



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA ZOOTÉCNICA**

**MEMORIA TÉCNICA**

**“ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA REDUCIR EL IMPACTO CONTAMINANTE  
DE LAS EXCRETAS BOVINAS EN LOS ESTABLOS LECHEROS”**

**Previa a la obtención del título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR:**

**MARISOL MOROCHO INLASACA**

**DIRECTOR:** Ing. M.C. Hugo Estuardo Gavilánez Ramos.

**ASESOR:** Dr. César Antonio Camacho León.

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2012**

Esta Memoria Técnica fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Ing. M.C. José Herminio Jiménez Anchatuña.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. Hugo Estuardo Gavilánez Ramos.

**DIRECTOR**

---

Dr. César Antonio Camacho León.

**ASESOR**

Riobamba, 19 de abril de 2012.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por proveerme vida para culminar mi carrera universitaria, a mi familia que con su esfuerzo y sacrificio supieron brindarme su apoyo.

A la Escuela de Ingeniería Zootécnica por abrir sus puertas y proveer la oportunidad de seguir una carrera universitaria. A todos sus docentes que con sus conocimientos aportaron a mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Modesto y Juana por brindarme su confianza y apoyo incondicional.

A mi hermana Betty por proveerme fuerza para culminar mi carrera universitaria.

Y a todos quienes de una u otra manera apoyaron en mi carrera universitaria.

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
<b>A. SISTEMA DE MANEJO DE GANADO BOVINO</b>	<b>3</b>
1. <u>Manejo intensivo</u>	7
a. Condiciones mínimas de explotación	8
b. Descripción de los componentes que pueden tener efecto en el ambiente	9
<b>B. PRODUCCIÓN DE DEYECCIONES</b>	<b>10</b>
1. <u>Excretas</u>	12
2. <u>Orina</u>	14
<b>C. PROBLEMA DEL MANEJO DE EXCRETAS</b>	<b>17</b>
1. <u>La producción agropecuaria moderna y su impacto ambiental</u>	19
2. <u>Efectos sobre el medio</u>	19
3. <u>Efectos sobre el suelo</u>	20
4. <u>Efectos sobre las masas de agua</u>	22
5. <u>Efectos sobre la atmosfera</u>	24
6. <u>Reciclaje de desechos orgánicos ganaderos, aspectos microbiológicos</u>	25
<b>D. ESTRATEGIAS COMPATIBLES CON EL MEDIO AMBIENTE</b>	<b>27</b>
1. <u>Limitar emisiones a la atmosfera</u>	29
2. <u>Reducir la producción de residuos sólidos</u>	29
3. <u>Minimizar la producción de efluentes líquidos</u>	29
4. <u>Los residuos ganaderos</u>	29
5. <u>Potencial contaminante de los residuos ganaderos</u>	30
6. <u>Efectos sobre el medio</u>	31
<b>E. UTILIZACIÓN DE LAS EXCRETAS</b>	<b>32</b>

1.	<u>Producción de biogás , bioabono</u>	32
2.	<u>Producción de Compost</u>	33
a.	Ventajas	34
b.	Requisitos para el compostaje	34
3.	<u>Producción de Bokashi</u>	35
III.	<u>DISCUSIÓN</u>	39
1.	<u>Estrategias actuales para disminuir la contaminación desde el estiércol</u>	45
2.	<u>Estrategias potenciales para disminuir la emisión de metano de fermentación</u>	47
3.	<u>Factores de toma de decisión</u>	53
4.	<u>Biogás y ganadería Bovina</u>	53
IV.	<u>CONCLUSIONES</u>	59
V.	<u>RECOMENDACIONES</u>	60
VI.	<u>LITERATURA CITADA</u>	61
	<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

Con la finalidad de reducir el impacto contaminante de las excretas bovinas en los establos lecheros, se han planteado alternativas de mitigación a través de investigaciones iniciando con la utilización de excretas para la elaboración de abonos orgánicos como el compost, bokashi, los cuales son utilizados en la agricultura, posteriormente se utilizaron las excretas para la producción de biogás y bioabono, de esta manera aprovechando al máximo este desecho de los establos convirtiéndolos en energía y fertilizantes para el suelo.

En la actualidad se han utilizado estrategias para reducir la contaminación del estiércol, aumentando la concentración energética e incrementando la digestibilidad de los alimentos, seleccionando vacunos por su fisiología, microbiología ruminal que hace que tengan pasaje del alimento más rápido puesto que las bacterias productoras de metano captan el hidrógeno de fermentación para sacarlo del medio ruminal.

## ABSTRACT

With the aim of reducing the pollutant effect of bovine expels in milk farms, some mitigation alternatives have been proposed through research to elaborate organic fertilizer from this manure such as compost and bokashi, which are used in agriculture. Eventually these expels were used to produce biogas and bio fertilizer, getting this way, a maximum benefit of this waste from the farms through turning them into energy and fertilizers for the soil.

Currently, some strategies to reduce manure pollution are being used which help in increasing energetic concentration and increasing food digestibility, by selecting cattle by their physiology, ruminal microbiology which makes them to have faster food pass since bacteria producers of methane catch hydrogen from fermentation to take it out from ruminal environment.

**LISTA DE CUADROS**

Nº	Pág.
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTIÉRCOL POR PESO DEL ANIMAL.	14
2. PATRONES ELIMINATIVOS DE DOS RAZAS DE BOVINO LECHERO.	15
3. INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA ORINA EN GANADO BOVINO.	16
4. INCREMENTO DEL CONTENIDO EN HUMUS (%).	20
5. DEYECCIONES DE BOVINOS.	30
6. CONTENIDO DE MACRO NUTRIENTES EN EL ESTIÉRCOL SECO DE ALGUNAS ESPECIES ANIMALES.	36
7. CONTENIDO DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DEL BOKASHI Y DEL ESTIÉRCOL BOVINO.	38
8. ESTIMATIVOS DE LAS PRINCIPALES FUENTES NATURALES Y ANTROPOGÉNICAS DE METANO A NIVEL GLOBAL (MILLONES DE TON/AÑO).	40
9. BT Y CH <sub>4</sub> ACUMULADO POR 72 H DE FERMENTACIÓN DE 100 GR. DE GALLINAZA, EXCRETAS DE CABRA, CERDAZA, BORREGOS Y ESTIÉRCOL DE GANADO LECHERO Y ENGORDA.	56

**LISTA DE GRÁFICOS**

N°		Pág.
1.	Relación entre ganancia de peso y la producción de metano para Bos taurus y Bos indicus.	52
2.	Comportamiento de la producción acumulado de biogás total con relación al tiempo.	58
3.	Comportamiento de la producción acumulado de metano con relación al tiempo.	58

## LISTA DE ANEXOS

N°

1. Poblaciones globales de especies animales domésticas y emisiones de metano en 1990 (US. EPA, 1994).
2. Contribución de la fermentación entérica a las emisiones de metano.
3. Emisiones de metano por fermentación entérica en Ecuador.
4. Emisiones de metano por manejo de estiércol en Ecuador.
5. Investigaciones realizadas para controlar la metanogénesis ruminal con aditivos químicos.
6. Investigaciones realizadas para controlar la metanogénesis ruminal a través de manejo y alimentación.
7. Ventajas y desventajas de alternativas de manejo de las excretas bovinas.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria lechera contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a la atmósfera. El aumento de las concentraciones de estos gases ha venido provocando el calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera.

En las explotaciones de ganado lechero se genera una elevada cantidad de deyecciones orgánicas y consecuentemente un olor característico a amoníaco producto del metabolismo de los animales en el sistema digestivo. El alto contenido en compuestos nitrogenados de las excretas, ha dado lugar a la aparición de numerosos problemas medio ambientales.

Un inadecuado manejo de las excretas ocasiona un grave problema por el impacto ambiental, generando: contaminación por fosfatos, nitritos y nitratos a los mantos freáticos, masas de aguas superficiales y subterráneas. Con la finalidad de reducir el impacto ambiental generado por las excretas bovina se han citado diferentes medidas de mitigación como: la elaboración de abonos orgánicos con la producción de compost y bokashi; además del aprovechamiento de la fermentación de excretas en los biodigestores obteniendo: biol, biosol y biogás.

Otra de las alternativas para reducir las emisiones de metano originados por los procesos digestivos de los bovinos lecheros es la manipulación y mejora en la composición del alimento con el empleo de aditivos, con lo cual se logra una eficiente producción al reducir las pérdidas energéticas en la digestión del alimento en el animal.

La presente Memoria Técnica enfoca las diferentes estrategias utilizadas para disminuir el nivel de contaminación generado a partir de las excretas en la ganadería lechera. Con el uso y manejo técnico de los residuos ganaderos se establecen procesos que permiten proteger el medio ambiente y a su vez dar

alternativas al ganadero para transformar un desecho en una fuente de ingreso compensando las necesidades presentes sin comprometer las opciones de las generaciones futuras.

Por lo señalado anteriormente se concretaron los objetivos planteados en esta investigación que fueron.

- Conocer el manejo que se dan a las excretas y la utilización de alternativas que se practican en las ganaderías bovinas lecheras como medida de mitigación para reducir el impacto ambiental.
- Analizar la mejor medida que permite mayor eficiencia en el manejo de excretas en los establos de las ganaderías lecheras.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. SISTEMA DE MANEJO DE GANADO BOVINO

Gil, S. (2006), indica que los esquemas de producción bovina son esencialmente pastoriles y se basan en la capacidad de los rumiantes para aprovechar los forrajes fibrosos y transformarlos en carne y leche. De esta forma el ser humano puede conseguir un alimento de alta calidad biológica a partir de materiales que no puede consumir directamente.

Los extremos en las formas de producir carne y leche están representados por los “sistemas extensivos” netamente pastoriles, a base de forraje, el que es cosechado directamente por los vacunos, sin ninguna adición extra de alimento por parte del hombre; y por los “sistemas intensivos” de producción, donde el total del alimento consumido es suministrado diariamente por el ser humano.

El sistema intensivo de vacunos a corral es una tecnología de producción de carne y leche con los animales en confinamiento, y dietas de alta concentración energética y alta digestibilidad.

<http://www.ilustrados.com>. (2006), menciona que la tecnología de producción bovina a corral puede adaptarse y acoplarse a un sistema pastoril, y constituir así un sistema “semi-intensivo”. Por lo tanto, según los objetivos de producción se originan dos tipos de estrategias distintas:

- 1) Sistema de engorde intensivo “per se” o Feedlot: Los objetivos del Feedlot son obtener una alta producción de carne por animal, de calidad, y con alta eficiencia de conversión (kilos de alimento / kilo de carne).
- 2) Engorde o terminación a corral: En el caso de la utilización del engorde a corral dentro del sistema ganadero donde el forraje constituye la mayor

proporción del total de alimento consumido por el vacuno en todo el período de su invernada, los objetivos de esta técnica se amplían mucho más, entre ellos se cita.

- Liberar campo para otras actividades o categorías con mayor rentabilidad por hectárea. La utilización de concentrados, tanto a corral como en suplementación, reduce la demanda de forraje, permitiendo liberar superficie destinada a pastoreo.
- Cambio de categoría. Intensificar el ritmo de engorde en algunas categorías permite transformarlas rápidamente en categorías de mayor valor. Por ejemplo, terneras antes de que se pasen a vaquillonas, novillos livianos antes que pasen a novillos pesados, etc.
- Cubrir las escaséales estacionales de oferta y calidad forrajera. La utilización de granos puede buscar aumentar la carga animal total o mantenerla en momentos de baja oferta de forraje, o de corregir desbalances nutricionales (generalmente falta de energía).

<http://www.fao.org>. (2006), menciona que los dos sistemas de producción de carne y leche, extensivo e intensivo, tienen efectos sobre el medio ambiente, uno de ellos es el “efecto invernadero”, en el que participan cuatro gases distintos, de los cuales tres pueden provenir de las actividades ganaderas: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y el cuarto, los clorofluoro carbonos (CFC), de la actividad industrial (refrigerantes). La acción de éstos consiste en atrapar la radiación infrarroja en la atmósfera, impidiendo que escape al espacio, y así el planeta sufre un calentamiento atmosférico gradual.

La forma de expresión de estos gases es en “millones de toneladas de carbono equivalente” (MtCO<sub>2</sub>-e), y el “potencial de calentamiento global” (PCG) de cada gas se refiere al del CO<sub>2</sub> que toma el valor de uno. Así, el CH<sub>4</sub> tiene un PCG 21 veces superior al del CO<sub>2</sub>, y el N<sub>2</sub>O tiene un PCG de 310 veces más que el CO<sub>2</sub>.

La contribución de estos gases al efecto ambiental fue: CO<sub>2</sub> 62%; CH<sub>4</sub> 20%; CFC 12%; N<sub>2</sub>O 4%; otros 2% (<http://www.cambioclimatico.org>. 2008).

<http://www.fao.org>. (2006), manifiesta que orígenes de la producción de gases con efecto invernadero que están conectados con la actividad ganadera son:

- La producción de CO<sub>2</sub> proviene de la deforestación para liberar superficie para cultivos (que se transformarán luego en forraje conservado como silo o heno, o en grano, ambos para alimentación del ganado) o para pastoreo directo. La disminución del número de árboles disminuye el consumo de CO<sub>2</sub> por fotosíntesis, y la quema de la madera origina CO<sub>2</sub> de combustión. También se elimina este gas por el uso de combustible para la maquinaria agrícola.
- Las emisiones de CH<sub>4</sub> provienen de la fermentación ruminal de las fracciones carbonadas, a través del eructo, y de fermentación anaeróbica del estiércol. Los animales y sus excretas producen alrededor del 23% del metano de todo el planeta.
- Las emisiones de N<sub>2</sub>O provienen del uso de fertilizantes químicos con nitrógeno en cultivos para forrajes y obtención de cereales para la dieta de los animales en engorde, y en cantidades mucho más pequeñas, del estiércol. Es un subproducto minoritario de los procesos de nitrificación y desnitrificación.

Los seis países con mayor responsabilidad en la producción de metano son: ex-Unión Soviética 13%, Brasil 12%, India 10%, USA 9%, China 6% y Australia 2% (Berra, G. *et al.* 1994; Silva, J. 2005).

Según datos de inventario de Australia de 1999 reportados por Gil, S. (2006), el subsector ganadero bovino de ese país liberó a la atmósfera 62,6 MtCO<sub>2</sub>-e. El principal gas considerado es el CH<sub>4</sub>, aportando a la metanogénesis de la fermentación ruminal el 97% y la del estiércol de los sistemas intensivos el 3%. La emisión de N<sub>2</sub>O desde el estiércol contribuyó al total de los gases con efecto

invernadero con menos del 0,1% según estimaciones a partir de la composición nutricional de las dietas en encierre a corral.

En Argentina, datos de 1997 arrojaron una producción de gases con efecto invernadero de 76,77 MtCO<sub>2</sub>-e. De éstas, 31,4 MtCO<sub>2</sub>-e correspondieron a las actividades agropecuarias 41% y a su vez 26,3 MtCO<sub>2</sub>-e fueron emitidas por la actividad ganadera 88% (Finster, L.2004).

Cornejo, C. (2010), reporta que en Ecuador las emisiones de metano basado en la metodología del PICC 2006 (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) para emisiones del sector ganadero, las emisiones totales de metano del estiércol fueron de 182 GgCO<sub>2</sub>Eq (Giga gramos CO<sub>2</sub> equivalentes).

<http://www.ilustrados.com>. (2006), indica que existen otros impactos en el ambiente provenientes de la actividad ganadera intensiva a corral, corresponden al causado por los efluentes que se originan por la recolección de los desagües a raíz de las precipitaciones, y al causado por el manejo de las excretas de los animales, dentro y fuera de los corrales.

El engorde a corral genera grandes cantidades diarias de residuos orgánicos (grandes consumidores de oxígeno), con importantes aportes de nitrógeno y fósforo, además de patógenos, que vehiculizados por el agua pueden producir enfermedades en las personas (Carrillo, L. 2007).

Todos pueden constituir peligro potencial de contaminación del suelo, los cursos de agua superficiales y subterráneos por escorrentías y filtraciones, y de la baja atmósfera por el gas amoníaco. Estas contaminaciones contribuyen al proceso de eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Si estos residuos llegan a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento, aumentan la cantidad de nutrientes para los organismos productores (algas), con lo cual aumentan su biomasa. En los momentos de oscuridad, por su actividad metabólica consumen oxígeno disuelto en agua, disminuyendo la disponibilidad del oxígeno para la vida acuática.

Los contaminantes del aire son las partículas de polvo que se levanta, principalmente en zonas semiáridas o épocas calurosas de baja precipitación, y ventosas. Creando zonas de baja visibilidad en las rutas adyacentes, inconvenientes en poblaciones lindantes y agravar posibles enfermedades respiratorias de los bovinos. Está relacionada también, con la superficie destinada a cada animal dentro del corral. La emisión de gas amoníaco a partir del nitrógeno de las excretas se disipa en la atmósfera, y además es de desagradable olor (Herrero, M. 2008).

### **1. Manejo intensivo**

<http://www.engormix.com>. (2006), manifiesta que altos niveles de producción de leche y hatos cada vez más numerosos son condiciones de las explotaciones intensivas modernas que influyen para satisfacer la necesidad de ofrecer diseños de establos funcionales en donde la alimentación, ordeña, manejo y disposición de excretas se puedan realizar con la máxima eficiencia productiva, mediante la utilización eficiente de la mano de obra y al menor tiempo posible. Bajo este contexto, el objetivo del ganadero lechero intensivo será conseguir la máxima rentabilidad económica de su empresa, apoyándose en el ofrecimiento de condiciones propias para la vaca que la haga sentir confortable y manifestar así en plenitud su potencial productivo.

El proceso de producción de ganado de leche y engorde consiste básicamente en que un hato de vacunos (terneros destetados, vaquillonas, etc.) entre al corral y reciba diariamente una ración balanceada para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y de producción.

Conceptos importantes a resaltar para la comprensión de las distintas interacciones entre los tipos de alimento y la fisiología digestiva del rumiante, las cuales influyen en la cantidad y calidad de excretas producidas, y en el volumen de gases de fermentación producidos, desde el rumen y desde el estiércol (Colombatto, D. 2007).

- A mayor peso vivo del animal mayor consumo de alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento.
- Para obtener altas ganancias diarias de peso (g/d) el alimento debe tener alta concentración de energía (alta digestibilidad).
- Dietas de forraje tienen menor cantidad de energía metabolizable (EM) que las dietas concentradas (alta proporción de granos).
- Tope para la cantidad de alimento consumido: dietas con baja EM: saciedad por llenado del rumen. Se da en sistemas pastoriles, con mayor consumo de materia seca (MS) total; dietas con alta EM: saciedad por cantidad de mega calorías (Mcal) consumidas. Se da en un sistema de feedlot, con una menor cantidad total de materia seca consumida.
- Conversión de kilos de alimento / kilo de carne producida: dietas con alto porcentaje de granos (80% grano): 5 - 8 kg / 1; dietas con bajo porcentaje de granos (75 - 80% de forraje): 9 - 11 kg / 1.
- Digestión ruminal. En el rumen habita una microflora (bacterias) y microfauna (protozoos) que producen la fermentación y digestión de gran parte de los alimentos que ingresan (fermentación anaeróbica). Según la dieta varía la composición de este ecosistema ruminal para producir nutrientes absorbibles (proteína, glucosa, ácidos grasos volátiles, principalmente).

#### **a. Condiciones mínimas de explotación**

La explotación abarca corrales para albergar a los vacunos con sus respectivos bebederos, comederos y sombra en algunos casos. Posee una aguada donde se almacena el agua de consumo, el complejo de manga, corrales y balanza para realizar tratamientos sanitarios y otras maniobras sobre la hacienda. Presenta una Planta de Alimentos que contiene los silos de almacenaje de granos, tolva de recepción, celdas para acopio de alimento molido, insumos embolsados (núcleos

minerales, proteicos), maquinarias para conformar la ración completa, mezcladora, molidoras, tractores, carros distribuidores. Debieran contar, además, con una planta o sistema de tratamiento de los efluentes (<http://engormix.com>. 2011).

#### **b. Descripción de los componentes que pueden tener efecto en el ambiente**

- **Ubicación.** Aun cuando se pueda desarrollar casi en cualquier región, demandarán menor inversión donde se reúnan condiciones aptas en relación a diversos factores. Clima: bajas precipitaciones, humedad menor al 70%, temperaturas dentro del rango de confort del bovino (menores a 25°C) y vientos leves. Suelo: livianos con buen drenaje o firmes con escurrimiento y pendientes naturales). Provisión de insumos: cercanía a los mercados de ganado y de abastecimiento de alimentos. Provisión de agua: cantidad suficiente para el consumo de los bovinos y de contenido de sales totales que sea apta para la producción de carne y leche. El acceso a la explotación debe soportar tránsito permanente. El lugar no puede estar afectado por el escurrimiento natural del agua (Villena, E. y Ruiz, J. 2009).

Corrales. La determinación del sector se rige por las pendientes del terreno, que deberían favorecer el natural escurrimiento del agua y efluentes. Dimensiones según el número de animales (promedio 20 a 30 m<sup>2</sup>/cabeza). El cercado suele ser con alambrado tradicional de 7 o 9 hilos de alambre, o con alambrado semifijo, electrificado. En el eje central del corral existe una lomada para asegurar un lugar libre de barro en zonas húmedas. Debe haber una buena nivelación. Una pendiente de un 3% es adecuada para un correcto drenaje (<http://www.produccionbovina.com>. 2007).

<http://www.fmvz.unam.mx>. (2005), indica que el comedero se instala en el frente del corral sobre la calle de distribución de los alimentos. Se calculan 20 a 40 cm de frente por cada animal y el bebedero se ubica en un lateral compartido por dos corrales, o en el centro, equidistante al comedero. Frente al comedero y bebedero

se puede acondicionar el piso con una banquina de hormigón, para obtener un lugar seco y resistente al pisoteo de los animales.

- Calles. Sobre el frente del corral debería estar la calle de distribución de alimentos, destinada sólo para ese uso, ser de doble mano, mejorada, con una zanja central de drenaje, la calle de movimiento de los animales, con una zanja lindera para escurrir el agua de lluvias y los efluentes. Lo ideal es que no se use una calle tanto para el movimiento de los animales como para el de la maquinaria.
- Aguada. La capacidad debe satisfacer el consumo de agua de tres días. Hay que considerar que el bovino consume entre 5 y 10 litros por kilo de materia seca de alimento (40 a 80 litros/cabeza/día). La cantidad total de sales disueltas debe ser menor a 3000 mg/l y tener menos de 10.000 ufc/l de coliformes (<http://www.produccionbovina.com>. 2007).
- Eliminación del estiércol. Si está emplazado cerca de un área urbana será necesario transportarlo hasta un lugar alejado para almacenarlo y tratarlo. En zonas rurales puede llevarse a terrenos para cultivo para usarlo como abono. Los efluentes que se originan de todos los desagües podrían ir a lagunas de decantación o estabilización (Gil, S. 2006).
- Maquinarias. El uso de tractores, autos, camionetas, etc., al consumir energía fósil (combustible), elimina gases de combustión a la atmósfera (dióxido de carbono y óxido nitroso) que contribuyen al efecto invernadero.

## **B. PRODUCCIÓN DE DEYECCIONES**

Bavera, G. *et al.* (2006), reporta que las heces, deposiciones fecales, estiércol o bosta del bovino están compuestas principalmente por agua y por los elementos no digeridos, ya sea por fibra lignificada indigerible o por granos con cubierta muy firme, o por otras fracciones alimenticias que podrían ser digeridas, pero que no lo son por un pasaje muy rápido por el tracto intestinal, como alimentos en

partículas muy finas, algunos sectores de fibra del forraje, alimentos muy digestibles, granos enteros. Las del bovino difieren de casi todas las especies animales por su alto contenido en agua, la que está en relación directa con la cantidad de heces excretadas y con la mayor o menor aptitud para concentrarlas, como es el caso del ganado cebú, cuyas heces tienen un contenido menor de humedad.

El bovino adulto defeca de 10 a 15 veces por día, el área cubierta por las heces se encuentra entre medio y un metro cuadrado diario y la cantidad total de heces eliminada es de unos 20 a 30 kg por día, pudiendo elevarse hasta 45 kg. Cuando la pastura es muy tierna, la cantidad de agua eliminada por heces puede alcanzar los 40 litros/día (Gil. S, 2006).

En diarreas agudas, la descarga fecal es mayor que en animales en estado normal.

Un vacuno excreta por día alrededor del 5 al 6% de su peso vivo. En un novillo de 400 Kg de peso vivo sería alrededor de 20 a 25 Kg diarios de estiércol. Dado su porcentaje de humedad del 80 - 85%, finalmente serían unos 3 Kg diarios de residuo sólido por animal, en promedio, que se eliminarían al corral. La composición en nutrientes, como porcentaje de sólidos totales secos, es aproximadamente en el estiércol recién excretado de nitrógeno 3 - 4%; fósforo 1 - 2%; potasio 1,5 - 3%; calcio 0,6% (Gil, S. 2006).

Las deyecciones contienen nutrientes, ya que el bovino absorbe en proporción muy poco de lo que ingiere. El 70 a 80% del nitrógeno consumido se elimina con las excretas. En la materia fecal, como nitrógeno de proteína bacteriana y proteína directa del alimento. En orina, proviene de la urea. Más del 90% del fósforo que ingresa con la dieta se elimina con la materia fecal en forma de fosfatos. Cualquier otro exceso de minerales en el alimento aparecerá en las excretas, dada la fisiología digestiva (<http://www.biblioteca.fagro.edu.uy>. 2010).

## 1. Excretas

Boné, A. (2006), indica que la materia fecal o heces y la orina forman un solo tipo de residuo, que se denomina excretas. El bovino deposita sus excretas aleatoriamente y tiene poco o ningún cuidado en no caminar o tumbarse en zonas sucias, excepto cuando hace frío y es poco comfortable.

Los bovinos tienden a agruparse durante la noche, consecuentemente, las heces se concentrarán en la área que han ocupado por la noche. Cuando los bovinos están expuestos a una climatología desfavorable, permanecerán en una zona protegida durante largo tiempo y por consiguiente, defecarán en mayor medida en la zona de abrigo.

Fuller, D. (2005), manifiesta que los bovinos no pueden controlar voluntariamente el paso de las excretas para ser eliminadas, sin embargo, parece que hay un componente alelomimético que ocasiona que muchas veces gran parte de los individuos de un rebaño de ordeño defeque cuando una vaca lo hace. Por otra parte, las barreras físicas que se colocan para impedir que un animal ensucie un compartimento limpio tiende a inhibir la relajación del esfínter anal, al menos temporalmente P.ej. una descarga eléctrica que prevenga que se levante la cola, inhibirá el paso de las heces.

La defecación puede darse tanto con el animal caminando como con el animal echado, lo normal es que suceda estando de pie. Existe una postura típica: la base de la cola se levanta y se arquea separándose del cuerpo, las patas traseras se colocan ligeramente adelantadas y separadas y la espalda se arquea. El grado de arqueamiento varía entre individuos. Una postura de defecación especial es adoptada tanto por los machos como por las hembras durante los comportamientos en los que escarban en el suelo y que forman parte de los patrones de conducta normales durante las amenazas de lucha.

La excreta no tiene en los bovinos un significado social. La postura de defecación adoptada por el animal tiende a minimizar que se ensucie el cuerpo con las heces. Un animal que se muestre convulsivo (por ejemplo durante una enfermedad o ante estados de excitación o porque ha sido expuesto a elevadas temperaturas), puede defecar sin que se arquee su espalda y por consiguiente se ensuciará. Los terneros que están sanos son más cuidadosos que los adultos a la hora de procurar no ensuciarse la piel, posiblemente porque las heces resultantes de las dietas lácteas tienen una estructura más irritante (<http://biblioteca.fagro.edu.uy>. 2010).

En relación a la composición química del estiércol Pérez, G. y Viniegra, G (2008), indican que los nutrientes encontrados en el estiércol ayudan a construir y mantener la fertilidad del suelo. La composición química del estiércol es variable debido a diversos factores tales como: la edad y especie de ganado, el tipo de alimentación. Tipo de ración y digestibilidad. El porcentaje normal de humedad se encuentra en un rango de 68-85%; el contenido de nitrógeno está entre 50-100%; el contenido de fósforo se ubica entre 9-20% y el porcentaje normal de Potasio se encuentra entre 13-92% en animales con pesos entre 364 a 432 kg.

Pérez, G. y Viniegra, G. (2008), señala algunas características del estiércol como son: el nitrógeno se encuentra soluble en un 50%, del cual 20% está en forma de proteína y 30% en forma de urea y amoníaco. Además el crecimiento bacteriano está limitado principalmente por la poca cantidad de carbohidratos que se encuentra disponible y presenta un pH entre 7,79 y 8,19.

La cantidad de estiércol producido y su composición depende de factores como raza, edad del animal, el tipo y cantidad de alimento consumido, el volumen de agua, el trabajo efectuado por el animal, entre otros.

Una vaca lechera de buen nivel productivo entre 28 - 30 lt /día, genera unos 40-60 kilos/día de estiércol (González, E y Sandoval, O. 2005). Las características generales del estiércol de ganado lechero y ganado de carne por peso se reporta en el cuadro 1.

Cuadro 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTIÉRCOL POR PESO DEL ANIMAL.

Animal	Peso (kg)	Estiércol (kg/día)	DBO5 (gr/día)	N (gr/día)	P (gr/día)	K (gr/día)
Ganado	67.95	5.43	117	27.18	10.41	21.74
Lechero	113.3	9.06	194	45.30	20.38	38
	226.5	18.12	389	90.60	37.4	76.5
	453	36.24	770	185.75	75.2	147
	634.2	50.74	1078	258.21	105	207
Ganado de carne	226.5	18.12	362	77.01	57.2	65.6
	453	36.24	724	154.02	133	130
	339.8	27.18	543	117.78	86	103.7
	566.6	45.30	906	194.79	144	169

Fuente: González, E. y Sandoval, O. (2005).

## 2. Orina

Fuller, D. (2005), menciona que en la mayoría de los ungulados, los machos, tanto enteros como castrados adoptan una postura para orinar con las patas abiertas, cuando orinan el pene se exterioriza, las hembras no suelen adoptar esta postura sino que retrasan sus patas traseras y seguidamente a la expulsión de la orina contraen la vulva, cuando están en celo pueden darse conductas más complejas. En bovinos, las hembras no orinan mientras caminan y sólo en raras ocasiones lo hacen tumbadas. El animal se coloca de pie en una posición típica parecida a la de la defecación, quizá con un mayor arqueamiento de la espalda. La orina es expulsada con tal fuerza que a veces se ensucia la piel del animal, aunque en menor medida que cuando defeca. La primera vez que se observa en un animal la postura de micción completa es durante la primera vez que se orina (a las 3-4 horas después del parto).

Los machos orinan en una posición normal estando de pie, no hay muchas modificaciones en la postura, excepto un ligero estiramiento de las patas traseras. A diferencia de las hembras, pueden orinar mientras caminan, la orina gotea por

el prepucio. La orina de macho pasa muy lentamente y no sale a tanta presión como las hembras (Fuller, D. 2005).

La frecuencia de la eliminación está afectada por la cantidad y calidad de las heces, temperatura ambiental, humedad relativa, producción de leche y por la individualidad del animal.

Un bovino sano orina una media de 9 veces y defeca de 12-18 veces en 24 horas. El número diario de veces que orina o defeca es mayor en vacas que están produciendo leche que en las que están secas, aunque el volumen de orina y heces emitida por cada vaca varía con la raza, el número de veces que se hace es aproximadamente el mismo. Los patrones eliminativos de dos razas de bovino lechero se indican en el cuadro 2.

Cuadro 2. PATRONES ELIMINATIVOS DE DOS RAZAS DE BOVINO LECHERO.

Patrones	Holstein	Jersey
Nº veces que orina	8	9
Nº de defecaciones	17	18
Cantidad de orina emitida (lt)	14.51	12.24
Cantidad de defecaciones emitida(kg)	39.92	29.93

Fuente: Fuller, D. (2005).

Se ha encontrado una relación directa entre humedad relativa, frecuencia y volumen de orina: en ambientes calurosos y secos (20% de humedad relativa), las vacas Holstein y Jersey orinan una media de 3,2 veces en un periodo de 24 horas; en ambientes calurosos pero húmedos (80% de humedad relativa) las mismas vacas orinan una media de 12.4 veces (Fuller, D. 2005).

Álvarez, L. (2008), indica que la excreción de varios metabolitos por la orina representa la fase final de una serie de reacciones orgánicas, que en muchos casos cobran mayor significación que sus propias concentraciones en la sangre.

Existe una relación muy estrecha entre los constituyentes nitrogenados de la orina y el consumo de proteínas: cuando el consumo energético es adecuado, pero el de la proteína es deficiente, los rumiantes excretan una orina muy baja en urea.

Las mediciones de concentraciones de electrolitos en este fluido corporal constituyen un importante complemento en los estudios metabólicos. La caracterización bioquímica de la orina se lo realiza para la determinación de los metabolitos energéticos, proteicos, minerales y el desvío del estado ácido básico.

Los indicadores físicos y químicos de la orina se resume en el cuadro 3.

Cuadro 3. INDICADORES FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA ORINA EN GANADO BOVINO.

Indicadores	Rango de normalidad
Peso específico	1030-1045
pH	7,8-8,4
Cetonas	<10mg/100mL
Proteínas	<15mg/100mL
Urea	0,8-1,8g/100mL
Bilirrubina	<0,1 mg/100mL

Fuente: Álvarez, L. (2008).

Las funciones de la orina influyen en la homeostasis.

- Eliminación de sustancias tóxicas producidas por el metabolismo celular como la urea.
- Eliminación de sustancias tóxicas como la ingesta de drogas.
- El control electrolítico, regulando la excreción de sodio y potasio principalmente.
- Regulación hídrica o de la volemia, para el control de la tensión arterial.
- Control del equilibrio ácido-base.

<http://www.produccionbovina.com>. (2007), reporta que el nitrógeno excretado por la orina (70 %), principalmente en forma de urea, que se convierte en amonio y nitratos, formas disponibles para los microorganismos del suelo. El nitrógeno excretado por heces está en formas orgánicas, no disponible en forma inmediata.

El potasio y azufre son aportados por la orina. Con respecto a las pérdidas durante el reciclaje de estos elementos, las mayores ocurren en la fracción del nitrógeno por volatilización y lixiviación.

### **C. PROBLEMA DEL MANEJO DE EXCRETAS**

Rodríguez, C. (2010), manifiesta que una buena utilización de los residuos ganaderos y una buena redistribución de los mismos, hace que se considere como residuos los excedentes que no se han reciclado en el ciclo normal de fertilización orgánica de las tierras de cultivo.

La intensificación ganadera conlleva a una serie de situaciones como son:

- Concentración de explotaciones en zonas concretas.
- Concentración de residuos en unas zonas concretas.
- Concentración en estas zonas de infraestructura de industrias y servicios, mataderos, industria cárnica, etc.
- Creación de riqueza.

El siglo actual ha permitido en muchos países adquirir un importante grado de desarrollo. Ese desarrollo industrial y económico ha sido, en la mayoría de los casos, ignorante a los problemas relacionados al ambiente, polución y contaminación del suelo, agua y aire. Sin lugar a dudas, el mantenimiento y restauración del ambiente será probablemente uno de los grandes desafíos del siglo XXI (<http://www.fao.org>. 2006).

De lo anteriormente expuesto surge la pregunta si la agricultura y la ganadería pueden llegar a ser procesos contaminantes del ambiente. En relación a ello los procesos son contaminantes, y que la producción agropecuaria no es el principal contaminante. De todos modos y por citar un ejemplo, la producción de rumiantes es responsable de un cierto porcentaje del efecto invernadero, a través de la producción de CO<sub>2</sub> y metano.

En términos sociales, se ha tratado de:

- Garantizar el suministro de alimentos en precios razonables, es decir ofrecer proteína de alto valor biológico a bajo precio.
- Aumentar los niveles en la población rural, evitando de este modo el éxodo hacia las ciudades. En tal sentido se observa en la región un importante déficit económico en los establecimientos agropecuarios de superficie reducida.
- Estabilizar los mercados a través de una oferta constante de productos agropecuarios.

Hay situaciones paralelas a la producción que merecen citarse:

- Efectos en la insistencia de niveles de producción, con la consiguiente degradación de los recursos naturales, muchos de ellos con tasas de renovación interanual, de las cuales dependen en última instancia el ritmo de producción.
- El uso sistemático de productos sanitarios ha creado problemas de resistencia, por lo cual los tratamientos deben ser más frecuentes y costosos, aumentando los riesgos de contaminación.
- A su vez la mayor concentración animal favorece la dispersión de enfermedades y la eliminación de residuos que junto al uso de fertilizantes

provocan la eutrofización del agua. Todo ello afecta al ecosistema, perjudicando a la población humana y a la biota acuática (Vélez, G.2005).

## **1. La producción agropecuaria moderna y su impacto ambiental**

<http://www.fao.org>.(2009), indica que la mecanización, el empleo de productos químicos y las labranzas impropiedades, llevaron a las alteraciones del paisaje, produciendo el llamado primer impacto ambiental.

Por otra parte, como consecuencia de este aumento en el consumo, los precios tendieron a elevarse y se recurrió a la importación de productos. Todo ello atrajo inversiones de capital extra agrario, conformándose finalmente las características de la agricultura y la ganadería modernas que provocaron el segundo impacto ambiental.

<http://www.produccion-animal.com.ar>.(2010), menciona que, dichas características son:

- Concentración de la producción, generalmente próxima a centros de consumo y en unidades de gran magnitud.
- Especialización de la producción, creando núcleos. Todo esto trajo como consecuencia la disminución en el número de explotaciones.
- Intensificación de la producción, independizándose del factor tierra para ser independiente.

## **2. Efectos sobre el medio**

Cuando el medio recibe el aporte de cualquier cuerpo extraño se produce un cambio en su equilibrio, que vuelve a restablecerse en un tiempo mayor o menor siempre cuando el aporte no haya sido lo suficientemente intenso como para que el desequilibrio provocado sea irreversible o bien se origina un nuevo equilibrio que puede ser positivo. Estas alteraciones son originadas por los distintos componentes de los residuos (Rodríguez, C. 2010).

### 3. Efectos sobre el suelo

Materia orgánica: Los aportes de materia orgánica conducen a crear un equilibrio en el contenido del suelo en materia orgánica (humus), cuando se aportan residuos orgánicos es alterado el equilibrio existente dando lugar a uno nuevo y es precisamente este cambio el que puede alterar la calidad del suelo receptor. Indudablemente en suelos pobres en humus estable el incremento será positivo, en suelos con un humus elevado dará lugar a problemas tanto en cuanto a fertilidad como de contaminación (Vélez, G. 2005).

No existe por lo tanto un criterio único sobre el nivel máximo a aportar, si existen datos sobre los efectos de la modificación del incremento en el contenido en humus como se indica en el cuadro 4.

Cuadro 4. INCREMENTO DEL CONTENIDO EN HUMUS (%).

Unidades de ganado mayor.(U.G.M.)	+ 10 AÑOS	+ 20 AÑOS
1,5	0,2	0,3
3,0	0,4	0,6
4,5	0,6	0,9

Fuente:<http://www.produccion-animal.com.ar>. (2010).

Se ha comprobado que aportes como los reseñados no producen efectos negativos, salvo en el caso de las praderas, en las cuales aportes equivalentes a 4,5 U.G.M. pueden provocar efectos negativos, reduciendo el poder extractor de dicho cultivo, ello se traduce en una baja de la productividad.

Los aportes de materia orgánica, procedentes de residuos ganaderos, incrementan los contenidos en nitrógeno. Un aporte de residuos ganaderos, equivalentes a 1,5 U.G.M. de ganado bovino, incrementa en un 0,01 % el nitrógeno de la capa arable, lo que representa 300 Kg de N/ha. La totalidad de este nitrógeno no puede ser extraído por los cultivos puestos que el nitrógeno de los residuos ganaderos se encuentra en tres fracciones: mineralizable (Nm), orgánica (No) y residual (Nr).

Es muy difícil que el nitrógeno pueda producir efectos nocivos en los suelos pues tan solo cuando el contenido en nitratos de un suelo se aproxima a 4 g/kg pueden presentarse fenómenos de toxicidad.

Fósforo: no suele originar fenómenos de toxicidad en los suelos, más bien al contrario el abonado fosforado es muy útil para todos los cultivos. Solamente pueden presentarse problemas en las praderas, y más que sobre ellas, sobre el ganado vacuno que padece en praderas con un fuerte contenido en fósforo considerando que, más que por, el exceso de fósforo, es por un desequilibrio con otros macro y micro-elementos.

Potasio: Las necesidades en función de suelos y cultivos oscilan entre los 50 y 200 kg/ha/año. Nuevamente es en el caso de aportes a praderas donde pueden presentarse problemas cuando las praderas receptoras son pastadas por ganado bovino, puesto que esta especie animal es muy sensible a las carencias de magnesio. El potasio tiene un cierto antagonismo con el magnesio provocando el exceso de potasio una carencia de magnesio en la sangre del ganado bovino.

Cobre: El cobre es utilizado como aditivo en la alimentación porcina. Las concentraciones máximas aceptadas son de 150ppm hasta 200ppm, para el desarrollo y crecimiento de cerdos. Prácticamente la totalidad del cobre ingerido es eliminado. Simultáneamente los cultivos pueden extraer entre 15 y 50 g, de Cu por ha y año lo que acarrea un enriquecimiento en cobre de los suelos, acumulándose en la capa arable dada su escasa movilidad. Bien es cierto que algunos investigadores estiman que el 50 % del cobre aportado se presenta bajo formas solubles y por lo tanto, esta fracción, es asimilada por los cultivos. Dado que un suelo normalmente contiene entre 5 - 15 ppm y que a partir de 50 ppm este elemento comienza a ser tóxico es fácilmente comprensible que el aporte de residuos de ganado porcino, realizados como vertido y no como reciclado, puede provocar graves daños a los suelos. Bien es cierto que en el momento actual tiende a suprimirse este aditivo y se espera que en los próximos años, por mejora genética o por utilización de otros, su uso tiende a ser excluido en el sistema alimentario (Rodríguez, C. 2010).

Carrillo, L. (2007), menciona que el pH de las deyecciones animales oscila, como valor medio, entre el 6,7 del bovino de ordeño al 7, 0 del originado por el ganado porcino y el 8,0 en los residuos de bovino de engorde o cebo. El efecto de su aporte sobre el pH de los suelos es algo acidificante.

#### **4. Efectos sobre las masas del agua**

Herrero, M. (2008), manifiesta que los nitratos pueden llegar por filtración o escorrentía a los cuerpos de agua. El nitrógeno puede provenir también por precipitación del amoníaco emitido desde las deyecciones, y para ser usado por las plantas debe ser oxidado por bacterias nitrificadoras a ión nitrato. Los problemas que pueden acarrear son contaminación del recurso agua por el aumento en sus concentraciones por encima de los límites guía permitidos (nitratos 45 mg/l) y eutrofización de los ecosistemas acuáticos. El exceso de minerales en la ración, al no ser absorbido por el tracto digestivo, es eliminado con las excretas, trasladándose al suelo, con posibilidades de pasar a los cursos de agua.

Materia orgánica. Si el estiércol llega a los cuerpos de agua que tienen poca renovación (poca aireación con entrada de oxígeno) sin tratamiento previo, aporta una considerable cantidad de materia orgánica con el consiguiente aumento de la eutrofización de dicho ecosistema generalmente lagunas.

Avermectinas. Importancia relativa para la vida acuática, de la dosis administrada parte se elimina con la materia fecal, cumpliendo su función, por ejemplo inhibir el desarrollo de larvas de moscas parásitas del bovino (*Haematobia irritans*). El estiércol de cientos de vacunos de un engorde a corral que hayan sido medicados con esta droga, que llegue a los cursos de agua, puede causar toxicidad en la fauna ictícola (Carrillo, L. 2007).

Aguas superficiales. El principal efecto es la eutrofización, caso particular de polución, que se produce ante un aumento de disponibilidad de nutrientes,

especialmente aquellos que constituyen factores limitantes para el desarrollo de organismos fotosintéticos como algas y macrófitas. Una masa de agua pasa de un estado oligotrófico (de baja productividad) a otro eutrófico (de elevada productividad), favorecido principalmente por dichos nutrientes (fósforo y nitrógeno), y por acción de la temperatura del medio. El N y el P se encuentran en proporciones considerables en los residuos ganaderos, son precisamente ambos los que provocan los daños aludidos, puesto que la materia orgánica, salvo vertido directo, no produce problemas de contaminación (Herrero, M. 2008).

Aguas subterráneas. Los compuestos orgánicos alcanzan las masas de agua subterráneas por filtración a través del suelo; la capacidad filtrante depende de varios parámetros porosidad, capacidad de absorción, formación de compuestos solubles o insolubles, etc. En cuanto a la materia orgánica su influencia en la alteración de las aguas subterráneas es relativamente pequeña. El nitrógeno juega un papel distinto, el nitrógeno amoniacal son los nitritos y nitratos, al ser muy solubles, se incorporan a las aguas de precipitación o riego, acompañándolas en su recorrido a través del suelo, alcanzando finalmente a las masas de agua subterráneas. El fósforo, ión ortofosfato, se combina con los iones Fe, Al y Ca dando lugar a compuestos poco solubles, siendo retenidos por el suelo y puestos a disposición de los cultivos.

Las poblaciones microbiológicas, bacterias y virus, son retenidos por el poder filtrante del suelo, recorriendo solamente pequeñas distancias en el horizonte edáfico (Vélez, G.2005).

Como consecuencia se puede estimar que el verdadero parámetro contaminante de las aguas subterráneas está constituido por el nitrógeno, siendo oportuno incidir en las causas de su incidencia, como forma de actuar en su control. Anteriormente se ha aludido a las distintas fracciones de este elemento: nitrógeno mineralizable (Nm), nitrógeno orgánico (No) y nitrógeno orgánico residual (Nr). Cuando los residuos ganaderos son aportados a los suelos, los compuestos nitrogenados inician la mineralización.

El nitrógeno amoniacal tiene una mineralización rápida, formándose en primer lugar nitritos y posteriormente nitratos, ambos son solubles, constituyendo el segundo la forma idónea de extracción por los cultivos. Esta mineralización es un proceso aeróbico en el que intervienen bacterias como *Azotobacter* y *Nitrobacter*. En medio anaerobio se provoca una desnitrificación que da lugar a la formación de nitrógeno que escapa a la atmósfera. Continuando con la mineralización, el nitrógeno orgánico pasa en primer lugar a forma amoniacal que dará lugar primeramente a la formación de nitritos y posteriormente se formarán los nitratos (Carrillo, L. 2007).

Todo ello lleva a hacer una consideración fundamental. Si cuando finaliza la mineralización, formación de nitratos, existe en el suelo un cultivo que extraiga esta fracción, éstos serán extraídos por los cultivos, si por el contrario este cultivo no existe, los nitratos serán trasladados por las aguas de infiltración. Como consecuencia no todo el nitrógeno mineralizable es extraíble, en un abonado primaveral tan solo el 60%, de esta fracción, es extraído por los cultivos. Del 40% restante el 13,5% será extraído al año siguiente, el 20% se pierde por desnitrificación y el 66,5% por lixiviación (Herrero, M. 2008).

## **5. Efectos sobre la atmosfera**

Rodríguez, C. (2010), indica que, los efectos que los residuos ganaderos generan sobre la atmósfera están ligados a los componentes volátiles que emanan en los procesos de transformación de los componentes orgánicos de que están formados. Como es lógico la incidencia más intensa se producirá en la calidad atmosférica de los recintos donde se producen, acumulan o se aportan tales residuos. El origen de estos gases reside en la acción de determinados microorganismos anaerobios sobre: las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, dando lugar a compuestos volátiles y a gases con un grado determinado de nocividad: Irritante ( $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ) y asfixiantes ( $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ).

Colombatto, D. (2007), señala que se produce el calentamiento global: por la emisión de gas metano, tanto por la fermentación ruminal como por la producida por las excretas en un manejo en el cual se produzca fermentación anaeróbica; emisión de dióxido de carbono por combustión de derivados del petróleo (combustibles) de maquinarias utilizadas en los cultivos, en el funcionamiento diario del feedlot; producción de óxido nitroso desde el estiércol a partir de reacciones con oxígeno y por combustión también de derivados del petróleo.

- Emisión de amoníaco: el contenido de urea del estiércol es hidrolizado por las enzimas "ureasas" de microorganismos del suelo y del mismo estiércol, produciendo amoníaco que se volatiliza. Este gas, además, ocasiona un olor desagradable. Este amoníaco puede volver a precipitar en el suelo o en la superficie de cuerpos de agua (acidificación), incrementando su contenido de nitrógeno.
- Polvo: el estiércol seco en los corrales en zonas semiáridas o en épocas de escasas precipitaciones y viento, puede ocasionar contaminación de la baja atmósfera. Una de las formas de control es a través de la superficie destinada a cada animal. Al disminuir los metros cuadrados destinados a cada uno aumenta la superficie húmeda. Se considera que un 25% de superficie húmeda puede ser el óptimo para controlar la emisión del polvo.
- Proliferación de moscas: si bien no es una contaminación, hay un cambio en el medio local por el incremento de las mismas al tener sustrato en abundancia en el estiércol fresco.

## **6. Reciclaje de desechos orgánicos ganaderos, aspectos microbiológicos**

El creciente aumento de las producciones pecuarias intensivas, ha traído consigo un problema de excretas y de contaminación ambiental. Esta situación puede afectar a la salud animal con las consiguientes implicancias en el ambiente humano, por lo que previamente a la aplicación de cualquier tecnología en

reciclaje se requiere una investigación del ecosistema bacteriano para conocer y prevenir riesgos sanitarios eventuales.

Rodríguez, C. (2010), reporta cifras de 46.000 millones de toneladas de producción mundial de desechos fecales de pollos parrilleros, ponedoras y reproductores; de los cuales sólo alrededor del 25% son recolectables y potencialmente disponibles para ser usados como alimento u otro proceso de recuperación.

El estiércol bovino es el mayor desecho producido en los agroecosistemas, un uso inapropiado puede crear problemas tales como olor, producción de nitratos y otros polutantes en cuerpos de agua. En estos, se han aislado microorganismos fijadores del nitrógeno como *Azotobacter*, citándose la sobrevivencia de hasta diez semanas (Rodríguez, C. 2010). Así mismo se ha realizado el aislamiento de distintas especies del género *Clostridium* en estiércoles de bovinos lecheros.

Los grandes volúmenes de desechos porcinos producidos en criaderos industriales pueden producir alteraciones en el ambiente animal y humano, por lo que se ha estudiado la contaminación producida por Coliformes totales, Coliformes fecales, *Clostridium sulfitos reductores* y *Salmonella*. La magnitud de este problema es mayor si se considera que un cerdo elimina diariamente, en términos de su peso vivo, entre 0.6 y 1% en materia seca o 3.8 a 8.6% en materia fresca de estiércol.

Es de interés mencionar que la dieta influye sobre la composición de la microflora intestinal. Diversos trabajos indican que en porcinos, la incorporación de antibióticos y quimioterápicos en la ración altera su flora entérica. La adición de penicilina, estreptomycinina u oxitetraciclina, produce un aumento de bacterias fecales. Al agregar sales de cobre o ácido arsánico a las raciones también se genera un incremento de Coliformes y *Salmonella* (Rodríguez, C. *et al.* 1997).

Es evidente que los animales ocupan el punto central de la moderna epidemiología de la salmonelosis y que representan un reservorio difícilmente controlable de gran importancia sanitaria. El hombre contrae la infección al consumir alimentos contaminados de origen animal. La contaminación de aquellos puede ser debida también a productos pecuarios portadores de gérmenes. Salmonella es un patógeno entérico capaz de permanecer viable hasta seis meses o más en desechos orgánicos. Salmonella *dublin* puede sobrevivir hasta 150 días en estiércoles bovinos y 330 días en estiércoles porcinos (Rodríguez, C. 2010).

#### **D. ESTRATEGIAS COMPATIBLES CON EL MEDIO AMBIENTE**

Boné, A. (2006), indica que utilizar racionalmente los insumos y recursos que utilizan los sistemas agrarios es una estrategia para minimizar la contaminación ambiental. Los insumos se refieren al suelo, agua, energía, fertilizantes y fitosanitarios, recursos genéticos o ganaderos, que no dejan de formar parte del concepto de biodiversidad, por más que este término se aplique generalmente a los ecosistemas naturales.

<http://www.fao.org>. (2009), manifiesta que dentro de los sistemas en su conjunto se deben considerar los siguientes conceptos:

**Conservar el suelo como recurso agrario básico.**- Se debe hacer hincapié en el laboreo de conservación en sus diversas formas y prácticas, a la rotación de cultivos, la selección de los mismos y aprovechamiento más adecuado de cada situación, el manejo de los residuos de cosecha y la eliminación de prácticas inadecuadas como la quema de rastrojos.

**Usar el agua de forma eficiente.**- Como el suelo, el agua es otro de los insumos básicos y tradicionales de los agro-ecosistemas, cuya escasez se deja sentir a medida que crece el consumo y otras actividades con el riego. Se plantearán los siguientes objetivos: disminuir su consumo, administrar el recurso, mejorar la

calidad o lo que es lo mismo reducir la contaminación y utilizar fuentes alternativas de suministro.

A estos objetivos se suman prácticas relativas a la mejora de los sistemas de riego, a la reutilización de aguas residuales debidamente tratadas y a la introducción de cultivos y sistemas de cultivos menos exigentes en recursos hídricos.

**Optimizar el uso de la energía.-** Las complejas operaciones que requieren las actividades agrarias laboreo, recolección, producción de carne, leche; consume recursos energéticos en cantidades importantes.

Esta situación se resuelve reduciendo el consumo, produciendo y utilizando energías a partir de recursos renovables, a los que se asocian una serie de prácticas y recomendaciones muy concretas: reducir el consumo de combustible en la maquinaria y en las labores: recolección, transporte, almacenaje y acondicionamiento; utilización de energías alternativas, eólica y solar.

**Adoptar sistemas de cultivo ambientalmente integrados.-** En la actualidad existen sistemas agrícolas que utilizan un conjunto coherente de tecnologías basadas en una sensibilidad y preocupación por el ambiente. Tales sistemas corresponden a la agricultura y/o ganadería alternativas, agricultura ecológica, agricultura biológica, etc.

**Reducir la contaminación de origen agrario.-** La emisión de contaminación por las prácticas agrícolas presenta un problema anexo por su carácter difuso y consiguientes dificultades de control. La contaminación de origen agrario es un proceso que se inicia con la emisión, se difunde a través de los vectores ambientales como el agua, el aire y suelo, y acaba afectando a los seres vivos (Botero, R. 2006).

### **1. Limitar emisiones a la atmosfera**

Se refieren al polvo producido por las labores agrarias, al arrastre de pesticidas, herbicidas y fertilizantes por el viento durante los tratamientos, a los escapes de compuestos de nitrógeno que intervienen en el complejo fenómeno de las lluvias ácidas, etc. A ello hay que sumar los olores asociados sobre todo a las actividades ganaderas pero también a las agrícolas (Berra, G. 2006).

### **2. Reducir la producción de residuos sólidos**

Respecto a la producción de residuos sólidos, primero se los trató de forma tal que no ocasionen problemas al medio ambiente, después se puso el énfasis en la reutilización y reciclado y actualmente el enfoque predominante es la minimización y en lo posible, la producción nula de residuos (Boné, A. 2006).

### **3. Minimizar la producción de efluentes líquidos**

Se debe minimizar la producción y controlar la contaminación agraria difusa, mediante prácticas incluídas a fertilizantes y productos fitosanitarios, y otras relativas al almacenamiento y manejo de residuos ganaderos (Berra, G. *et al.* 2006).

### **4. Los residuos ganaderos**

El tratamiento de los residuos cada día reviste más importancia dada la dimensión del problema que representa, no sólo por el aumento de los volúmenes producidos, generado a su vez por una mayor intensificación de las producciones, sino también por la aparición de nuevos productos y principalmente por enfermedades que afectan la salud humana y animal que tienen directa relación con el manejo inadecuado de los desechos orgánicos.

Los residuos ganaderos son muy heterogéneos, están formados por las deyecciones sólidas y líquidas, las camas y restos de alimentos, fitosanitarios,

antibióticos, restos de embalajes etc. Se pueden dividir en dos grandes grupos: estiércoles y purines, los primeros están formados por las deyecciones, sólidas, líquidas y las camas del ganado. Los segundos disponen de una gran cantidad de agua en su composición.

La producción de deyecciones de bovinos se reporta en el cuadro 5.

Cuadro 5. DEYECCIONES DE BOVINOS.

Animal	Edad (meses)	Deyecciones producidas (orina + heces kg/día)
Ternero	3-6	7
Vaca	24+	28
Vaca lechera	24+	45

Fuente: Rodríguez, C. (2010).

En cuanto a producción, se acepta, de forma general, una producción media diaria de deyecciones sólidas y líquidas, equivalentes al 7% del peso vivo del animal pero también sometidas a numerosos factores que inciden en una alteración del valor citado.

## **5. Potencial contaminante de los residuos ganaderos**

El potencial contaminante de los residuos ganaderos viene determinado por los parámetros: materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados, particularmente cobre.

<http://oa.upm.es>. (2005), destaca a la materia orgánica porque la contaminación, que potencialmente puede producir es extremadamente elevada, sobre todo si la valoración contaminante se realiza en función de la carga orgánica, tan solo, los residuos que poseen una carga superior. Determinar y comparar cargas contaminantes exige expresar los resultados en determinadas unidades: suele

realizarse en DBO5, DQO. La DBO5 mide la carga orgánica en función del consumo de oxígeno, por vía biológica en mg/l, a temperatura constante durante cinco días.

Rodríguez, C. (2010), menciona que en cuanto a la DQO, determina el oxígeno consumido, por vía química, por las materias reductoras presentes en el efluente analizado, utilizando el permanganato de potasio como agente oxidante. Por otra parte los residuos ganaderos son portadores de poblaciones microbianas que inciden negativamente en la salud humana y animal, constituyendo un riesgo que debe ser conocido. Se trata de bacterias, virus y hongos.

## **6. Efectos sobre el medio**

Cuando se propone mantener unas concentraciones de oxígeno y unas temperaturas óptimas para la actividad microbiana con el objetivo de reducir al máximo el tiempo que tarda un estiércol en transformarse en un material estabilizado y en un abono de calidad, estamos haciendo lo que se llama proceso de compostaje (Chonillo, J. 2008).

Aunque el compostaje es tan antiguo como la agricultura, es una tecnología vigente por la eficiencia que ha mostrado en el tratamiento de residuos orgánicos sólidos. Esta vigencia ha impulsado a conocer sus fundamentos con mayor profundidad, lo que ha permitido sistematizar y optimizar su aplicación a diferentes residuos y situaciones. El compostaje se considera una biotecnología, por la explotación industrial del potencial de los microorganismos. También es considerado una ecotecnología porque permite retornar al suelo la materia orgánica y los nutrientes vegetales, introduciéndolos nuevamente en los ciclos biológicos.

A pesar de que el proceso de compostaje tiene un fundamento muy sencillo, es muy robusto y también muy versátil, puede aplicarse a muchos tipos de materiales y mezclas, a escalas de trabajo muy distintas y empleando equipos muy o nada sofisticados, es preciso entenderlo para poder controlarlo y aprovechar al máximo sus posibilidades.

El compostaje reduce el volumen y la masa de los residuos, facilita su almacenaje, permite un aprovechamiento agrícola mejor y más flexible, y minimiza el riesgo sanitario inherente a todas las operaciones anteriores.

Esto permite realizar una verdadera gestión del uso de los estiércoles: no es necesario verter al campo porque molestan, sino que puede plantearse una aplicación enfocada a mejorar la fertilización ahorro de abonos minerales y el suelo ahorro de agua, y en ciertos casos, a reducir el uso de plaguicidas.

## **E. UTILIZACIÓN DE LAS EXCRETAS**

### **1. Producción de biogás, bioabono**

El biogás es el resultado del proceso que sufren las excretas en el biodigestor, este biogás está compuesto a su vez por varios tipos de gases, los cuales se conocen con los nombres de metano, gas carbónico, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno, ácido sulfhídrico. Metano 60-70%, CO<sub>2</sub> 30-45%, Hidrógeno 1-3% (Sosa, R. y Chao, R. 2005).

Silva, J. (2005), indica que la combinación del reciclado de residuos animales con el cultivo de abonos verdes proporciona el nitrógeno necesario para la tierra agrícola. El reciclado puede hacerse mediante digestión anaeróbica, pues el contenido relativo de nitrógeno es mayor en el estiércol digerido que en el fresco.

El aumento del interés popular para contrarrestar la polución ambiental hace de la digestión anaeróbica el medio conveniente para tratar tanto los efluentes líquidos como los desechos sólidos, además de constituir una fuente alternativa de energía.

<http://www.ingenieroambiental.com>. (2006), manifiesta que otro de los productos que se puede utilizar del biodigestor es el abono líquido que sale producto de la fermentación de las excretas, este producto reduce el uso de fertilizantes

químicos y tiene un contenido mineral similar al de las excretas frescas, pero de mejor calidad nutricional para las plantas. Entre los componentes que posee son proteínas: 25-27%, Nitrógeno 2-7%, Fósforo 1.1-2.9%, Potasio 0.8-1.8%.

Castellanos, J. (2011), menciona que con la elaboración de biodigestores se obtiene ventajas dentro de la digestión anaerobia para el aprovechamiento de los efluentes de salida biol y biosol como son:

- Estimula y fortalece los diferentes tejidos vegetales.
- Aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Reduce la cantidad y costos de fertilizantes químicos.
- Incrementa la producción agrícola pecuaria, minimiza costos y maximiza utilidades financieras.
- Alto contenido de nitrógeno orgánico convertido en amoníaco.
- Reduce malos olores al consumir los ácidos volátiles.
- Reduce notablemente la carga orgánica y por ende microorganismos patógenos.

## **2. Producción de Compost**

Sztern, D.*et al.* (2008), manifiesta que el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas.

Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que intervengan. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer

el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos.

#### **a. Ventajas**

Jaramillo, G y Zapata L. (2008), manifiestan que el compostaje de las deyecciones ganaderas comporta, entre otras, las siguientes ventajas:

- Reduce el espacio necesario para el almacenamiento, porque reduce la masa y el volumen.
- Resulta menos costoso que otras alternativas, especialmente si se considera todo el ciclo de la deyección ganadera, desde la granja hasta el campo.
- El producto obtenido el compost genera menos, malos olores, tanto durante el almacenamiento como en la aplicación al campo, que el estiércol fresco.
- Mejora el control de las moscas (mejora las condiciones de higiene del ganado).
- Mejora el control de las malas hierbas (permite reducir el uso de pesticidas).
- El compost es más fácil de manejar y de distribuir.
- Permite reducir la frecuencia de aplicación, ya que el compost se comporta como un fertilizante de liberación lenta.
- Amplía el abanico de potenciales usuarios.
- Admite el tratamiento conjunto con otros restos orgánicos de la misma explotación ganadera.

#### **b. Requisitos para el compostaje**

- Tener una deyección ganadera compostable, sea sola o mezclada con otros materiales de características complementarias, de los que también se pueda disponer fácilmente (Sztern, D. *et al.* 2008).

- Disponer del espacio que requiere el proceso en sí y también el almacenaje del producto final, espacio que a menudo puede ser el mismo que actualmente se destina al estercolero.
- La superficie debe estar con cubierta y pavimentada si la pluviometría de la zona es alta.
- Disponer de un mínimo de maquinaria, que puede variar en función de la opción escogida para el proceso de aireación, volteo, pero que es habitual en la mayoría de explotaciones ganaderas.
- Tener una salida para el producto, ya sea en el ámbito de la misma explotación, si no hay excedentes, o en un mercado externo, en caso de que existan estos excedentes (Jaramillo, G. y Zapata, L. 2008).

### **3. Producción de Bokashi**

De acuerdo con Cedeño, J. (2005), dice que “Bokashi” es un término del idioma japonés que significa abono fermentado. Para su elaboración se puede utilizar todo material orgánico como desechos de plantas, de cocina, melaza, excretas de animales, y otros.

El uso de las excretas, además de reducir la contaminación es considerado la principal fuente de nitrógeno en los abonos fermentados. La composición de las excretas de los animales varía de acuerdo a la especie y al alimento que consumen, además del manejo que recibe durante el proceso de conversión a abonos.

En el cuadro 6, se presenta la comparación del contenido de nutrientes de excretas en diferentes especies animales.

Cuadro 6. CONTENIDO DE MACRO NUTRIENTES EN EL ESTIÉRCOL SECO DE ALGUNAS ESPECIES ANIMALES.

	N	P	K	Ca	Mg
	Kg/ ton				
Ganado Lechero	5.6	1	5	2.8	1.1
Ganado de Carne	7.0	2	4.5	1.2	1
Cerdos	5.6	1.4	3.8	5.7	0.8
Pollos	17	8.1	12.5	----	-----

Fuente: Cedeño, J. (2005).

El Bokashi se produce por medio de un proceso químico llamado fermentación, en buenas condiciones de humedad y temperatura los microorganismos comienzan a descomponer la fracción más simple del material orgánico como son los azúcares, almidones y las proteínas, ocurriendo así la liberación de los nutrientes a través de los microorganismos.

La fermentación termina con la descomposición de la fracción más compleja de la materia como es la celulosa, lignina, lípidos, taninos y cera. Este proceso genera energía en forma de calor que aumenta la temperatura a más de 50°C; es importante el volteo del material en la fase de pila para enfriar la mezcla y así evitar la muerte de los microorganismos (Cedeño, J.2005).

La fermentación del bokashi empieza en la fase de pila y termina el proceso después de su incorporación al suelo, liberando lentamente los nutrientes. Además para el suelo el bokashi es un inóculo que suministra alimento a macro y microorganismos del suelo. Estos se encargarán de llevar a cabo procesos de fermentación y/o descomposición de material orgánico y por último este abono libera hormonas y enzimas de crecimiento para mayor vigorosidad radicular de las plantas.

**Proceso de Producción del Bokashi:** La producción de bokashi, es un proceso de fermentación que se lleva a cabo por la recolección de orina y heces en los establos de espera de las vacas durante los ordeños diarios, o en los corrales de alimentación en sistemas estabulados. Esto se hace en un corral donde el piso es

cementado y techado, en el cuál se coloca una capa de aserrín o viruta de madera a razón de 10 kg/m<sup>2</sup> (Botero, R. 2009).

Se aplica Microorganismos Eficaces (EM) activados, que es una mezcla de bacterias ácido lácticas y fotosintéticos, hongos, levaduras y actinomicetos no patógenos. La activación se realiza mezclando 1 parte de EM puro en 1 parte de melaza y en 18 partes de agua limpia (relación 1:1:18). Esta solución activada se aplica 160 ml disueltos en 2 litros de agua limpia por cada 100 m<sup>2</sup> de corral diariamente sobre la cama, por medio de bombas de aspersión. El objetivo del EM es ayudar a evitar los malos olores, presencia de moscas; además de favorecer una rápida fermentación (Cedeño, J. 2005).

El material de cama del corral es recogido cada 4 semanas, y es apilado por 2 semanas en una pila de 1 m de alto. Esta pila es volteada 2 veces por semana y al mismo tiempo se asperja con EM activado, el cual adiciona el material con microorganismos, acelera el proceso de fermentación de las excretas y elimina los malos olores.

Durante el proceso fermentativo, la pila alcanza una temperatura máxima de 55°C, lo que permite la muerte de microorganismos patógenos, destrucción de semillas de malas hierbas, huevos de insectos y parásitos gastrointestinales y pulmonares, y sobre todo la reducción del contenido de humedad.

Transcurridas las 2 semanas del apilamiento de la cama del corral, se tiene como producto el Bokashi, el cual está listo para ser utilizado como abono orgánico en los potreros o en cualquier cultivo, pero también es posible almacenarlo en sacos para su posterior utilización.

En el cuadro 7, se reporta una comparación del contenido de macro y micro nutrientes entre el Bokashi y estiércol bovino.

Cuadro 7. CONTENIDO DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DEL BOKASHI Y DEL ESTIÉRCOL BOVINO.

Contenido	N	k	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
			%					ppm	
Bokashi	1.2	2.9	1.2	0.6	0.3	7828	39	94	595
Estiércol	1.3	0.6	1.5	0.4	0.3	6140	31	66	772

Fuente: Cedeño, J. (2005).

Al comparar el contenido de macro y micro nutrientes con el estiércol bovino utilizado como materia prima para su producción, se evidencia que el proceso de fermentación llevado a cabo en la producción del Bokashi aumenta el contenido de éstos, esto es por los microorganismos presentes en el estiércol y los aplicados con el EM actúan sobre el material consumiendo el carbono y eliminándolo en forma de CO<sub>2</sub>, reduciendo un poco el volumen del material inicial. Esto permite que se dé una concentración de los elementos. Sin embargo, en el caso del nitrógeno se aprecia una leve disminución, la cual se debe al aumento de volumen por la adición de aserrín o volatilización de éste en forma de amoníaco durante el proceso en la fase de pila.

Las ventajas de la producción:

- Disminuye el gasto de agua y del costo de lavado de los corrales.
- Se estabiliza entre 18 a 24 días.
- Tiene una relación C: N 35-15 a 1.
- Mejoras las características físicas del suelo al incorporar materia orgánica y microorganismos benéficos.

### III. DISCUSIÓN

Vélez, G. (2005), indica que hace años la mayoría de las explotaciones intensivas de ganado bovino para producción de leche se realizaba en granjas donde los animales estaban atados. En la actualidad, estas explotaciones están siendo sustituidas por explotaciones o estabulaciones libres en corrales o parques donde los animales depositan sus excretas, que son retiradas por medios mecánicos en forma pastosa o sólida, constituyendo la base de fermentación de estiércol. En estas explotaciones, la producción de líquidos no es elevada y solamente están integradas por orines y posibles aguas de lluvia.

La problemática de la producción pecuaria según la FAO (2006), menciona que la ganadería es responsable del 18% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI).

FAO. (2009), manifiesta que Argentina y Brasil son países que generan el mayor porcentaje de gases de efecto invernadero de América del Sur, donde habitan 300 millones de los 1.300 millones de bovinos del planeta

Carmona, J. *et al.* (2005), reporta que las emisiones de metano por fermentación entérica, generadas por los bovinos, se constituyen en una de las principales fuentes de emisión del sector agropecuario.

El CO<sub>2</sub> es el GEI más abundante y el que actualmente tiene un mayor aporte al incremento del calentamiento global. La concentración de CH<sub>4</sub> atmosférico es inferior a la de CO<sub>2</sub>, sin embargo se está incrementando su emisión y además, posee un efecto invernadero 21-30 veces es mayor al del CO<sub>2</sub>.

De manera global, la actividad ganadera es responsable de 65 a 100 millones de toneladas por año de CH<sub>4</sub>, o el 23 % de las emisiones antropogénicas de este contaminante (US EPA 1994 citado por Ramírez, I, 2010). Otros autores indican

que la actividad ganadera produce entre el 15 – 20% de la emisión mundial de CH<sub>4</sub> (Johnson, K. y Johnson, D. 1995; Moss, A. *et al.* 2000).

Johnson, K. y Johnson, D. (1995), señalan que las emisiones de metano producidas por el ganado bovino, es de 58G Ton/año, lo que representa el 73% del total de emisiones (80 millones ton/año), de todas las especies domésticas. En el cuadro 8, se menciona las principales fuentes naturales y antropogénicas de emisiones de metano a nivel global.

Cuadro 8. ESTIMATIVOS DE LAS PRINCIPALES FUENTES NATURALES Y ANTROPOGÉNICAS DE METANO A NIVEL GLOBAL (MILLONES DE TON/AÑO).

Natural		Energía/desechos		Agricultura	
Pantanos	115	Gas y petróleo	50	Cultivos de arroz	60
Océanos	15	Carbón mineral	40	Animales domésticos	80
Termitas	20	Carbón vegetal	10	Abonos orgánicos	10
Combustión	10	Rellenos sanitarios	30	Combustión	5
		Aguas residuales	25		
Total	160	Total	155	Total	155

Fuente: Carmona, J.*et al.* (2005).

Carmona, J.*et al.* (2005); indican que los animales domésticos, principalmente el ganado bovino son responsables de aproximadamente el 15% de la producción de metano global. Otros contribuyentes significativos son los pantanos naturales 21%, los cultivos de arroz 20%, pérdidas por combustión de hidrocarburos 14%, combustión de biomasa 10% y rellenos sanitarios 7%.

El ganado bovino emite metano porque en su proceso digestivo participan diferentes tipos de bacterias anaeróbicas. Estas fermentan la glucosa liberada de carbohidratos de reserva y estructurales ingeridos en su alimentación en ácido acético, propiónico y butírico reducen el CO<sub>2</sub>, formando CH<sub>4</sub> en el proceso. La

producción de CH<sub>4</sub> en el rumen representa energía alimenticia que se transforma en gas y no es aprovechada por el animal (Ramírez, I.2010).

En los rumiantes, en la primera etapa de fermentación, las bacterias anaerobias hidrolizan las proteínas, grasas y polisacáridos para generar aminoácidos, péptidos de cadena corta, monosacáridos y ácidos grasos. En una segunda etapa de este proceso se da la transformación de los productos de hidrolisis, a alcoholes simples y diversos ácidos orgánicos como el acético, el propiónico y el butírico, mediante la participación de bacterias acetógenas. En la tercera etapa se genera el CH<sub>4</sub>, liberándose a través de eructos (Carmona J. *et al.* 2005).

Ramírez, I. (2010), reporta que en sistemas de producción de alta tecnificación la producción anual de metano en animales adultos está entre 60 y 126 kg o 250 a 500 lt. Deramus, H. *et al.* (2003), menciona que las emisiones anuales de metano por novillos de carne en pastoreo oscilaron entre 32 y 83 kg y entre 60 y 95 kg para vacas adultas en pastoreo. McCaughey, W.*et al.* (1999), dice que el 87% de la producción de metano se da en el rumen, y el 13% en el tracto digestivo posterior. De este último, aproximadamente el 89% es absorbido hacia la sangre y expirado a través de los pulmones. Esto indica que cerca del 98% del total de metano producido por los rumiantes puede ser expirado a través de la boca y los orificios nasales.

Estas estimaciones coinciden con la metodología del IPCC para el uso de factores de emisión, ya que la contribución de la emisión de metano entre la fermentación entérica y el manejo de excretas para el sistema de ganado vacuno lechero es de 99,34% y a 0,66% respectivamente. En cuanto al ganado vacuno no lechero la relación es de 98% para fermentación entérica y 2% para manejo de excretas (Ramírez, I. 2010).

Según Cornejo, C. (2010), reporta que las emisiones estimadas de metano por fermentación entérica para el sector ganadero del Ecuador basado en datos del 2000, el ganado de carne fue el mayor emisor con 5,175.5 GgCO<sub>2</sub>Eq mientras que el ganado lechero aportó con 51.6 GgCO<sub>2</sub>Eq, el total de emisiones entéricas

fue de 5,596 GgCO<sub>2</sub>Eq. En cuanto a las emisiones de metano del manejo de estiércol el ganado de carne y cerdos fueron los mayores emisores con 92.4 y 44.3 GgCO<sub>2</sub>Eq respectivamente, mientras que el ganado lechero aporta con 1.00 GgCO<sub>2</sub>Eq; el total de emisiones de estiércol fue de 182 GgCO<sub>2</sub>Eq.

La producción de metano también depende del tipo de manejo de excretas utilizado. Sistemas de manejo secos son: almacenaje de sólidos, lotes de engorde, fosas profundas y aspergeo diario. Adicionalmente, el estiércol no manejado de animales en pastoreo se incluye en esta categoría. Sistemas de manejo líquido incluyen: lagunas de oxidación, tanques de almacenamiento y pozos profundos (Environmental Protection Agency 2008).

La cantidad de metano emitido por el tipo de manejo de desechos es una función de tres factores: el tipo de tratamiento o almacenamiento, las condiciones ambientales y la composición del estiércol. Los sistemas líquidos producen emisiones de metano mayores a otros sistemas (Environmental Protection Agency 2006).

Cornejo, C. (2010), menciona que la producción intensiva de cerdos utilizada en Ecuador usa sistemas líquidos para manejar el estiércol. Estos sistemas también son usados en lecherías comerciales. Pequeños agricultores utilizan en su mayoría sistemas secos para manejar los desechos.

Carmona J. *et al.* (2005), indica que la producción de metano en los bovinos normalmente entre 5.5 -6.5% del total de energía consumida en la dieta, mientras que valores entre 2-12% se reportan en condiciones de pastoreo en zonas templadas. Anderson, R. y Rasmussen, M. (1998), manifiestan que cuando la alimentación es con forrajes de baja calidad nutritiva, la producción de metano puede representar entre el 15 y 18% de la energía digestible.

Los dos principales factores responsables de las variaciones en la producción de metano son: la cantidad de carbohidratos fermentados en el retículo- rumen, lo cual implica diversas interacciones dieta del animal, que afectan el balance entre

las tasas de fermentación de estos carbohidratos y la tasa de pasaje (Johnson, K y Johnson, D. 1995). El otro mecanismo es la relación ácidos grasos volátiles (AGV) producidos, la cual regula la producción de hidrogeno y la subsecuente producción de metano.

Los tratamientos del estiércol para minimizar el impacto contaminante.

**Compostado de los residuos sólidos.** Se pueden realizar montículos en el suelo (1 a 2 metros de alto) o en reactores o estabilizadores cerrados. Debe haber aireación para que la materia orgánica se degrade a compuestos simples (humus). Las características ideales son humedad del 30 al 40% y temperatura 35 a 60°C. El proceso dura entre 2 a 3 meses. Luego puede ser usado como fertilizante natural para huertas, viveros, extensiones mayores para agricultura. Al evitarse la anaerobiosis, se minimiza la producción de metano (Pérez, A. 2005).

**Landfarming.** Acumulación y esparcido en tierras de cultivo. Es un sistema abierto, aeróbico y directamente los procesos de degradación ocurren en el suelo. Esta práctica puede llevarse a cabo en zonas con suelos impermeables, con napas freáticas profundas, suelo sin fracturas, no erosionado. No debe haber un recurso hídrico cercano. Si se cumplen estos requisitos se minimiza la posibilidad de lixiviación y subsecuente contaminación del agua subterránea. La aireación para evitar la metanogénesis y facilitar la humificación se puede hacer mecánicamente (<http://www.aproagro.com.ar>. 2000).

Se calcula un esparcido de 25 a 50 ton, de abono por hectárea por año para ser utilizado como fertilizantes (Pérez, A. 2005).

**Eliminación del olor.** Se han probado compuestos inhibidores de la ureasa para bloquear las pérdidas de nitrógeno. (Los inhibidores de ureasa retrasan la velocidad de conversión de la urea a amonio. Si la tasa de conversión es lenta, se reduce la volatilización del amoníaco.) Se ha pulverizado la superficie de los corrales, en forma semanal, con triamida n-(n-butil) thiofosfórica (NBTP). Se inhibe

la emisión de amoníaco a la atmósfera con lo cual hay menos olor en los corrales (<http://www.produccionbovina.com>. 2010).

**Lagunas de estabilización.** El agua contaminada de los desagües y drenajes de la explotación se colecta en estanques de poca profundidad, para que la materia orgánica, por la actividad bacteriana, se degrade a elementos más simples. De esta forma se logra que el nivel de oxígeno disuelto no se encuentre tan comprometido cuando estas descargas lleguen a otros cursos de agua. Además se eliminan patógenos presentes en el efluente. El tamaño mínimo de la laguna de contención debe permitir la recepción de la cantidad de lluvias máxima que pueda caer en un lapso de 48 horas (Campos, E. *et al.* 2005).

Las lagunas que reciben el agua residual cruda son las primarias, y retienen principalmente los sólidos que sedimentan. Las que reciben el efluente de una primaria son las secundarias, y así pueden existir otras más. Requieren un mantenimiento para su correcto funcionamiento. Los efluentes tratados pueden utilizarse para fertilizar tierras para siembra ya que contienen nitrógeno y fósforo.

La cría intensiva pecuaria aumenta la producción y emisión de residuos. Pero el problema de contaminación surge si no se efectúa una correcta disposición final de estos subproductos; por lo que, eventualmente, se puede causar contaminación ambiental. En cualquier análisis sobre residuos y medio ambiente, se considera la propia capacidad del ambiente para asimilar una determinada carga de contaminación, por ejemplo, el agua de un determinado cauce puede diluir cierta cantidad de contaminantes sin causar daños al mundo biótico y abiótico. De igual manera las áreas de cultivo pueden recibir elementos químicos e incorporarlos como nutrientes de las plantas y microorganismos sin que se afecte la naturaleza.

Las producciones agropecuarias así sean intensivas pueden convivir con y en el medio ambiente sin dañarlo, siempre y cuando las emisiones no superen la capacidad de neutralización de los mismos ecosistemas.

## **1. Estrategias actuales para disminuir la contaminación desde el estiércol**

Jaume, C. (2010), menciona que para reducir la emisión de contaminantes existen diferentes estrategias alimentarias, algunas de las cuales ya están implementadas porque contribuyen a la reducción de costes de producción.

Las más importantes son:

- El uso de dietas bajas en proteínas suplementadas con aminoácidos sintéticos.
- El uso de energía neta y aminoácidos digestibles en la formulación de los piensos.
- El uso de proteína ideal.
- Los programas de alimentación adecuados a la productividad, raza, sexo y edad.
- El uso de niveles bajos de fósforo digestible.
- El uso de fuentes inorgánicas de P con alta digestibilidad.
- El uso de aditivos específicos.

Las estrategias nutricionales también son eficaces para reducir las emisiones aéreas. La reducción de amoníaco en el purín reduce las emisiones. Las dietas bajas en proteína bruta no sólo son eficaces para reducir las emisiones de N sino también para reducir los componentes aromáticos ricos en azufre (mercaptanos / H<sub>2</sub>S).

La acidificación de la orina también contribuye a minimizar las emisiones de amoníaco a la atmósfera. Cada 0,1 puntos de pH reducen la emisión entre el 5% y 20%.

Álvarez, L. (2008), manifiesta que la orina puede ser acidificada a través de cambios en el equilibrio de electrolitos de la dieta o mediante el uso de sales

ácidas en el pienso. El uso de la fibra y de aditivos como los prebióticos, son útiles para reducir la emisión de amoníaco y los problemas de olor.

<http://www.fao.org>. (2009), menciona las estrategias actuales para disminuir la contaminación desde el estiércol.

1) Disminuir el consumo total de ración diaria al aumentar su concentración energética y digestibilidad, (disminuye la producción de metano en la fermentación ruminal).

3) Formular la dieta con la cantidad de nutrientes necesaria según los requerimientos de los animales.

- Formular con la proporción de Proteína Bruta correcta.
- Formular con aminoácidos específicos.
- Formular el núcleo mineral con las concentraciones adecuadas.
- Tener en cuenta la calidad del agua en su contenido de sales; el exceso puede adicionar minerales a la ración final consumida.

Morgavi, D. *et al.* (2011), indica que existen varias estrategias actualmente en estudio para disminuir las emisiones. Estas estrategias se sitúan a diferentes niveles de acción: la microbiota gastrointestinal, el animal y la granja.

Todas las medidas tecnológicas y de buen manejo que mejoran la eficiencia de la producción van a disminuir las emisiones del conjunto de GEI a nivel de la granja. Por ejemplo, la mejora de la calidad de los piensos, un buen control sanitario y un correcto manejo reproductivo del hato son medidas que disminuyen el ciclo de producción, las pérdidas por enfermedades y el número de animales improductivos. En consecuencia, la huella carbono por kg de leche, carne o lana producida será menor.

## **2. Estrategias potenciales para disminuir la emisión de metano de fermentación**

Colombatto, D. (2007), señala las estrategias viables para minimizar la emisión de metano fermentativa:

### **Características de los animales**

- Selección de vacunos por alta eficiencia neta de alimentación.
- Selección de vacunos por fisiología / microbiología ruminal, que hace que tengan una tasa de pasaje del alimento más rápida.

### **Características del rumen**

Las bacterias productoras de metano captan el hidrógeno de fermentación para sacarlo del medio ruminal, con el fin de que el pH no se torne ácido ( $\text{pH} < 5,3$ ), con la cual el bovino entraría en un cuadro patológico de acidosis metabólica.

Gil, S.(2006), indica que entre las distintas estrategias en estudio se encuentran:

**Aditivos y análogos del metano** (halogenados) que inhiben la producción de metano. Se está buscando extender el período de acción.

**Adición de grasas o aceites** a la dieta en un 7% o más. Además de incorporar energía, tienen efecto tóxico sobre las bacterias metanogénicas. Se puede utilizar aceite de coco, de canola.

**Aditivos ionóforos** (monensina, lasalocida). Disminuye la liberación de hidrógeno de ciertos compuestos como el formato. Se favorece el crecimiento de cepas de bacterias productoras de ácido propiónico en detrimento de las bacterias

metanogénicas. No son de larga duración, posiblemente por aparición de resistencia de estas bacterias. Habría que rotar entre distintas drogas ionóforas.

La monensina es un antibiótico ionóforo polietercarboxílico producido por el *Streptomyces cinnamonensis*, por su efecto inhibitorio sobre bacterias Gram (+) y protozoarios se lo utiliza en bovinos como modificador de la actividad fermentativa ruminal (Drugueri, L. 2005).

Esta acción sobre la flora ruminal produce un incremento de la energía metabolizable liberada en el rumen debido al aumento de la producción de ácido propiónico (precursor de la gluconeogénesis) sobre los otros ácidos grasos; mejorando el metabolismo proteico (decrece la degradación en rumen de aminoácidos y péptidos suministrados con la dieta) y disminuye la ocurrencia de desórdenes digestivos, acidosis ruminal y meteorismo (McGuffey, R. *et al.* 2001).

La monensina y la lasalocida incrementan significativamente la producción de propionato a expensas de la producción de acetato y butirato lo que reduce la producción de metano (Sosa, A. *et al.* 2007).

Los efectos de los ionóforos en los rumiantes son diversos y variables, debido a las diferencias entre animales, dietas, etapa de lactación, número de partos y condición corporal, factores. A pesar de ello, los ionóforos parecen tener efectos positivos y consistentes en el metabolismo ruminal y como consecuencia, en la eficiencia productiva y reproductiva.

**Aumento de la oxidación del metano**, en rumen por adición de un oxidante aeróbico (*Brevibacillus parabrevis*). Se supone que elimina oxígeno al medio ruminal.

**Control biológico**, se estudiaron virus específicos (bacteriófagos) contra las bacterias metanogénicas. Se torna difícil implementarlo ya que existen distintas cepas de estas bacterias.

Alteración de la ecología ruminal por métodos indirectos.

**Inmunización** vacuna contra las bacterias metanogénicas, para disminuir su número en rumen.

**Eliminación de los protozoos** del rumen que son fuente productora de hidrógeno (Chytridfungi, virus).

**Bacteriocinas**, con efecto bactericida sobre las bacterias metanogénicas. El mecanismo no está clarificado. Son producidas dentro del mismo rumen, por ejemplo, por distintas cepas del *Butyrivibrio*.

Las estrategias son prometedoras pero están todavía en etapa experimental, las más exploradas actualmente tienen como objetivo la modulación de la metanogénesis a través de la modificación de la microbiota y la fermentación de los alimentos. Las estrategias nutricionales son sin duda las más desarrolladas y pueden ser aplicadas rápidamente, particularmente en sistemas de producción intensivos, si cumplen los requisitos de rentabilidad y sostenibilidad que pueden variar de una región a otra.

Stphee, M. (2008), indica que la vaca contiene una enorme cantidad de metano (CH<sub>4</sub>), uno de los principales gases que provocan el efecto invernadero y causan el calentamiento global. Para disminuir esta emanación se pretende cruzar ejemplares cuyos ADN demuestren un mayor potencial para producir menos cantidad de metano, identificando genes que producen metano para poder llevar a cabo una cruce que generaría hasta un 25% menos del gas que los animales tradicionales.

De todas maneras hay que tener en cuenta que, si bien esta propuesta representa grandes beneficios, no es una solución final al problema. En definitiva, la vía más sencilla y eficaz continúa siendo dar un manejo dentro de la alimentación.

El equipo que dirige Morgavi, D. (2009), ha demostrado en diferentes estudios realizados en vacas lecheras en la granja experimental del INRA de Clermont-Ferrand-Theix, que un aporte del 6% lípidos de las semillas de lino produce la reducción de las emisiones de metano de los animales entre un 27% y un 37%. El rendimiento de estos animales fue sostenido o se redujo, en función de los diferentes casos.

Lorraine, L. (2006), manifiesta que los ácidos grasos omega 3 que contiene el aceite de pescado ayudan a reducir la cantidad de metano emitido por el ganado bovino si se incluye como parte de su dieta. Añadiendo un 2% de aceite de pescado en el alimento del ganado vacuno las emisiones de metano de los animales se reducen en una quinta parte. Los ácidos grasos omega 3 contenidos en el aceite, además, mejoran el estado del sistema cardio-circulatorio del animal y hacen que la carne sea de mayor calidad. El aceite de pescado afecta a la flora productora de metano del rumen de las vacas, no permitiendo su desarrollo normal y haciendo así que se produzca menos gas.

<http://www.alltechmexico.net>.(2008), reporta que la producción de metano y digestibilidad de la dieta en vacas recibiendo aceite de linaza o semillas de linaza crudas o extrudizadas. Durante un período experimental de cuatro semanas, se evaluó la producción de metano (CH<sub>4</sub>), la digestibilidad de la dieta y la productividad en ocho vacas lecheras multíparas que recibieron diferentes formas o presentaciones de ácidos grasos de linaza.

Se manejaron cuatro grupos: T1: Dieta control (59% de ensilaje de maíz, 6% de pasto henificado y 35% de concentrado); T2: como T1 con semillas crudas de linaza; T3: como T1 con semillas extrudizadas de linaza, y T4: como T1 con aceite de linaza, ajustando las dietas a un nivel de ácidos grasos de 5.7% de la materia seca (MS).

Todas las presentaciones de ácidos grasos de linaza redujeron significativamente la producción de CH<sub>4</sub> respecto al grupo testigo ( $P < 0.001$ ), aunque con diferente

intensidad: 12% con semillas crudas, 38% con semillas extrudizadas y 64% con aceite de linaza.

La producción de CH<sub>4</sub> por unidad de fibra neutro detergente (FND) digerida fue similar para T1, T2 y T3, pero menor para T4 (138 vs. 68 g/kg de FND digerida). También en el T4 la producción de CH<sub>4</sub> por kg de leche producida fue menor. La digestibilidad de la FND fue significativamente menor en T2, T3 y T4, respecto al grupo testigo. La digestibilidad del almidón fue similar en los cuatro tratamientos.

El consumo de MS y la producción de leche fueron similares entre T1 y T2, pero se redujeron significativamente en T3 y T4.

Las diferentes formas de ácidos grasos de linaza pueden ser una alternativa para reducir la producción de metano a nivel ruminal, siempre que pueda resolverse en forma práctica la reducción en la producción de leche observada en este estudio.

En la evaluación de plantas proteicas y su efecto en la población microbiana de metanógenos y metanogénesis ruminal in vitro, se determinó como las mejores plantas proteicas *Samanea saman*, *Tithonia diversifolia* y *Albizia lebbbeck*. Zabala, D. (2010), reporta que registraron las menores producciones de gas metano con valores de 4.32; 5.70 y 9.18 µl respectivamente; de estas plantas la que mejores resultados presentó en la ecología microbiana fue *Samanea saman* registrando una población de Bacterias Viables Totales de  $34.22 \times 10^{11}$  UFC/ml, la densidad de Bacteria y Hongos Celulolíticos fue de  $32.33 \times 10^5$  UFC/ml a las 8 horas de fermentación respectivamente; mientras que la densidad de Bacterias Metanogénicas registro una población de  $11.33 \times 10^{10}$  UFC/ml a la misma hora de evaluación, al utilizar la planta proteica *Samanea saman* para la implementación de bancos de proteína para bovinos en el trópico, se disminuye la contaminación ambiental por gas metano y amoníaco, con un excelente incremento de bacterias y hongos celulolíticos que permitirán aprovechar de mejor manera los nutrientes aportados por los pastos.

Zabala, D. (2010), indica que el contenido de materia seca en planta proteicas utilizada en este estudio fue de  $86.96 \pm 4.39$  % mientras que la proteína registro un promedio de  $20.21 \pm 4.39$  % la misma que involucra la presencia de metabolitos que disminuyen la metanogénesis ruminal. La mayoría de plantas proteicas evaluadas registraron la presencia de taninos, saponinas, reductores y alcaloides, lo que afecto a la población de especies nativas del rumen.

Investigadores japoneses (Kurihara, M. y Terad, F. 2001), encontraron que incrementos en la productividad (ya sea en carne o leche) conllevarían a menores emisiones de metano por unidad de producto. Si bien las relaciones son cuadráticas, existe claro potencial en la reducción de emisiones de metano a través del aumento de la productividad como se indica en el gráfico 1.

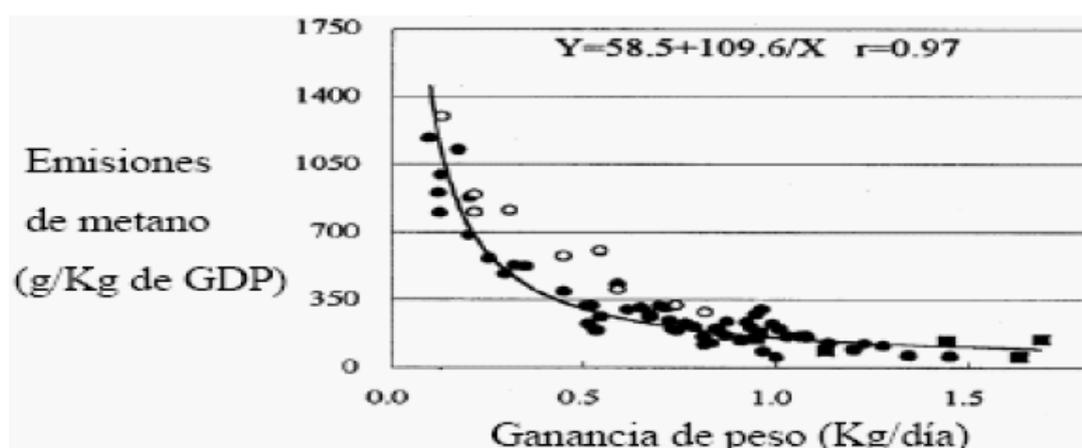


Gráfico 1. Relación entre la ganancia de peso y la producción de metano para *Bos taurus* (círculos cerrados) y *Bos indicus* (círculos abiertos).

El avance en el conocimiento de los procesos digestivos y de las rutas metabólicas que conducen a la síntesis de los productos animales carne, leche principalmente, permiten ajustar los aportes de digestibilidad al ganado para reducir la excreción y conseguir la máxima producción.

La manipulación de la dieta con estrategias nutricionales e implementación de prácticas de manejo adecuadas se consideran alternativas viables para aminorar la producción de metano y disminuir las pérdidas energéticas en el animal.

Con estas alternativas se atenuarían, en alguna magnitud, las pérdidas energéticas por concepto de metano por lo cual, se obtendrían producciones en sistemas ganaderos amigables con el ambiente.

### **3. Factores de toma de decisión**

El reciclaje de las deyecciones como fertilizante es la opción más adecuada para la gestión de estos materiales. De todas formas, en determinadas zonas con mayor producción de deyecciones que necesidades fertilizantes, se puede acumular el exceso de nutrientes. Los problemas causados por este exceso han sido ampliamente descritos (Burton, C. y Turner, C. 2008), y en muchos países las políticas han diseñado para orientar la gestión y minimizar estos efectos. En la Unión Europea, la directiva “Nitratos” (EEC, 1991) ha sido la principal fuerza impulsadora para el desarrollo y aplicaciones de métodos de gestión adoptando planes de fertilización adaptados a necesidades locales de los suelos y cultivos. A partir del establecimiento y aplicaciones de los códigos de buenas prácticas agrarias, los ganaderos deben tomar decisiones, diseñar y aplicar PGN, estos PGN incluyendo la adopción de estrategias de gestión focalizadas en la minimización del volumen de las deyecciones y la producción de nutrientes, la optimización del transporte y la organización del plan de fertilización.

Finalmente y en función de las condiciones locales, del grado del problema a resolver y a los objetivos a cumplir, también incluyen la adopción de diferentes estrategias tecnológicas de tratamiento oferta y la demanda. Estas situaciones llevan a plantear los siguientes escenarios (Flotats, X. *et al.* 2009).

- **Equilibrio de nutrientes a nivel de granja.** Este escenario comporta una planificación individual a nivel de granja y hace posible una gestión simple y relativamente barata. La complejidad solo aparece cuando es interesante producir biogás (altos precios públicos de la energía y/o alta demanda de energía térmica en la granja). En este caso, el factor limitante para la toma de decisiones es el beneficio definido por el balance energético. Las instalaciones deben tener un

diseño simple y el granjero debe integrar las operaciones de mantenimiento en las tareas usuales de gestión de la granja.

- **Equilibrio de nutrientes a nivel de zona geográfica.** Este escenario lleva a situación similar al escenario anterior. El transporte puede ser el factor limitante y los procesos de tratamientos se deben modular para minimizar este costo. Este escenario requiere de una gestión colectiva que puede comprobar un tratamiento centralizado o combinado individual conjunto para reducir los costos globales de gestión y transporte.

En este caso, el PGN y sus aplicaciones es el factor limitante que el tratamiento adoptado lo debe ser en menor medida.

- **Excesos de nutrientes en una zona geográfica.** En este escenario, cada productor puede decidir adoptar una estrategia individual o colectiva. Cuando el costo de transporte, tratamiento colectivo y aplicaciones agrícolas es menor que el tratamiento individual y aplicación agrícola, la aproximación colectiva será mejor solución.

El objetivo de la planificación de la gestión es orientar el plan de fertilizantes y el establecimiento del procedimiento para transformar el exceso en productos para ser transportados, vendidos o utilizados en otra zona geográfica con demanda en nutrientes. Tanto la gestión como el tratamiento son factores limitantes. Los dos deben diseñar, implementar y operar siguiendo la directriz de mínima complejidad.

#### **4. Biogás y ganadería Bovina**

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO 2009) ha difundido que "el sector ganadero mundial genera el 18% de los gases de efecto invernadero, los cuales, al ser medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), son más altos que los del sector del transporte (13%)",

y que la ganadería bovina no solo amenaza el ambiente, sino que también, debido a su mal manejo, es una de las actividades productivas agrícolas causantes de la degradación del suelo y de los recursos hídricos a nivel mundial.

FAO (2006), indica que los productos de la fermentación de las excretas bovinas a la intemperie, el metano y el óxido nitroso emitidos al ambiente tienen respectivamente 20 y 300 veces mayor efecto invernadero que el CO<sub>2</sub>.

Las emisiones totales de metano del estiércol en Ecuador según Cornejo, C. (2010), fueron de 182 GgCO<sub>2</sub>Eq. El no ofrecer soluciones eficaces para mitigar su efecto nocivo sobre el ambiente es obviar un compromiso socioeconómico muy importante a nivel mundial. Si bien las excretas bovinas representan un grave problema de contaminación ambiental, se puede sacar beneficio de ellas y mitigar su efecto ambiental, mediante la elaboración de biogás. Adicionalmente esta tecnología al capturar el metano producido permite su utilización como una fuente de energía renovable.

El uso de digestores anaeróbicos tiene potencial en Ecuador (Cornejo, C. 2010). Es necesario un mayor énfasis para la diseminación de esta tecnología. En la actualidad en Ecuador existen pocos proyectos para capturar metano de estiércol animal y el aprovechamiento de este como fuente de energía.

<http://www.ecuadorciencia.org>. (2008), manifiesta que los limitantes para la producción de biogás en Ecuador incluyen los costos de capital, producción animal variable y la falta de conocimiento sobre este tema. El manejo intensivo de la ganadería en Ecuador crea oportunidades para la minimización de emisiones de metano, principalmente de animales en confinamiento como ganado de leche, cerdos, ponedoras y pollos de engorde.

Según Cornejo, C. (2010), la emisión de por lo menos 296 GgCO<sub>2</sub>Eq podría evitarse si los desechos de animales en confinamiento se convierten a energía para reemplazar combustibles fósiles.

Campos, E. *et al.* (2005), indica algunas desventajas de los biodigestores como por ser sistemas herméticos y con la infraestructura necesaria para el control y el aprovechamiento del gas producido, requiere inversiones elevadas. Otra de la desventaja es que debido al equilibrio necesario entre poblaciones bacterianas, necesita supervisión técnica periódica. Sensible a la presencia de muchos compuestos inhibidores o tóxicos, nitrógeno amoniacal, metales pesados, ácidos grasos volátiles, ácidos grasos de cadena larga, pH, antibióticos y desinfectantes, sulfuros.

La instalación de un biodigestor permite a toda producción pecuaria obtener beneficios adicionales al diversificar la producción con una línea rentable el biogas. Es una excelente alternativa para toda explotación que genere desechos en forma de excretas, pues permite aprovechar residuos que no tiene ningun costo como materia prima y dar valor economico a los mismos.

En el cuadro 9, se muestra la cantidad de biogás total y metano producido por la excreta bovina lechera y otras especies pecuarias.

Cuadro 9. BT Y CH<sub>4</sub> ACUMULADO POR 72 H DE FERMENTACIÓN DE 100GR. DE GALLINAZA, EXCRETAS DE CABRA, CERDAZA, BORREGOS Y ESTIÉRCOL DE GANADO LECHERO Y EN ENGORDA.

Muestra	BT	CH <sub>4</sub>
Gallinaza	572.5 <sup>a</sup>	8.25 <sup>e</sup>
Cabras	242.25 <sup>c</sup>	82.0 <sup>c</sup>
Cerdaza	358.5 <sup>b</sup>	166.25 <sup>a</sup>
Ovinos	387.2 <sup>b</sup>	124.0 <sup>b</sup>
Lechero	150.75 <sup>d</sup>	35.0 <sup>d,e</sup>
Engorda	270.0 <sup>c</sup>	47.50 <sup>c,d</sup>

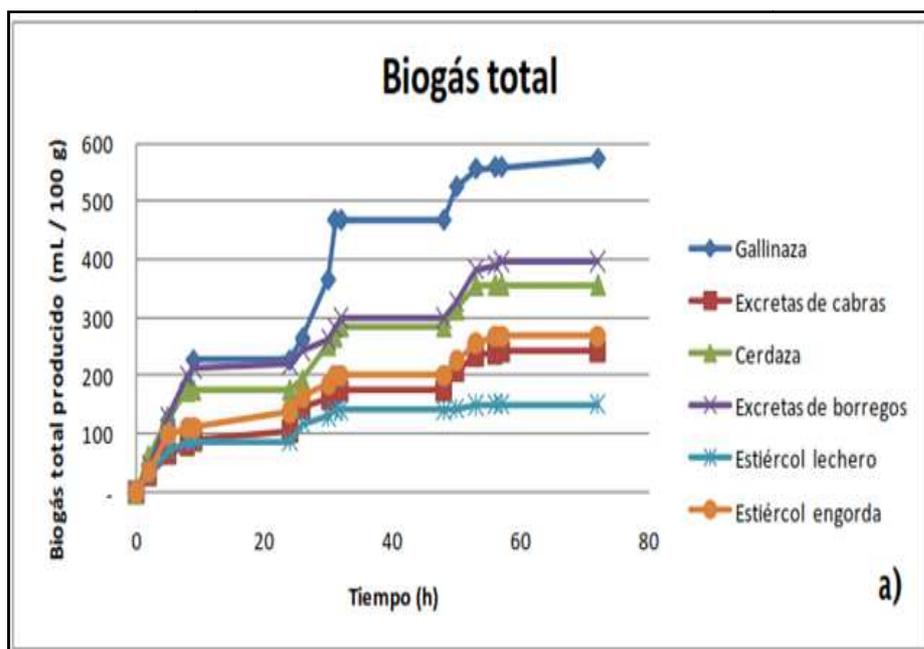
Fuente: Ramírez, I. (2010).

<sup>a, b, c, d, e</sup> Media con diferente superíndice dentro de las columnas indican diferencias significativas (P < 0.05).

El Biogás total (BT) y metano acumulado por 72 h de fermentación de 100gr., de gallinaza, excretas de cabra, cerdaza, borregos y estiércol de ganado lechero y endorga. La muestra con menor cantidad de  $\text{CH}_4$  producido fue de la fermentación de la gallinaza. El volumen promedio de BT producido, fue de 572.3 ml, mientras que para la producción de  $\text{CH}_4$  sólo fue de 8.3 ml, de tal forma que se presupone que la cantidad de  $\text{CH}_4$  es alrededor de 1.5% con relación al BT producido. Seguido esta del estiércol de ganado de engorda, en el que se midió una producción de BT de 268 ml y 50 ml de  $\text{CH}_4$  que representa un 18.7%.

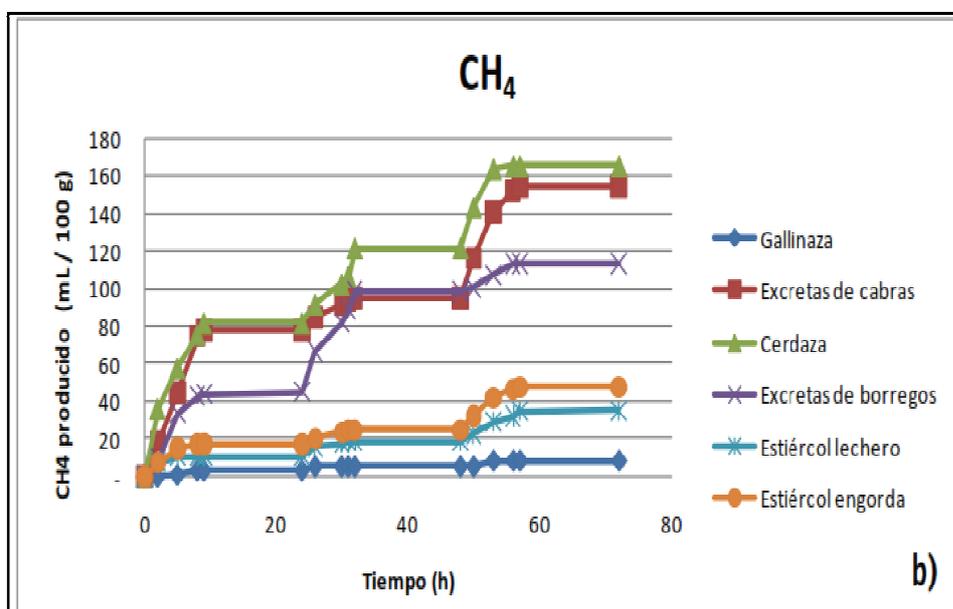
En el volumen promedio de BT producido, por la fermentación de excretas de cabras, fue de 242.25 ml, mientras que el  $\text{CH}_4$  producido fue de 82 ml representando un 33.84% del BT producido. Para excretas de borregos el BT fue de 387.5 ml y de  $\text{CH}_4$  de 124.5 ml representando un 33.2%. En el estiércol de vacas lecheras se cuantifico una producción de 35 ml de  $\text{CH}_4$  representando un 23.2% de los 150.7 ml de BT. Finalmente, la muestra que produjo una mayor cantidad de  $\text{CH}_4$  fue la cerdaza con 166 ml que representa el 46.34% de los 358.2 ml del BT. Es decir, presumiblemente el mayor generador de metano de las seis muestras es la cerdaza y el menor es la gallinaza (Ramírez, I. 2010).

En el gráfico 2 y 3, se muestran los resultados de la producción de BT y  $\text{CH}_4$  acumulados, con respecto al tiempo. Se puede apreciar que el comportamiento de la producción de BT y  $\text{CH}_4$  en las seis muestras fue similar. Se identifica que la producción de biogás total fue mayor que la producción de  $\text{CH}_4$  en todas las muestras de excretas, evidenciando que el metano es una proporción en el biogás total.



Fuente: Ramírez, I. (2010).

Gráfico 2. Comportamiento de la producción acumulada de Biogás Total con relación al tiempo.



Fuente: Ramírez, I. (2010).

Gráfico 3. Comportamiento de la producción acumulada de CH<sub>4</sub> con relación al tiempo.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- La reducción de la contaminación desde los establos lecheros causada por la ganadería bovina, se consigue mediante la aplicación de alternativas en el manejo de excretas, al producir abonos orgánicos como compost y bokashi, además de la generación de biogás, biosol y biol, a través de biodigestores los cuales minimizan características indeseables del estiércol bovino, atentatorias al medio ambiente.
- Al utilizar los sistemas de manejo de excretas bovinas se aprovechan los nutrientes de las mismas para la fertilización del suelo, lo que redundaría en los niveles de fertilidad al mejorar la producción, disminuyendo de esta manera la contaminación ambiental.
- Una de las medidas que permite eficiencia en las ganaderías lecheras, es la manipulación y mejora de la calidad de dieta de los rumiantes, la misma que es una alternativa viable para aminorar la producción ruminal de metano que es un gas contaminante consiguiendo por lo tanto disminuir la contaminación ambiental y las pérdidas energéticas en el animal incrementando la rentabilidad del sistema de producción.

## V. RECOMENDACIONES

- Implementar prácticas de manejo y eco-tecnologías que permitan menor impacto ambiental, para crear un desarrollo sostenible agropecuario.
- Desarrollar en Ecuador la producción de biogás a base de excretas bovinas y otras especies pecuarias, como una de las opciones para reducir emisiones de metano promoviendo su uso e impulsando la investigación en el tema mediante la coordinación de organizaciones locales.
- Aplicar diferentes mecanismos de reducción de la contaminación ambiental en base a la utilización de estrategias como el aprovechamiento de la eficiencia de la energía alimenticia, mejorando la digestibilidad de los nutrientes para reducir la producción de metano desde el rumen.
- Realizar investigaciones sobre la contaminación ocasionada por los residuos ganaderos considerando la realidad de la ganadería lechera del Ecuador en todos sus estamentos, esto es dentro de las pequeñas, medianas y grandes ganaderías con el objeto de ayudar a preservar el medio ambiente.

## VI. LITERATURA CITADA

1. ALVÁREZ, L. 2008. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. 2a ed. Antioquia, Colombia. Edit. Universidad de Antioquia. pp 13, 14.
2. ANDERSON, R. Rasmussen, M. 1998. Use of a novel nitrotoxin metabolizing bacterium to reduce ruminal methane production. *Bioresource Technology*. v 64. pp 89-95.
3. BERRA, G. et al. 1994. Reducción de emisiones de metano proveniente del ganado bovino. *Medio Desarrollo Sustentable y Política Ambiental*. Córdoba, Argentina. pp 46,48.
4. BAVERA, G. et al. 2006. Bosta Bovina y su relación con la alimentación. *Producción bovina*. Córdoba Argentina. pp 212-215.
5. CASTELLANOS, J. 2011. Caracterización y estudio económico del proceso de biodigestión de excrementos de ganado vacuno como alternativa para obtener biogás y abonos en una hacienda de producción lechera de la sierra ecuatoriana. Tesis Grado, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Américas. Quito, Ecuador. p 32.
6. CARMONA, J. Bolívar, D y Giraldo, L. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia. v 18. pp 53-58.
7. CARRILLO, L. 2007. Microbiología agrícola. *Energías Renovables*. v 12. pp 122-152.

8. CORNEJO, C. 2010. De Estiércol a Energía - Captura de Metano en Ecuador. Revista Tecnológica ESPOL – RTE. v 23. pp 136-139.
9. COLOMBATTO, D. 2007. Potencial de la monensina para reducir las emisiones de metano de metano por parte de la ganadería. Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. v 3. pp 3, 4.
10. DERAMUS, H. et al. 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems, Journal Environ Qual. v 32. pp 269-277.
11. FINSTER, L. 2004. Inventario de gases de efecto invernadero de la República Argentina en 1997. Sec. Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. pp 21,45.
12. FLOTATS, X. et al. 2009. Tratamiento de residuos orgánicos y valorización agrícola. 1a ed. Buenos Aries, Argentina. Edit. Universidad de Lleida. pp 17-36.
13. GIL, S. 2006. Engorde intensivo, elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente. Producción bovina. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. pp 4-7.
14. GONZÁLEZ, E y Sandoval, S. 2005. Diseño de sistemas de tratamiento y aprovechamiento de purines de origen bovino. Tesis de Grado, FI. UCT. Temuco, México. pp 16, 36, 95.
15. HERRERO, M. 2008. Consideraciones medio ambientales en la producción ganadera. Revista Científica, Ecología Austral Universidad de Buenos Aires, Argentina. v 15. pp 277-284.

16. [http:// www. ilustrados. com.](http://www.ilustrados.com) 2006. Vidal, R. Sistema de producción.
17. <http://www.cambioclimatico.org>. 2008. Matthews, C. La ganadería amenaza el medio ambiente.
18. <http://www.aragon.es>. 2006. Boné, A. El programa de residuos ganaderos.
19. <http://www.fao.org>. 2006. Las repercusiones del ganado en el medio ambiente.
20. <http://www.fao.org>. 2009. Pastoreo sostenible.
21. <http://engormix.com>. 2011. Carrasco, M. Manual Sobre Manejo General de bovinos productores de carne y leche.
22. <http://www.engormix.com>. 2006. Castillo, R. Instalaciones de Ganado Lechero Estabulado.
23. <http://www.biblioteca.fagro.edu.uy>. 2007. López Da Silva. La mejor ubicación. engorde a Corral.
24. <http://www.biblioteca.fagro.edu.uy>. 2010. Charlón, V. Caracterización del estiércol producido por vacas lecheras.
25. <http://oa.upm.es>. 2005. Vélez, G. Modelización de procesos biológicos para la eliminación de residuos ganaderos, teniendo en cuenta sus condicionantes especiales.
26. <http://www.produccionbovina.com>. 2007. Beguet, H. Relación suelo - planta animal.

27. <http://www.fmvz.unam.mx>. 2005. Gasque, R. Instalaciones y estructuras ganaderas.
28. <http://www.uco.es>. 2005. Fuller, D. Cuidados Corporales. Comportamiento de eliminación y acicalamiento. Ontogenia y problemas de la conducta de eliminación y acicalamiento en las especies de abasto. Incidencia en los diferentes sistemas de producción.
29. <http://www.produccionbovina.com>. 2010. Varel, V. Eliminados los olores contaminantes.
30. <http://www.fmvz.unam.mx>. 2008. Pérez, G y Viniegra, G. Potencial del uso del estiércol en la alimentación del bovino.
31. <http://www.engormix.com>. 2006. Botero, R. Manejo productivo de excretas en sistemas ganaderos tropicales.
32. <http://www.engormix.com>. 2009. Botero, R. Producción de abono orgánico fermentado tipo bokashi con excretas bovinas sobre el piso del corral.
33. <http://www.infoagro.com>. 2008. Chonillo, J. Elaboración y usos de abonos orgánicos.
34. <http://www.actaf.co.cu>. 2005. Sosa, R y Chao, R. Biodigestores y agricultura sostenible.
35. <http://www.epa.gov.ec>. 2006. Environmental Protection Agency. Washington. DC. Global Anthropogenic Non- CO2 Greenhouse Gas Emissions.
36. <http://www.epa.gov.ec>. 2008. Environmental Protection Agency Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks.

37. <http://upcommons.upc.edu>. 2008. Burton, Ch. y Turner, C. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture.
38. <http://www.ingenieroambiental.com>. 2006. Energías Alternativas.
39. <http://www.bvsops.org.uy>. 2008. Sztern, D. Pravia, M. y Unidad de desarrollo Municipal. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimiento.
40. <http://tesis.udea.edu.co>. 2008. Jaramillo, G y Zapata L. Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia.
41. <http://www.engormix.com>. 2005. Cedeño, J. Alternativas eco-amigables para el uso de estiércol bovino.
42. <http://www.produccion-animal.com.ar>. 2010. Rodríguez, C. La Intensificación Ganadera como Proceso de Producción de Residuos.
43. <http://www.bbc.co.uk>. 2008. Stephee, M. Buscan cruzar vacas para disminuir su producción de metano.
44. <http://www1.clermont.inra.fr>. 2009. Morgavi, M. Doreau, C. Martin. Reducción de la emisión de metano en rumiantes.
45. <http://www.oei.es>. 2011. Morgavi, D. Jouany, J. Martin, C. Archaeal community structure in the rumen of faunated and defaunated sheep.
46. <http://www.oei.es>. 2006. Lorraine, L. Uso de la harina de pescado en alimentación de rumiantes y metano.

47. <http://www.arc-cat.net>. 2005. Campos, E. et al. Guía de Tratamiento de Deyecciones Ganaderas.
48. <http://www.zoetecnocampo.com>. 2005. Drugueri, L. Uso de ionóforos en bovinos de leche.
49. <http://www.produccion.com.ar>. 2005. Pérez, A. Aspectos Ambientales de las actividades agropecuarias.
50. <http://www.ecuadorciencia.org>. 2008. Hinojosa, D. 2008. El biodigestor, una técnica para obtener gas y abono orgánico.
51. <http://www.aproagro.com.ar>. 2009. Plantas de tratamiento de Biosólidos.
52. <http://www.3tres3.com>. 2010. Jaume, C. Reducción de las emisiones de gases de invernadero en la fábrica y en la granja.
53. <http://www.alltechmexico.net>. 2008. Producción de metano y digestibilidad de la dieta en vacas recibiendo aceite de linaza o semillas de linaza crudas o extrudizadas.
54. JOHNSON, K., Johnson, D. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal Animal Science*. v 73. pp 483-492.
55. KURIHARA, M., Terad, F. 2001. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*. v 8. pp 227-234.
56. MCCAUGHEY, W. et al. 1999. Methane production by steers on pasture. *Journal Animal Science*. v 76. pp 519-524.

57. MCGUFFEY, R. et al. 2001. Ionophores for dairy cattle : current status and future outlook. *Journal Dairy Science*. v 84. p 194.
58. MOSS, A. et al. 2000. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* pp 49,231.
59. RAMIREZ, I. 2010. Emisiones de metano generadas por excretas de animales de granja y contenido ruminal de bovino. Tesis Doctoral. Montecillo, México. pp 5-45.
60. RODRIGUEZ, C. Beoletto, V. Finola M. 1997. Evaluación bacteriológica en desechos orgánicos pecuarios. Aviares, porcinos, bovinos. *Revista Agronómica del NOA. UNT.* v 9. pp 151-164.
61. SOSA, A., Galindo, J. Bocourt, R. 2007. Metanogénesis ruminal: aspectos generales y manipulación para su control. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* v 4. pp 105-114.
62. SILVA, J. 2005. Evaluación de un sistema productivo de descontaminación de aguas de vertientes pecuarias con biodigestores y plantas acuáticas en la finca del oriente antioqueño. Pasantía Universidad Nacional. Medellín, Colombia. pp 89,90.
63. VILLENA, E. y Ruiz, J. 2009. Sistemas de producción con leche y doble propósito. 2 ed. Madrid, España. Edit. Cultural. pp 525-527.
64. ZABALA, D. 2010. Evaluación de las plantas proteicas y su efecto en la Población microbial de metanogénos y metanogénesis ruminal in vitro. Tesis Grado, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. p 16,36.

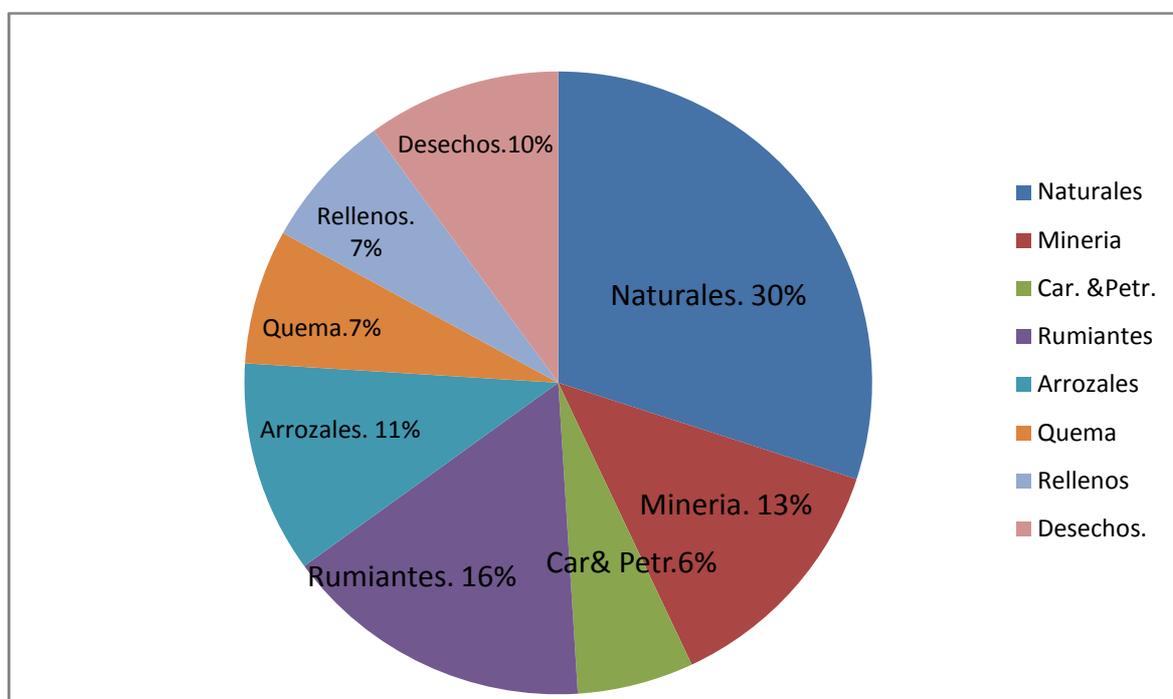
# ANEXOS

Anexo 1. Poblaciones globales de especies animales domésticas y emisiones de metano en 1990 (US. EPA).

Especie	Población (en miles)	Emisiones (Tg/año)	
Bovinos	1´ 279. 257	58,1	72,8%
Bufalinos	140.758	7,7	9,6%
Ovinos	1´190 .500	7 ,6	9,5 %
Caprinos	557.030	2,8	3,5%
Camellos	19 .450	0,9	1,1%
Cerdos	856 .763	1	1,2%
Equinos	60 .920	1,1	1,4%
Mulas/ Burros	58 .396	0,6	0,8%
Totales	4 ´163 .074	79,8	

Fuente: <http://www.produccion-animal.com.ar>. (2007).

Anexo 2. Contribución de la fermentación entérica a las emisiones de metano.



Fuente: <http://www.produccion-animal.com.ar>. (2007).

Anexo 3. Emisiones de metano por fermentación entérica en Ecuador.

Emisiones de metano por fermentación entérica en ganado año 2000			
Categoría Ganado	Cabezas (x1000)	Emisiones Entéricas	
		(GgCH <sub>4</sub> )	(GgCo <sub>2</sub> Eq)
Carne	4 398	246.26	5 171.5
Caballos	372	6.70	140.7
Ovejas	1 127	5.64	118.4
Lechero	39	2.46	51.6
Burros	175	1.75	36.8
Cerdos	1 518	1.52	31.9
Mulas	127	1.27	26.7
Cabras	178	0.89	18.7
Total		266	5 596

Fuente: Cornejo, C. (2010).

Anexo 4. Emisiones de metano por manejo de estiércol en Ecuador.

Emisiones de metano del estiércol de animales confinados y en pastoreo año 2000			
Categoría Ganado	Cabezas (x1000)	Emisiones del estiércol	
		(GgCH <sub>4</sub> )	(GgCo <sub>2</sub> Eq)
Carne	4 398	4.40	92.35
Cerdos	1 518	2.11	44.29
Caballos	372	0.66	13.95
P. engorde	18 235	0.41	8.55
Ponedoras	10 095	0.30	6.36
Ave Corral	9 073	0.27	5.72
Burros	175	0.15	3.13
Ovejas	1 127	0.14	2.93
Mulas	127	0.13	2.77
Lechero	39	0.05	1.00
Cabras	178	0.03	0.63
Pavos	117	0.01	0.22
Patos	400	0.01	0.17
Total		8.67	182

Fuente: Cornejo, C. (2010).

Anexo 5. Investigaciones realizadas para controlar la metanogénesis ruminal con aditivos químicos.

Alternativas para mitigar metanogénesis ruminal		Descripción de las investigaciones realizadas por varios autores
ADITIVOS QUÍMICOS	Compuestos halogenados análogos del metano	<p>Lanigan, N. (1972), estudió el efecto de cinco análogos halogenados de metano: bromoformo, cloroformo, iodoformo, tetrabromuro de carbono y tetracloruro de carbono y observó que estos inhibían la metanogénesis en el rumen de ovejas.</p> <p>Itabashi, K.<i>et al.</i> (2000), encontró un complejo bromo-clorometano y á-ciclodextrina, que disminuía la producción de metano en el rumen significativamente.</p>
	Antibióticos ionóforos	<p>Guan, T.<i>et al.</i>(2006), estos compuestos incrementan significativamente la producción de propionato a expensas de la producción de acetato y butirato.</p> <p>Mbanzamihigo, B.<i>et al.</i> (1996) y Galindo, S. <i>et al.</i> (2004), la monensina disminuye la producción de metano en el rumen, e incrementa la proporción molar de propionato e inhibe el crecimiento de bacterias metanogénicas, sin afectar la producción de AGV totales ni la degradación de la MS.</p> <p>Gil, S. (2004), indica que de manera general, la efectividad de estos antibióticos no es de larga duración, posiblemente por aparición de resistencia en las bacterias metanogénicas, lo que obligaría el uso de distintas drogas ionóforos.</p>
	Compuestos nitrogenados	<p>La apropiada combinación de nitrato con <math>\beta</math> 1-4 galactooligosacaridos (GOS) o nisina es un efectivo manipulador para disminuir la metanogénesis ruminal sin que ocurra intoxicación por nitrito (Sosa, R. <i>et al.</i>2007).</p>

Anexo 6. Investigaciones realizadas para controlar la metanogénesis ruminal a través de manejo y alimentación.

Alternativas para mitigar metanogénesis ruminal		Descripción de las investigaciones realizadas por varios autores.
ESTRATEGIAS DE MANEJO Y ALIMENTACIÓN	Lípidos	<p>Czerkawski, H. <i>et al.</i>, (1966), los ácidos grasos insaturados compiten con la metanogénesis por los equivalentes de reducción durante la biohidrogenación en el rumen. Los ácidos grasos también tienen efecto tóxico en las bacterias metanogénicas y se probó en estudios de cultivos puros.</p> <p>Los inhibidores de metanogénesis más efectivos incluyen ácidos grasos como linoleico y ácido cis-oleico y algunos ácidos grasos saturados como behénico y esteárico (Zawadzki, H. 1986).</p>
	Plantas arbustivas	<p><i>Sapindo saponaria</i>, <i>Gliricidiasepium</i>, disminuyeron el conteo de protozoos y la emisión diaria de metano (Galindo, S.<i>et al.</i> 2004). También se emplearon exitosamente extractos vegetales (Busquet. F.<i>et al.</i> 2006).</p> <p><i>Equisetunarvanse</i> y <i>Salvia officinalis</i> redujeron la metanogénesis en 14.2 y 8.2 %, respectivamente (Broudiscou, M.<i>et al.</i> 2000).</p>
	Consumo y composición de la dieta	<p>Se plantea que el ganado sometido a un sistema intensivo de alimentación, produce menores cantidades de metano que aquellos alimentados en sistemas extensivos (Clemens, A. 2001).</p> <p>El tipo de dieta es un factor determinante en la producción de metano así, se hallará menor cantidad de metanógenos en el rumen de animales alimentados con concentrado, que en el rumen de los alimentados con forraje (Carmona, J. <i>et al.</i> 2005).</p>
	Plantas proteicas, leguminosas rastreras arbóreas	<p><i>Samaneasaman</i>, <i>Tithoniadiversifolia</i> y <i>Albizialebbeck</i>, reporta que registraron las menores producciones de gas metano con valores de 4.32, 5.70 y 9.18 µl respectivamente. (Zabala, D. 2010).</p>

Anexo 7. Ventajas y desventajas de alternativas de manejo de las excretas bovinas.

Alternativas de manejo	Ventajas	Desventajas
Compost	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita la oxidación que da origen a los nitratos, forma estable de nitrógeno para las plantas.</li> <li>• Evita las pérdidas de nitrógeno.</li> <li>• Destrucción de larvas de parásitos.</li> <li>• Afecta la germinación de semillas de malezas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de nitrógeno como amoníaco, si se almacena por largo tiempo de 3 a 4 semanas, lo que ocasiona pérdida del valor como fertilizante.</li> </ul>
Bokashi EM (microorganismos específicos aeróbicos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se estabiliza entre 18 a 24 días.</li> <li>• Tiene una relación C: N 35-15 a 1.</li> <li>• Mejoras las características físicas del suelo al incorporar materia orgánica y microorganismos benéficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal manejo en proceso de producción ocasiona microorganismos patogénicos, generando inanición del nitrógeno.</li> <li>• Los materiales inmaduros producen gases y ácidos nocivos que queman las raíces de los cultivos.</li> </ul>
Lagunas de estabilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se eliminan los huevos y quistes de los parásitos intestinales.</li> <li>• La estabilización de la materia orgánica alcanzada es muy elevada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere disponer de terrenos aptos para la ejecución de la laguna.</li> <li>• Altas concentraciones de fitoplancton.</li> </ul>
Landfarming.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayuda al mantenimiento y a la fertilidad del suelo.</li> <li>• Desarrollo de microorganismos benéficos para el suelo.</li> <li>• Sustituye el valor comercial de los fertilizantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones en concentraciones altas provocan disminución de oxígeno en el suelo y un incremento del anhídrido carbónico lo que afecta el crecimiento de los cultivos.</li> <li>• Alta relación C/N 80/1.</li> </ul>
Biogás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción y utilización de energía renovable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de implementación.</li> <li>• Supervisión técnica periódica.</li> </ul>
Biol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformación de desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.</li> <li>• Reduce el uso de fertilizantes químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo de preparación y utilización es largo.</li> <li>• En extensiones grandes se requiere un equipo para su aplicación.</li> </ul>
Biosol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo.</li> <li>• Reduce malos olores al consumir los ácidos volátiles.</li> <li>• Reduce notablemente la carga orgánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo contenido de nutrientes en relación al estiércol fresco.</li> </ul>