedad está íntimamente relacionado con la dieta (Annison y Dyfed, 1966; Islam *et al.*, 2000). Cuando la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50%, necesariamente se debe buscar la forma de reducir humedad, lo cual se logra extendiendo el material en capas delgadas (pérdida de humedad por evaporación natural), o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener la relación C/N adecuada de inicio. El rango de humedad adecuada para una biodegradación aeróbica es muy cambiante según el autor, sin embargo, la mayoría sitúa a este rango en el orden del 15 al 35 %, incluso del 40 al 60 %, si se puede mantener una buena aireación. Humedades superiores producirían anaerobiosis; pero una humedad menor al 10%, reducirá la actividad biológica y el proceso se haría extremadamente lento (Clarke and Baeachop, 1977; Cetina, 1987; Sztern y Pravia, 2001).

**pH.** El rango de pH tolerado por las bacterias es amplio, sin embargo, el pH cercano al neutro (pH 6.5-7.5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos (Clarke and Baeachop, 1977; Kim *et al.*, 2000); valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos, de la misma manera a pH 9 (alcalinos) inhiben el crecimiento bacteriano. En el proceso de compostaje se produce una variación natural del pH, necesaria en el proceso y va acompañada por una sucesión de microorganismos (Corlay *et al.*, 1991; Gouleke and Díaz, 1990; Churchill, 1995; Tseng *et al.*, Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Rivero *et al.*, 2001).

**Aireación.** Al igual que la relación C/N es de los principales parámetros a controlar en el proceso de Compostaje. Con una baja aireación la concentración de oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), dando paso a fermentaciones y respiraciones anaeróbicas, que despiden olores nauseabundos,

como resultado del proceso en curso, en donde la degradación es por la vía de putrefacción. De la misma manera se da un olor a Amoníaco. En una UC con una adecuada relación C/N, la anaerobiosis es consecuencia del exceso de humedad o bien de la compactación excesiva del material (López, 1990; Mejía-Sánchez, 1995; Jonson, 1996; Roe, 1998a; Roe, 1998b).

**Microbiológico.** En el proceso de composteo unos organismos van sustituyendo a otros, produciendo de esta manera la riqueza en microorganismos favorables para las tierras y la ausencia de los patógenos, con lo cual se determina la calidad biológica del abono final. Si en el proceso se presentan las temperaturas deseadas, la UC se habrá pasteurizado y se eliminarán los patógenos para personas, animales y plantas, esto se logra según Poincelot (1975) con una temperatura homogénea y no excesivamente continua de 60 °C (Cuadro 3). Si la humedad es suficiente, las semillas contenidas en los residuos germinaran y morirán al subir la temperatura a 60°C.

Cuadro 3. Muerte de algunos organismos microscópicos en función de la temperatura y el tiempo de exposición.

Organismos	Tiempo	Temperatura (°C)
<i>Salmonella typhosa</i>	30 min	55 – 60
<i>Salmonella sp</i>	1 h	55
<i>Shigella sp</i>	1 h	55
<i>Escherichia coli</i>	20 min	60
	1 h	55
<i>Estamoeba histolytica</i>	pocos min	45
<i>Taenia saginaria</i>	pocos min	55
<i>Trichinella spiralis</i>	Instantánea	60
<i>Streptococcus pyrogenes</i>	10 min	55

Con esto podemos decir que una composta es madura en el momento en que prácticamente la fermentación está paralizada, considerando al producto estable. Existen varios métodos para comprobar la madurez; uno ya mencionado es la estabilidad de los valores de la relación C/N. Otra forma es comprobar la estabilidad y la temperatura introduciendo a la composta en una cámara aislada térmicamente: si la temperatura se eleva, es un indicio de que continúan los procesos de fermentación. Existen otros métodos como pruebas de germinación, demanda de oxígeno, morfocromatografía, entre otros (Cuadro 4).

Por otro lado, la finalización del proceso desde el punto de vista microbiológico se caracteriza por la

baja actividad metabólica (Mejía-Sánchez, 1995; Roe, 1998a; Roe, 1998b).

Las características descritas, corresponden a una composta en condición de estabilidad, lo cual se diagnostica por diversos parámetros (Cuadro 4). Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otros se deben de determinar en laboratorio (Poincelot, 1975; Golueke, 1982; Golueke and Díaz, 1990; Leal, 1995; Donald, 1998; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

No debemos pasar por alto algunas actividades previas (Precompostaje) que tenderían a optimizar el proceso. Estas actividades se refieren al Balance de nutrientes (corrección de la relación C/N), Corrección del pH, Triturado, Molienda, por otra parte, algunos residuos, que presentan poca masa microbiana, frecuente en residuos frescos de origen agroindustrial sometidos en el proceso industrial a altas temperaturas; requieren de una inoculación (Técnicas de Bioaugmentación) para aumentar la carga inicial de microorganismos. Se pueden utilizar varias fuentes de inóculos, algunas ampliamente probadas son: Inóculo con suelo fértil, inóculo por trasplante e inóculo con caldo de cultivo, los dos primeros casos son recomendados en residuos con exceso de humedad y el último para residuos con poca humedad (Mejía-Sánchez, 1995; Jhonson, 1996; Rodríguez-Salinas y Rojas; 2000; Sztern y Pravia, 2001).

Cuadro 4. Algunos parámetros de control de estabilidad de la composta.

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	sin olor desagradable
PH	alcalino (anaeróbico. 55°C,24 hrs)
C/N	> = 20
Nº de termófilos	decreciente a estable
Respiración	0 <10 mg/g compost
Media	0 <7.5 mg/g compost
CIC	>60 meq./100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose - estable
Polisacáridos	<30-50 mg glucidos/g peso seco
Reducción de azúcares	35%
Germinación	<8
Nemátodos	Ausentes

**Proceso de refinación.** En el proceso de compostaje no todo el material se biodegrada con la misma velocidad, ya que muchos materiales requieren por su estructura física y composición química mayores

tiempos para perder su morfología inicial, por lo cual, usualmente en la composta, se presentan restos de materiales en distintas etapas de biodegradación, mas aun cuando se compostan residuos heterogéneos (Mejía-Sánchez, 1995; Jhonson, 1996; Trejo-Vázquez; 1996).

Por otra parte, para obtener una composta agronómicamente utilizable, debe tener una granulometría adecuada y estar libre de elementos orgánicos o inorgánicos que dificulten su aplicación, para lo cual existen alternativas como: la separación balística, centrifuga, o cribado (granulométrica). Las cribas o tamices, pueden ser vibratorios o de rotación. El número de malla de la criba dependerá de la granulometría que se desea obtener, no obstante para uso agrícola se recomiendan mallas de 1 cm x 1 cm (Chang y Ribble, 1975; Mejía-Sánchez, 1995; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

Finalizado el tiempo de composteo (TC), es conveniente extender el material compostado en capas no superiores a los 30 cm., favoreciendo la pérdida de humedad para el refine posterior. En este proceso se da un rechazo, dependiendo del residuo utilizado y de la granulometría que se desea obtener, el cual se sitúa entre un 5 y 20%. En referencia a lo anterior los residuos de origen agrícola y agroindustrial, con la granulometría indicada se estima un rechazo promedio del 6%, por otra parte en la composta producida a partir de la fracción orgánica recuperada de residuos sólidos urbanos (RSU), el rechazo se sitúa cercano al 20% (Chang y Ribble, 1975; Sztern y Pravia, 2001). Según Ortega (2000), si el rechazo es exclusivamente orgánico, se puede ingresar de nuevo al sistema.

**Rendimientos.** En términos generales, en el proceso se produce una pérdida del 6 al 10% del volumen inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y a la manipulación del material. A esta merma, se le debe adicionar la producida por los procesos de refinación (Sztern y Pravia, 2001).

**Acopio y Empaque.** Finalizado el proceso de Compostaje y su refinación, es conveniente guardar el material bajo techo. De no contar con la infraestructura necesaria, una alternativa es cubrir la composta con materiales impermeables (polietileno). Con referencia al empaque, son muchas las alternativas hoy disponibles que aseguran el mantenimiento de la calidad del producto, por lo cual se debe de evitar, el empleo de bolsas o recipientes que hayan contenido alguna sustancia química (Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

### *Sistemas de compostaje*

Sztern y Pravia (2001) mencionan la existencia de varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es además de transformar los residuos en composta, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas), entre los sistemas mas utilizados podemos mencionar los siguientes.

**Sistema en Camellones o Parvas.** Parvas, camellones, pilas o UC se denomina a la masa de residuos en compostaje cuando presenta una morfología y dimensiones determinadas. Al grupo de estas estructuras donde se procesa el material se le denomina Sistema en Parvas o Camellones, que de acuerdo al método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en Sistemas Móviles, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconformación de las UC y Sistema Estático cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas o canchas de compostaje (métodos Beltsville y Rutgers), que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las parvas (Trejo-Vásquez, 1996; Sztern y Pravia, 2001).

**Sistema en Reactores.** Otros procesos de compostaje, no se basan en la conformación de UC, y los residuos orgánicos se procesan en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, conocidas como Reactores. Los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que permanezcan en forma constante. Los reactores móviles además, posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo en toda la masa en compostaje. Este sistema, permite acelerar las etapas iniciales del proceso, una vez finalizadas estas etapas se retira el material del reactor y se acopia hasta la maduración. Los reactores son sistemas industriales, que por lo general se aplican a situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos, para los cuales sería necesario disponer de superficies extensas. Tal es el caso de las grandes plantas de selección de residuos sólidos domiciliarios (RSD), donde a partir de la fracción orgánica recuperada de estos residuos se produce composta en forma industrial (Trejo-Vásquez, 1996; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

### *Manejo del sistema*

En la conformación de las UC se debe considerar su independencia física, de la misma manera no se debe de adicionar material nuevo a la UC en proceso. Es importante llevar de cada UC, el registro de datos

relevantes que pudieran ayudar a sistematizar el proceso. Las UC se deben de delimitar con marcas visibles, que puedan servir como referencia para la movilización y reconformación de las mismas. Por otra parte cuando se reconforme la UC se debe de conservar en lo posible las dimensiones originales del diseño (Trejo-Vásquez, 1996; Capistran *et al.*, 1999; Rodríguez-Salinas y Rojas, 2000; Sztern y Pravia, 2001).

### **Aireación, Homogeneización y Riego de la UC.**

Como se ha mencionado con anterioridad la aireación tiene dos objetivos: favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso sea homogéneo en toda la UC, puede ser manualmente ó mecánicamente, tomando en cuenta de que el material del núcleo de la UC pase a formar parte de la corteza o viceversa. Por otra parte, no existen frecuencias establecidas de aireación y riego para todos los casos posibles, dado que las aireaciones excesivas, son tan perjudiciales como los riegos en exceso. La determinación de la temperatura en dado caso indicaría la frecuencia de aireación y riego, y es a partir de la misma que se puede ejercer un control sobre el proceso (Mejía-Sánchez, 1995; Capistran *et al.*, 1999; Sztern y Pravia, 2001).

**Control de la Temperatura.** La temperatura debe ser tomada en el núcleo de la UC utilizando termómetros diseñados para este fin, sino con un termómetro de uso textil (teñidos), o bien termómetros para parafina, para una mayor precisión existen instrumentos digitales. Considerando una longitud del camellón (24 m.) la temperatura se debe de determinar en dos puntos equidistantes y tomar el valor promedio aritmético entre los dos puntos. Sin embargo, Sztern y Pravia (2001), recomiendan, realizar más de una lectura por metro lineal de camellón y promediar los resultados.

**Control de Humedad.** Este parámetro, se puede determinar por un método manual en campo que consiste en tomar una muestra de material, apretándolo fuertemente y observando si se escurre un hilo de agua continuo del material (> al 40% de humedad). De lo contrario, si el agua del material gotea intermitentemente (cercano al 40%). Por otra parte, si el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado (de 20 a 30% de humedad). Finalmente si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que la humedad es inferior al 20% (Capistran *et al.*, 1999; Noriega-Altamirano y Altamirano-Pérez, 2001).

**Control de aireación y riego por temperatura.** Es una alternativa que se fundamenta en los grupos fisiológicos incluidos en el proceso, los tipos de metabolismos y los productos de estos metabolismos, por lo general se recomienda realizar una aireación o

volteo por semana durante las primeras cuatro semanas del proceso (Sztern y Pravia, 2001). Sin embargo, las aireaciones son usuales, cuando la temperatura decrece, después de haber alcanzado su valor máximo en la etapa termogénica, debido a esto en el proceso puede ser que se cumpla una sola etapa termogénica o más de dos. Por otra parte si es necesario el riego se debe de realizar en etapas mesotérmicas, lo más atomizado posible, para no producir cambios bruscos en la temperatura (Capistran *et al.*, 1999; Noriega-Altamirano y Altamirano-Pérez, 2001).

#### *Normatividad*

En México no se cuenta con normas o leyes que regulen la producción de composta y por lo tanto los padrones de calidad en comparación con lo grandes productores europeos son muy distantes, debido a esto la composta esta comprendida dentro de la agricultura orgánica que esta definida por la Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos fundada en 1992, como el arte y la ciencia para obtener productos agropecuarios sanos, mediante técnicas que favorezcan las fuentes naturales de fertilidad del suelo sin el uso de agroquímicos contaminantes, mediante un programa preestablecido de manejo ecológico (Secretaría de Ecología Nacional, 1995; Secretaría de Ecología del Estado de Yucatán, 1996; Noriega-Altamirano y Altamirano-Pérez, 2001). Por otra parte, en México, la normatividad con respecto a los desechos de rastros esta a cargo de la PROFEPA, a través de las secretarías Departamentales y Municipales de Salud y las Corporaciones Regionales de Protección al Medio Ambiente. Estos Organismos ejercen control sobre el impacto ambiental de sus desechos (Gómez-González *et al.*, 2000).

#### *Aspectos sanitarios y Ambientales*

Si el proceso a sido adecuado la composta no ofrece mayores riesgos, más que aquellos que puedan ser originados por elementos inertes corto-punzantes que puedan haber venido con el residuo fresco. Por otra parte, no se recomienda realizar la lectura de la temperatura subiendo a la cúspide de las UC activas, ya que durante el proceso se producen emanaciones de gases, que por efecto chimenea escapan por el lomo de la UC. Algunos gases en momentos puntuales del proceso se presentan en concentraciones que pueden ser letales, en ambientes cerrados. Con respecto, al ambiente se debe de tener cuidado con los líquidos lixiviados que deben ser recolectados para su tratamiento, de ahí la importancia de considerar el diseño y construcción de la planta de tratamiento. Por otra parte no se deben guardar residuos frescos, más allá de los que pueda ingresar de forma inmediata al sistema (Capistran *et*

*al.*, 1999; Noriega-Altamirano y Altamirano-Pérez, 2001, Sztern y Pravia, 2001).

#### **Desechos en los rastros de Yucatán**

Gómez-González *et al.* (2000) reportan que, en Yucatán existen un total de 53 rastros registrados en la secretaría de salud, de los cuales 41 son municipales, 8 particulares y 4 de tipo de inspección federal (TIF). Estos se encuentran establecidos en las cabeceras municipales y poblaciones más numerosas. En general los rastros TIF son los que cuentan con mejores instalaciones (para matanza y tratamiento de desechos) y mayor saneamiento, sin embargo, algunos todavía cuentan con deficiencias en el manejo de sus desechos, debido a que en la mayoría de los casos los procesos de manejo de los mismos son de un costo muy elevado. Las especies sacrificadas en estos rastros son: cerdos, bovinos y aves (pollos y pavos). Los rastros manejan diferentes volúmenes en cuanto al número de matanzas y las diferentes especies dependiendo de la demanda que tengan; por lo que el año 1995 se sacrificaron 1,019,921 cerdos, 142,776 bovinos, 49,418 556 pollos y 173,360 pavos. Asimismo, se ha observado que la situación referente al manejo y descarga de los desechos, varía de rastro a rastro (Magaña, 1989; Taigenides, 1995; Secretaría de Ecología del Estado de Yucatán, 1996; Sauri, 1997).

En Mérida solo se cuenta con dos rastros registrados en la secretaría de salud, el rastro de la FMVZ y el rastro Municipal, los dos son considerados grandes por los volúmenes de matanzas que realizan, a diferencia de rastros que operan clandestinamente, que son aproximadamente 10, sin embargo, en ninguno de los rastros registrados o clandestinos se aplica algún tratamiento a los CR, por lo cual este estudio es fundamental en el avance a cerca del tratamiento de los desechos sólidos de los rastros, ya que se han hecho estudios en el campo de la contaminación de aguas residuales. Aunque todavía no llegan ha ser de gran trascendencia (Magaña, 1989; Taigenides, 1995; Secretaría de Ecología del Estado de Yucatán, 1996; Gómez-González *et al.*, 2000).

Considerando la problemática de la generación de los desechos en rastros, esta inicia desde el transporte de los animales al lugar donde se sacrifican, hasta la obtención del producto de la matanza. En el primer caso los desechos generados son mínimos consistentes de excretas y orines. Por otra parte, en el segundo punto la generación de desechos es mucho mayor, ya que en el sacrificio de los animales se elimina sangre, bilis, leche, CR, orina, pus, ciertas vísceras y tejidos necrosados, con carga microbiana importante, que es arrastrada a los sistemas de recolección y eliminación de los desechos; al igual

que el agua utilizada en los procesos de lavado durante y después de la matanza. Este proceso genera un fuerte impacto al medio ambiente cuando los diseños de construcción de los rastros, particularmente los relacionados con los sistemas hidráulicos y los de tratamiento de los desechos sólidos, no cumplen con las especificaciones requeridas, de la misma manera las deficiencias en el diseño de los muros, ventanas, pisos, y otros, contribuyen a incrementar la contaminación ambiental (Magaña, 1989; Taigenides, 1995; Gómez-González *et al.*, 2000).

La generación de los desechos sólidos (estiércol, grasas, CR, pelos, entre los más importantes), que se mezclan con el agua utilizada durante las tareas del lavado de vísceras y otras partes de la canal, así como los residuos provenientes de la limpieza de las instalaciones, incluidos los corrales de los animales, dan como resultado una gran variedad de contaminantes (físico-químicos, biológicos y microbiológicos) (Magaña, 1989; Taigenides, 1995; Gómez-González *et al.*, 2000).

Por otra parte las precauciones tomadas para evitar la dispersión de los gérmenes de los animales como agentes infecciosos a través de los desechos sólidos y las aguas residuales de los rastros, son pocas, e incluso en las plantas más modernas no se considera, por lo que las aguas y ciertos sólidos procedentes de la matanza se mezclan con los drenajes municipales, se destina a pozos profundos o en el peor de los casos se deposita en tiraderos a cielo abierto (rastros de la FMVZ –UADY).

En los últimos años, se ha tomado conciencia de la importancia de tratar los desechos de rastros, no solamente como una manera de dar protección al ambiente, sino, también, como una solución más a las deficiencias de nutrientes en suelos ya que se ha descubierto que estos desechos pueden reintegrar gran parte de nutrientes al suelo, del mismo modo son de gran importancia en la alimentación animal debido a la cantidad de proteína que pueden tener. Por otra parte, los pocos mataderos que procesan adecuadamente sus desechos de matanza, se han visto favorecidos ampliamente en sus ingresos económicos, al poder comercializar un producto que se había convertido en un generador de mayores costos de producción. Es así como, los Mataderos Frigoríficos vienen desarrollando planes especiales de implementación tecnológica en el área de los desechos de rastro, a través de la adquisición de nueva tecnología de países considerados como pioneros de la industria cárnica (Duarte y Jaramillo, 1988; Magaña, 1989; Taigenides, 1995; Gómez-González *et al.*, 2000).

## Desechos producidos en el rastro de la FMVZ.

La acumulación de los residuos generados en el rastro de la FMVZ-UADY, es una problemática de la actualidad, y en especial el Contenido Ruminal (CR), ya que se sacrifican en promedio 663 bovinos y 110 porcinos mensualmente para consumo humano (Cuadro 6), con tendencia al aumento en sacrificios (Tamayo-Dávila, Comunicación personal).

Como producto principal del proceso de sacrificio de los animales se obtiene la carne en canal, de la misma manera se obtienen subproductos que se pueden considerar desperdicios utilizables o no utilizables (Cuadro 5) (Cuberos-Ospina, 1986; Czerkawski, 1986; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-Cabrera, 1995; Abouhief *et al.*, 1999).

Cuadro 5. Desechos producidos en el rastro del Taller de Carnes de la FMVZ.

<b>Especie</b>	<b>Desecho producido.</b>
<b>Vacuno</b>	Sangre, Grasa, Huesos Fragmentos tisulares (Desperdicios de matanza) Orejas, Cuernos*, Cascos*, Contenido ruminal Vísceras abdominales y torácicas.
<b>Porcino</b>	Sangre, Grasas, Huesos Fragmentos tisulares (Desperdicios de matanza) Cascos*, Pelos*, Vísceras abdominales y torácicas.

\* En la actualidad, el uso de estos desechos en la alimentación animal está perdiendo vigencia debido a su bajo valor nutritivo.

El agua empleada para lavar la carne, vísceras y los pisos del sitio de sacrificio de animales también se puede considerar como un desperdicio no utilizable (Magaña, 1989; Gómez-González *et al.*, 2000). La utilidad de un desecho de rastro se liga a factores técnicos y socio-económicos de la región en donde se localiza el centro de matanza y a las condiciones técnicas, propias de cada rastro, de los cuales se pueden mencionar los siguientes: Tipo de ganado para el sacrificio, Hábitos de consumo de los productos cárnicos, Sistemas de comercialización de la carne y derivados, Tipo de rastro y técnicas de matanza, Técnicas de transformación industrial de los desechos de matadero y Legislación sanitaria (Cuberos-Ospina, 1986; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-Cabrera, 1995).

El cuadro 6, se presenta el número de ganados vacunos sacrificados en el rastro de la FMVZ durante

los años de 1998, 1999, 2000 y el primer semestre del año 2001, correspondientes a la raza Cebú en un 90% y un 10 % a razas europeas. De los desechos generados en el rastro se tienen ciertas cantidades promedio por animal sacrificado en razón del porcentaje en peso vivo (Cuadro 7).

Cuadro 6. Vacunos y porcinos sacrificados en el Rastro de la FMVZ en 1998, 1999, 2000 y primer semestre del 2001.

Año	Vacuno	Porcentaje Hembras	Porcino	Porcentaje Hembras
1998	3,828	2.41	1320	2.27
1999	6017	3.32	1320	2.30
2000	7945	2.52	1400	1.43
2001	3664	2.73	790	1.27

M. Tamayo-Dávila, Comunicación personal.

Cuadro 7. Cantidades promedio de desechos por animal en el rastro de la FMVZ (%Peso vivo).

	Vacuno macho adulto	Vacuno hembra adulto	Vacuno joven	Porcino adulto
PV promedio en Kg antes del sacrificio	500	500	450	95
Hueso	1.6	1.6	1.78	-----
Vísceras torácicas	0.4	0.4	0.44	-----
Vísceras abdominales	1.3	1.3	1.44	6.84
Sangre (lt)	8-10	8-10	8-10	2.5-3
Cabeza con cuernos	0.6	0.6	-----	-----
Cabeza sin cuernos	-----	-----	6.22	5.5
Patas con cascos	0.5	0.5	0.55	2.63
Órganos genitales	0.90	0.40	0.44	-----
Grasa perirrenal y escrotal	0.40	0.40	0.44	2.50
CR	12	12	10	-----

M. Tamayo-Dávila, Comunicación personal.

Por otra parte, Church (1971) y Maynard *et al.* (1983), concuerdan en que un bovino de 500 kilogramos de peso puede contener de 30 a 45 kilogramos en CR, con una humedad cercana al 80% (Cuadro 8) (Falla-Cabrera, 1995). Este es un desecho con la principal problemática en la FMVZ por la velocidad con que se acumula, ya que al ser sacrificado el bovino el CR se desecha a cielo abierto sin tratamiento previo.

En la zona de depósito de los CR se observa una degradación muy lenta de los microorganismos. Esta problemática va en aumento por los volúmenes de CR alcanzados sin tratamiento hasta el momento, por otra parte la separación ineficiente de vísceras en el CR atrae parvadas de zopilotes y de organismos que pueden ser nocivos para el medio y para la salud pública tal es la gran cantidad de moscas que se producen en esta zona. Otro factor muy importante de esta problemática es que cuando se tienen mezclas de los elementos como desechos (pelos, cascos, vísceras, entre otros) la degradación realizada es mucho más lenta.

#### Procesamiento y utilización de los contenidos ruminales (CR).

Desde otro punto de vista el CR en lugar de ser visto como un contaminante, es una fuente valiosa de nutrimentos cuando se incorpora a las dietas para animales ya que contiene proteína cruda y materiales energéticos utilizables por rumiantes (Cuadro 8). Su acumulación podría generar problemas de contaminación atribuibles principalmente a su contenido alto de líquidos y a la baja digestibilidad de las fibras de celulosa normalmente presentes (Church, 1971, Kolb, 1979; Cuberos-Ospina, 1986; Czerkawski, 1986; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Abouhief *et al.*, 1999).

Por otra parte, la composición química de los CR es poco variable (Cuadro 8). Debido a que la alimentación de los bovinos es básicamente de pasto y ciertas combinaciones con melazas, por lo que se encontraría alta concentración de Celulosa y Hemicelulosa, (carbohidratos con alto grado de polimerización); de lignina, (compuesto con estrecha relación con la celulosa), y su contenido en grasas, proteína o ceras es bajo (Church, 1971; Van Soest, 1982; Maynard *et al.*, 1983; Robles, 1984; Cetina, 1987).

Cuadro 8. Análisis bromatológico del contenido ruminal (Colombia).

Desecho	Humedad %	Proteína Grasa %	Fibra %	Ceniza %
CR	85.00	9.60	2.84	27.06

Falla-Cabrera, 1995.

Existen diferentes técnicas de proceso y utilización de los CR de bovinos que se aplican con buenos resultados en diferentes partes del mundo. En Colombia, los principales centros de matanza procesan sus propios desechos, mientras que otros mataderos, venden la mayoría de sus desechos a las

plantas de subproductos, y algunas lo tiran en los arroyos y ríos.

Por otra parte, las técnicas de proceso de los contenidos del rumen de bovinos sacrificados en mataderos para Colombia varían desde: artesanales hasta modernos procesos industriales de transformación, lo cual no ocurre en nuestro medio, en donde los estudios que se tienen con respecto al tema en cuestión es la aplicación como suplemento alimenticio en borregos o cerdos (Cuberos-Ospina, 1986; Czerkawski, 1986; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-Cabrera, 1995).

En los cuadros 9 y 10, se presenta en forma resumida y de modo general, las diferentes alternativas del proceso y utilización de la sangre y el CR. Posteriormente, se presenta de modo general una descripción de los principales procesos que se utilizan para transformar al CR (Falla-Cabrera, 1995; Rivera *et al.*, 1998).

Cuadro 9. Uso de la sangre entera para consumo animal.

Alternativa del Proceso	Producto Final/ Nombre Comercial
Consumo directo sin proceso	Sangre coagulada
Mezcla con residuos agrícolas u otros desechos comestibles, con o sin cocción	Sangre mezclada
Coagulación-Prensado-Secado-Molido	Sangre seca molida
Secado forzado en digestores, sola	Harina de sangre pura
Mezclada con otros desechos comestibles	Harina de sangre, carne y hueso

En Colombia, los productos obtenidos del procesamiento de los subproductos comestibles y destinados a la fabricación de productos balanceados para la alimentación animal son incorporados a las diferentes dietas alimenticias, siguiendo patrones de balanceo previamente definidos por cada empresa productora y obrando de acuerdo con la composición bromatológica de cada producto en especial (Falla-Cabrera, 1995).

#### Procesos del CR

El CR, por los elevados volúmenes producidos en los centros de matanza y por sus características fisico-químicas, es una de las mayores fuentes de contaminación ambiental y una alternativa importante de alimentación animal. En Colombia, se han implementado dos procesos para la utilización del CR en la alimentación animal (Cuadro 10), uno industrial

Harina Forrajera (HF) (Fig. 3) y otro semi-industrial denominado bloques nutricionales, en nuestro caso no se tiene literatura citada mas que una experiencia en la alimentación directa a borregos, esto es en parte a que los usos planteados requieren de infraestructura necesaria (Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-Cabrera, 1995).

Cuadro 10. Uso del contenido ruminal para consumo animal.

Presentación	Proceso	Producto Final/Nombre Comercial
Húmedo	Secado	Contenido ruminal semi-seco
Seco	Secado completo al ambiente-Molido	Contenido ruminal seco
Solo o con otros desechos comestibles	Secado completo en digestores-Tamizado	Harina forrajera
	Secado al ambiente	Contenido ruminal seco mezclado
	Secado al ambiente o por aire forzado con aglutinantes	Bloques nutricionales
	Secado completo en digestor	Harina Forrajera y carne

**HF o CR seco.** El CR puede ser procesado en la Planta de Subproductos en forma similar al procesamiento de la sangre (deshidratación). El producto obtenido se utiliza en la industria de alimentos balanceados, para ser incluido en la formulación de algunas dietas alimenticias (Cuadro 11, Fig. 3) (Cuberos-Ospina, 1986; Domínguez-Cota *et al.*, 1994; Flores-Aguirre *et al.*, 1994; Falla-cabrera, 1995).

Cuadro 11. Análisis bromatológico de la harina forrajera.

Proteína Total %	Humedad %	Fibra %	Grasa %
9-13	8-9	23-27	2-3

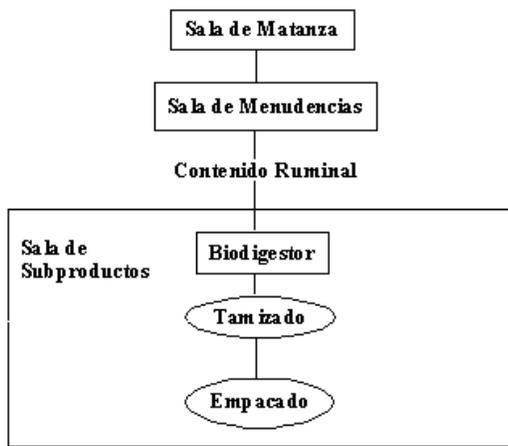


Figura 3. Diagrama del proceso de la harina forrajera.

El CR tiene un rendimiento del 10% al ser secado, con una producción promedio por animal sacrificado de 25 Kg

**Bloques nutricionales.** Este proceso se ha plantado como una alternativa de uso del CR en los rastros de baja capacidad de matanza, localizados en regiones con deficiencias nutricionales para los animales. Este suplemento se compone CR (25%), urea (7%), melaza (50%) (subproducto de la refinación de la caña de azúcar), hueso calcinado (5%) y cemento (5%) ó cal (5%). Estos compuestos, dependiendo de factores, tales como requerimiento nutricional, consumo óptimo y la disponibilidad de los mismos varían en proporción en la mezcla. La elaboración de los bloques nutricionales esta en función de la figura 4, en donde se colecta el CR, se somete a un secado al ambiente y se mezcla con los otros ingredientes que van a constituir el producto final. Los ingredientes son mezclados, en cantidades adecuadas, en forma manual o en mezcladoras tradicionales. Posteriormente, la mezcla es sometida a prensado en recipientes plásticos cónicos, de una capacidad de 10 Kg por un periodo de 24h, después se retira del molde y se deja secar durante 15 días en un lugar seco y fresco (Falla-Cabrera, 1995).

Pruebas efectuadas en Colombia con bovinos adultos, utilizando bloques nutricionales como suplemento alimenticio de pastos naturales, demostraron un alto aprovechamiento (digestibilidad) por parte de los rumiantes. Fenómeno explicable por el buen vehículo alimenticio que constituye la melaza y el aporte que esta hace, junto con la urea, en el funcionamiento del rumen a nivel bioquímico y metabólico y, además, por su importante contribución de orden bioquímico y bacteriano del CR (Cuberos-Ospina, 1986; Falla-Cabrera, 1995; Abouhief *et al*, 1999). Los bloques sólo pueden utilizar cal o cemento como aglutinantes y en proporción de 5 a 10%.

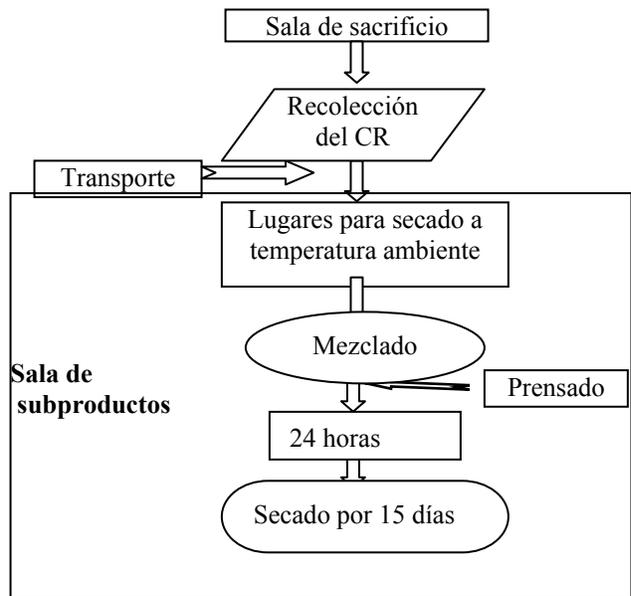


Figura 4. Proceso de los bloques nutricionales.

## CONCLUSIÓN.

Los residuos de mataderos son una fuente valiosa de nutrimentos ya sea animal o agrícola, por el desarrollo de los diferentes procesos y tecnologías en pro de cada situación, lo cual se traduce en ingresos para los sistemas agropecuarios, ya que se está eliminando un subproducto con capacidad de producir efectos adversos al medio, que a su vez estaría generando costos adicionales en la producción.

El proceso de composteo es una tecnología poco costosa que puede ser aplicada para el manejo de algunos de los residuos de mataderos, tal es el caso del contenido ruminal, por su forma de obtención y los componentes de origen.

La normatividad en la mayoría de los casos es demasiado generalizada que no cumple los requisitos o los puntos para cada situación de la generación de residuos y de una producción orgánica.

## REFERENCIAS

- Abouheif, M.A. Kraidees, M.S. and Al-Selbood B.A. 1999. The utilization of rumen content- barley meal in diets of growing lambs. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 12: 1234-1240.
- Annisson, E.F.; Dyfed L.M.A. 1966. El metabolismo en el rumen. UTEHA. México, D.F. 199p.
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. 13ª edición. Washinton D. C. USA. 320p.

Arias-Galvis, C.A. 1987. Productos y subproductos agropecuarios utilizados en la alimentación de cerdos. *Revista Nacional de Zootecnia*. 4(21): 21-22

Ayala, G.; Perea, T.F. 2000. Reciclado de materiales orgánicos de desperdicio a escala industrial. *Revista grupo ecológico*. 200-209.

Ayuso, M.; Hernández, T.; Costa, F.; García, C.; Pascual, J.A. 1992. Influencia del grado de madurez de un residuo urbano sobre la germinación y disponibilidad de Nitrógeno. *Suelo y planta*. 2: 517-527.

Bass, L.; Bilderback T.E. 1990. Composting for home gardens. /NESTSCAPE/HILL- 8100.HTM.

Buentella, G.J.L. 1999. Industrialización de esquilmos un negocio viable. *Industrialización*. (2): 18-23 (1ª parte) y 28-32 (2ª parte)

Candelas-Ramírez, J.; Ramírez-Esquivel, G. 1990. Identificación y desarrollo de tecnología para proporcionar valor económico a los residuos sólidos del proceso de matanza en el rastro de saltillo, Coahuila, México. *Oceanía*. 190: 10-15.

Capistran, F.; Aranda E.; Romero J.C. 1999. Manual de reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 150p.

Cardenas-Torres, C.L. 1982. Contenido ruminal ensilado en la alimentación de Cerdos en levante, desarrollo y ceba. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Colombia.

Cetina, G.R.H. 1987. Crecimiento bacteriano y patrón de fermentación *In vitro*, en líquido ruminal de bovinos con dietas de forraje y de melaza, adicionadas con Urea o Gallinaza. Tesis MVZ. UADY. Yucatán, México. 94 p.

Chang A.C.; Rible, J.M. 1975. Particle-size distribution of livestock wastes. Managing livestock wastes. The proceeding of the 3rd international symposium on livestock wastes. University of Illinois. 22-23: 339-343p.

Church, D.C. 1971. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. 190p.

Churchill, D.B., Horwath, W.R.; Elliott L.F.; and Bilsland D.M. 1995. Perennial ryegrass response to application of composted grass seed straw. *Journal of applied seed production*. 13: 16-20.

Corlay, C.L.; Cerrato, R.F.; Etchevers-Barra, J.D.; Echegaray-Aleman, A.; Santizo-Rincón J.A. 1991. Cinética de grupos microbianos en el proceso de producción de composta y vermicomposta. *Agrociencia*. 33: 173-380.

Cuberos-Ospina, H. 1986. Conservación y determinación del valor nutritivo del contenido ruminal bovino para la alimentación de Cerdos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), Universidad Nacional de Colombia (UNC), Bogotá.

Czerkawski, J.W. 1986. An introduction to rumen studies. 4ª edición Editorial PERGAMON PRESS. Londres, Gran Bretaña. 85-144p.

Díaz-García, A.; Castillo-Ramírez, M.E.; García-Legaspi G. Yescas-Coronado P. 1999. Producción de maíz bajo cuatro criterios de riego y la aplicación de estiércol compostado. IX Congreso nacional de irrigación. 1er. Simposio de Ingeniería de Riego. Culiacán, Sinaloa, México, 27-29 de Octubre de 1999.

Domínguez, C.J.E.; Barajas, C.R. 1993. Utilización del contenido ruminal en dietas integrales para borregos de engorda. *Memorias del XVIII congreso nacional de buefría*. Noviembre. México, D. F. 318-320p.

Domínguez-Cota, J.E.; Flores-Aguirre, L.R.; Barajas, C.R.; Obregón, J.F. 1994. Utilización de contenido ruminal seco en la alimentación de rumiantes productivos en Sinaloa. Memoria del 1er. Foro estatal "ambiente y ecología en Sinaloa, diagnóstico y perspectivas". Junio. Mazatlán, Sinaloa, México.

Donald, J. 1998. Planificación para la distribución del abono y su utilización. *Agrociencia*. 16:38-40.

Duarte-Fajardo, C.; Jaramillo-López, G. 1988. Contenido ruminal en alimentación de cerdas

gestantes y lactantes. Rev. Nacional de Zootecnia Colombia. 5(27): 23-25.

Falla-Cabrera. 1995. Desechos de matadero con alimento animal en Colombia. Frigorífico Guadalupe S. A. Santa fe de Bogotá Colombia. Folleto. 30p.

Fernández, S.J.M., Ruiz-Aguilar, G.; Rodríguez-Vázquez, R. 1998. La biorremediación como alternativa al tratamiento de suelos contaminados. Avance y perspectiva. 17: 293-302.

Ferruzi, C. 1994. Manual de lombricultura. MUNDIPRENSA. Madrid, España. 138p.

Fitzpatrick, G.E.; Duke, E.R.; Klock-Moore, K.A. 1998. Use of compost products for ornamental crops production: Research and grower experiences. HortScience. 33:941-944.

Flores-Aguirre, L.R.; Domínguez, C.J.E.; Obregón, J.F.; Barajas, C.R.; Vázquez, G.E. 1994. Evaluación nutricional del contenido ruminal y excremento de cerdo secados al sol para la alimentación de rumiantes. FMVZ de la Universidad de Sinaloa. Memorias del 1er. Foro estatal "ambiente y ecología en Sinaloa, diagnóstico y perspectivas". Junio. Mazatlán, Sinaloa, México. 22-25p.

Fricke, K.; and Vougtmann, H. 1993. Quality of source separated compost. BioCycle. October. 64-70

Füssel, J.; Paitán, R. 1997. Controlando la mosca casera con trampas de estiércol. Boletín de ilea para la agricultura sostenible de bajos insumos externos. 13(2): 25.

Golueke, C.G. 1982. When is compost safe? BioCycle. Marzo-Abril : 28-31.

Golueke, C.G.; and Díaz, L.F. 1990. Understanding the basics of composting. BioCycle. April. 56-59.

Gómez-González, V.; Druker, A.; Rubio-Leonel, O.; Escalante-Semerena, R. 2000. Implicaciones económicas y ambientales de la normatividad ambiental aplicada al tratamiento de desechos en los rastros yucatecos. Investigación científica. LX (231): 110-124.

Gouin, F.R. 1998. Commercial composting systems. HortScience. 33: 932-933.

Gutiérrez, S.A.; Poggi, V.H.; Fernández, V.G.; Martínez, P.P. 1999. Tratamiento de efluentes de matadero en un humedal construido. Memorias VIII congreso nacional de biotecnología y bioingeniería. Depto. de biología ambiental. Instituto de ecología A.C. Huatulco, Oaxaca, México. 397p.

Infoagro. 2001. Tipos de sustratos de cultivo. Toda la agricultura por internet. <http://www.Copyrihtinfoagro.com>

Islam, M.; Dahlan, I.; Rajion, M.A.; and Jelan, Z.A. 2000. Rumen pH and Nitrogen of cattle fed different levels of oil palm (*Elaeis guineensis*) from based diet and dry matter degradation of fractions of oil palm frond. Asia Australasian Journal of Animal Science. 13: 941-947p.

Jhonson, E.S. 1996. How to compost?. Rot web text. Nestscape/how\_to\_c.htm

Karmegan, N.; Alagumalai, K.; and T. D. 1999. Effect of vermicompost on the growth and yield of green gram (*Phaseolus aureus* Roxb). Tropical agriculture. 76: 143-145.

Keeling, A.A.; Paton I.K.; and Mullet, J.A.J. 1994. Germination and growth of plants in media containing unstable refuse -derived compost. Soil Biological Biochemistry. 26: 767-772.

Kim, K.H.; Lee, S.S.; Jeon, B.T.; and Kang, C.W. 2000. Effects of the pattern of energy supply on the efficiency of Nitrogen utilization for microbial protein synthesis in the non-lactating cows consuming grass silage. Asia Australasian Journal of Animal Science. 13: 962-966.

Kolb, E. 1979. Fisiología veterinaria. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España.

Labrador-Moreno, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. MUNDIPRENSA. Madrid, España. 174p.

Leal, L.H. 1995. Principios de composteo. Fermentación al aire libre de materia orgánica. Agronomía Costarricense. 19: 95-99.

León, S.; Villalobos, G.; Fraile, J.; González, N. 1992. Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*)

utilizando compost y excretas animales. *Agronomía Costarricense* 16: 23-28.

López, R.J. 1990. Agro-industrial waste composting and its agriculture significance. *The fertilizer society*. 293: 5-25.

Madrid, C.; Castellanos Y. 1999. Efecto de activadores sobre la calidad de composts elaborados con cachaza y bagazo de la caña de azúcar. Universidad de Los Andes, Núcleo "Rafael Rangel", Dpto. Ciencias Agrarias, Trujillo Venezuela. *VENESUELOS*. 6(1):22-28.

Magaña, P.A. 1989. La ingeniería en el medio ambiente. Sistemas anaeróbicos para el tratamiento de las aguas residuales. *Boletín académico FIUADY*: 27-29.

Manrique-Saide, P.C.; Delfín-González, H. 1997. Importancia de las moscas como vectores potenciales de enfermedades diarreicas en humanos. *Biomédica*. 8: 163-170.

Marchoil, L.; Mondini, C.; Leita, L.; and Zerbi, G. 1999. Effect of municipal waste Leachate on seed germination in soil-compost mixtures. *Restoration Ecology*. 7 : 155-161.

Maynard, L.A.; Loosli, J.K.; Warner, R.G. 1983. *Nutrición animal*. Editorial McGRAW-HILL. México, D. F.

Medina-Moreno, S.A.; Ochoa, S.H.; Rojas, G. 1999. Composteo ex-situ de un suelo lavado, contenido en surfactante no iónico e hidrocarburos residuales. Memorias VIII congreso nacional de biotecnología y bioingeniería. Depto. de biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, Huatulco, Oaxaca, México. 421p.

Mennessier, M.C.; López, A.S. 1990. La basura nos invade. Editorial CONOCER. Madrid. 109p.

Mejía-Sánchez, G.M. 1995. Algunos aspectos acerca del manejo de los desechos orgánicos. *Boletín académico FIUADY*. Enero- Abril 27: 61-68.

Moya-Portuguéz, M.; Duran; Sibaja, M. 1990. Obtención de derivados celulósicos a partir de desechos de café. *Agronomía costarricense*. 142: 169-174.

Nishant, R.; et al. 1995. Effect of C/N ratio and moisture content on the composting of poplar wood. *Biotechnology Letter*. 17: 889-892.

Noriega-Altamirano, G.; Altamirano-Pérez, A.L. 2001. Producción de abonos orgánicos y lombricultura. Memorias del curso del 9 al 12 de Junio. Tantakin, Centro de desarrollo tecnológico. Maní, Yucatán, México. 1-16, 1-4, 1-8p.

Ortega, M.A. 2000. El compostaje. *Agricultura ecológica*. [http://www.alternativas\\_ganaderas.com/index.htm](http://www.alternativas_ganaderas.com/index.htm)

Ozores-Hampton. 1998. Compost as an alternative weed control method. *HortScience*. 33: 938-940.

Poincelot, R.P. 1975. The biochemistry and methodology of composting. *Bolletín* 754. The conneticut agricultural experiment station, new haven. 1-18p.

Pool-Novelo, L.; Trinidad, S.A.; Echeverts-Barra, J.D.; Pérez-Moreno, J.; Martínez-Garza, A. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos Chiapas, México. *Agrociencia*. 34: 251-259

Quintal, F.A.; Zetina, C.E. 1993. Tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización. *Boletín académico FIUADY*. 23: 61-69.

Rainbault, M. 1998. General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *Electric journal of biotechnology (EJB)*. [wysiwyg://67/http://ejb.ucv.cl/content/vol1/issue3/full/9/index.html]

Reganold, J.P.; Elliott, L.F.; & Unger, Y.L. 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature*. 330 (6146): 370-372. Reines-Alvarez, M.; Rodríguez, A.C.; Sierra, P.A.; Vázquez, G.M.M. 1998. Lombriz de tierra con valor comercial. *Biología y técnicas de cultivo*. Primer Centenario de la Fundación de Chetumal, México. 61p.

Riggle, D. 1993. Build it your self composting equipment. *BioCycle*. : 62-63.

Rivera, B.; Trujillo, H.; Osorio, M. 1998. Desarrollo de un modelo comercial de lombricultivo para el control de efluentes en mataderos locales. *Tercer*

Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios del 19 al 21 de Agosto de 1998. Universidad de Caldas. Corporación CIPEC. PRONATTA. Fundación Eduquemos Hogares Juveniles Campesinos. Perú, Lima.

Rivero, H.; Kausas, S.; González, Y.; Nieves, E. 2001. Estudios de las enmiendas orgánicas. Ministerio de ganadería, agricultura y pesca. Dirección general de recursos naturales renovables. División de suelos y aguas. Intendencia municipal de Maldonado, Uruguay. Unidad de divulgación ambiental. Dirección de higiene ambiental. Uruguay. 10p.

Robles, C.A. 1984. Conceptos generales sobre la alimentación de los rumiantes. Curso nacional de actualización en nutrientes y alimentación de rumiantes. Centro regional de investigaciones pecuarias. INIP, SARH. Mérida, Yucatán.

Rodríguez-Salinas, M.A.; Rojas, J.A. 2000. Aspectos técnicos en la producción de composta. <http://www.Caféinternetparaíso.com/index.htm>

Roe, N.E. 1998a. Compost utilization for vegetables and fruit crops. *HortScience*. 33: 934-937.

Roe, N.E. 1998b. Municipal waste compost production and utilization for horticultural crops. Introduction to the colloquium. *HortScience*. 33: 931.

Sánchez, G.; Olguin, E.J.; Marín, R.; Mercado, G. 1994. Evaluación de la madurez de la composta de pulpa de café. Memorias del VIII congreso nacional de Biotecnología y Bioingeniería. IV congreso latinoamericano de Biotecnología y Bioingeniería. Depto. de Biología ambiental. Instituto de ecología A.C. Huatulco, Oaxaca, México. 397.

Sandoval, A.; Stuardo, A. 1998. Compost: una buena alternativa de sustrato. Centro de Semillas de Árboles Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. [http://www.uchile.cl/facultades/cs\\_forestales/publicaciones/cesaf/n13/2.html](http://www.uchile.cl/facultades/cs_forestales/publicaciones/cesaf/n13/2.html)

Saña, J.; Soliva, M. 1987. El compostaje: Proceso, sistemas y aplicaciones. Diputación de Barcelona. Servei de Medi Ambient. Barcelona, España. *Ecología aplicada*. 11: 20-22.

Sauri-Riancho, M.R. 1997. Manejo de desechos sólidos en el estado de Yucatán. *Boletín académico FIUADY*. 27: 33-34.

Sauri-Riancho, M.R.; Vázquez-Uc J.; Coronado-Peraza A. 1995. Características de los desechos sólidos domiciliarios generados en la ciudad de Mérida Yucatán. *Boletín académico FIUADY*. 28: 15-21.

Secretaría de Ecología Nacional. 1995. Control de contaminación por residuos sólidos municipales e industriales. Programa Nacional de Capacitación Ambiental de la Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación. México, D.F. 30p.

Secretaría de Ecología del Estado de Yucatán. 1996. La contaminación generada sitúa a mataderos de ganado vacuno, ovino y porcino como responsables de la mayor contribución a la carga contaminante total. *Eurocarne*. 48: 32.

Silva-Ramírez, A. 1983. Metodología del ensilaje del excremento de bovino mezclado con diferentes ingredientes como posibilidades para el uso en alimentación animal. Tesis para título de MVZ. UNAM. MÉXICO, D. F. 40p.

Sparling, R.; Poggi-Varaldo, H.M.; Risbey, D. 1994. Producción de Hidrógeno por consorcios metanogénicos inhibidos. *Biotecnología*. 4 (3 y 6): 99-105.

Sztern, D.; Pravia, M.A. 2001. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud. Organización mundial de la salud. San José Uruguay. 56p.

Taiganides, E.P. 1995. Manejo de desechos en ganadería, métodos prácticos en la perspectiva mundial y latinoamericana. XIX Congreso panamericano de ciencias veterinarias del 6 al 14 de Octubre. *Ecología, Porcicultura mexicana*. Enero-Febrero. : 12-13.

Trejo-Vásquez, R. 1996. Composteo. En: *Procesamiento de la basura urbana*. México D. F.: Trillas. Pp. 187-237.

Tseng, D.Y.; Chalmers, J.J.; Tuovinen, O.H.; and Hoitink, H.A.J. 1995. Characterization of a bench-

scale system for studying the biodegradation of organic solid wastes. *Biotechnology*. 11: 443-451.

Van-Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Editorial ACRIBIA. 120p.

Ye, Z.H.; Wong, J.W.C.; Wong, M.H. 2000. Vegetation response to lime and manure compost amendments on acid lead/zinc mine tailing: A greenhouse study. *Restoration ecology*. 8: 289-259.

Young, M.M. 1986. Digestores Anaerobios. Criterios de Selección, Diseño y Construcción. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. INIREB. (24): 30-34.

*Submitted January 10, 2003 - Accepted February, 15, 2003*