

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
División Regional de Ciencia Animal



**“ESTRATEGIAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN
EL GANADO BOVINO LECHERO ESTABULADO”**

POR:

RASCIEL CRUZ MARTÍNEZ

MONOGRAFIA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO DE 2002

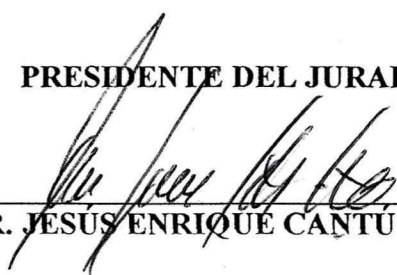
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
División Regional de Ciencia Animal

MONOGRAFIA

"ESTRATEGIAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN EL GANADO BOVINO LECHERO ESTABULADO"


APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO


DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

UAAAN III AGOSTO DE 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
División Regional de Ciencia Animal

MONOGRAFIA

POR


RASCIEL CRUZ MARTÍNEZ

**“ESTRATEGIAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL EN EL
GANADO BOVINO LECHERO ESTABULADO”**

MONOGRAFÍA ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ
PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESIDENTE :



DR. JESUS ENRIQUE CANTU BRITO

VOCAL:



M.C JORGE ITURBIDE RAMIREZ

VOCAL:



M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO

VOCAL:



M.C. GREGORIO RODRIGUEZ GARCÍA

TORREÓN, COAHUILA

AGOSTO DE 2002

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme paciencia y sabiduría para corregir mi camino, por darme vida para llegar al final de mi carrera.

A MI ALMA MATER: Por haberme brindado la oportunidad de estar en sus instalaciones y así formarme como profesional.

AL DR. JESÚS ENRIQUE CANTU BRITO: Por su amistad desinteresada y por brindarme la confianza y apoyo para la elaboración de este trabajo.

A MIS COMPAÑEROS: Pintado, Pedro, Franco y Omar. Por su amistad y apoyo.

A MELISSA Y ABRIL: Por haberme brindado su amistad en la última etapa de mi carrera.

A JORGE FRANCISCO Y ALFREDO: Por darme la oportunidad de compartir no solo la casa, sino también su amistad.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Con mucho cariño, respeto y admiración:

VIDAL CRUZ ALVARADO Y OFELIA MARTÍNEZ ROMÁN

Por haber inculcado en mí, el camino correcto de la vida, a ellos les debo lo que soy, y por haber depositado en mí toda su confianza, su fe y sacrificios que en su momento influyeron para no darme por vencido.

MI HERMANA:

ILIANA: Por todo el apoyo brindado durante mí formación profesional

A MI ABUELA:

TOMASA: Por su amor y apoyo, y todos sus consejos para llegar ha ser alguien.

A CECILIA:

A ti, por todo tu cariño y apoyo incondicional durante mi carrera y por cumplirme el deseo más grande, el ser padre.

A DANIEL:

Mi Hijo por ser la bendición más grande y el mejor regalo que pude haber recibido.

A MIS TÍOS Y PRIMOS:

Por su apoyo y cariño demostrado durante mi vida.

INDICE GENERAL

	PAGINA
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
MANEJO DEL ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO ESTABULADO	3
Cuantos nutrientes en forma individual son excretados por las vacas	6
Como los sistemas de manejo del estiércol afectan el flujo de Nutrientes	10
Tipos de sistemas de manejo del estiércol	12
Manejo del estiércol sólido o de manera convencional	13
Manejo del estiércol en forma de mezcla (heces y orina)	14
MANEJO DEL ESTIÉRCOL LIQUIDO	16
SISTEMA DE LAGUNAS ANAERÓBICAS	17
REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS DEL ESTIÉRCOL	18
COMPOSTA	20
Composta y otros aportes orgánicos	21
Materiales de partida	22
Confección del montón	23
Manejo de Estiércol y sus impactos hacia el ambiente	32
Asuntos Medioambientales	32
Impacto Medioambiental Positivo	33
Impacto Medioambiental Negativo	34
Factores Favorables	35
Factores Desfavorables	36
Almacenamiento Mejorado de Estiércol	36
Técnicas	37
Costos	38

INDICE DE CUADROS

NUMERO		PAGINA
1	Excreción diaria y anual estimada para varios nutrientes para vacas de la raza Holstein de 700 kg de peso	7
2	Producción anual de estiércol y valor estimado de los nutrientes de 100 vacas con pesos promedios de 700 kg. ...	9
3	Contenido de nutrientes de la fibra recuperada de las cribas proveniente de ganado lechero.	20
4	Cantidades de nutrientes en heces, orina y del excremento total de vaquillas Holstein alimentadas con dos niveles de PC en la dieta con 9.6 y 11.0% (James et al., 1999).	28
5	Balance de la masa de nutrientes en una explotación lechera.	30
6	Descripción del hato lechero en evaluaciones de 1979 y 1994 (Wang et al., 1999)	30
7	Balance de la masa de nutrientes de N, P y K en 1979 y 1994 en explotaciones lecheras (Wang et al., 1999).	31

INDICE DE FIGURAS

NUMERO		PAGINA
1	Entradas y salidas diarias de materia seca (MS), nitrógeno (N), y fósforo para una vaca lactante que produce de 25 a 50 kg de leche por día.	8

Sistema Pecuario Enfocado	39
Impacto Medioambiental positivo	39
CONCLUSIONES	41
LITERATURA CITADA	42

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad de las explotaciones lecheras de México y del mundo son dependientes tanto de la viabilidad tanto económica como ambiental y en la mayoría de los casos las metas ambientales y financieras se encuentran generalmente encontradas.

Las explotaciones lecheras se caracterizan por presentar un alto grado de eficiencia productiva, encontrando que un incremento en el tamaño de los hatos es un indicador viable del mantenimiento de la rentabilidad y de asegurar su posición en el mercado.

Sin embargo, grandes hatos introducen problemas nuevos y algunas veces requerimientos y consideraciones ambientales que son difíciles de manejar. En lo concerniente al efecto negativo de las pérdidas de nutrientes en el excremento (Heces) en la contaminación de depósitos de agua tanto en el subsuelo como en las superficies estos se han incrementado con el tamaño de los hatos.

La contaminación de suelos y agua por la pérdida de nutrientes procedentes de las excretas de los animales ha sido un problema extremadamente grave en muchas partes del mundo y en nuestro país no es la excepción ya que en las principales cuencas lecheras de México se producen diariamente grandes cantidades de excremento que es depositado en campos de

cultivo o amontonados fuera de los corrales contribuyendo con ello a una proliferación de microorganismos y una gran fuente de contaminación de los acuíferos.

La Comarca Lagunera es considerada una de las principales cuencas lecheras del país y cuenta con un inventario ganadero de 415,556 vacas de las cuales 239,099 se encuentran en producción. La producción estimada de estiércol promedio por vaca por día varía de 37.5 – 62.5 kg de heces en húmedo y de 7.5 – 10.5 kg de materia seca (MS) por día, teniendo un promedio de 18 kg/día/MS lo que daría una producción diaria de aproximadamente 7,462 toneladas de excremento/día y 2.72 millones de toneladas por año, esto, solamente en la Comarca Lagunera (Van Horn., et al., 1998).

Los requerimientos para el manejo del estiércol son muy particulares o únicos para cada rancho, dependiendo de la disponibilidad de los recursos naturales, la existencia y planeación de facilidades y el objetivos y meta de la explotación; en adición a estos requerimientos algunas veces son sujetos a cambios a medida que el número de animales se incrementa.

La interacción de las practicas de manejo del estiércol con la calidad del aire y el agua han ganado una considerable atención y las practicas actuales deberán ser revisadas para desarrollar investigación y programas educativos que implementen técnicas alternativas de manejo.

El propósito de este análisis es realizar una consecución de la información disponible sobre las principales practicas de manejo del estiércol de ganado bovino lechero estabulado de tal manera que se disponga de información sobre la producción de estiércol y algunas alternativas para su manejo y aprovechamiento.

OBJETIVOS

El objetivo central de este trabajo consiste en compilar información sobre la producción, impacto, alternativas de manejo y aprovechamiento del estiércol de bovino de leche.

MANEJO DEL ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO ESTABULADO

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los nutrientes primarios que forman parte de la excreta de los bovinos. El N del estiércol puede ser convertido en nitratos en el suelo y alcanzar potencialmente el agua del sub-suelo. El P contenido en el estiércol puede moverse potencialmente a través de la superficie del suelo por escurrimiento y alcanzar las aguas superficiales y afectar el crecimiento de las algas y de las plantas acuáticas. El Potasio (K) no ha sido identificado como potencial de contaminación ambiental como el N y P pero es considerado por igual dentro de las estrategias de manejo de fertilizantes (Van Horn et al., 1998).

Los nutrientes en el excremento y la materia orgánica son componentes naturales del ambiente que últimamente contribuyen a la mayor producción de tejidos de plantas y animales. Así pues, en lo que al estiércol se refiere no es tan

diferente que el manejo que se la da a los fertilizantes comerciales. El estiércol es en efecto un recurso que basado sobre su equivalencia con un fertilizante comercial, no deberá ser considerado un desperdicio cuando este es reciclado a través del crecimiento de nuevas plantas.

Para usar efectivamente el valor del recurso "Estiércol" y evitar la concentración excesiva de estos nutrientes a niveles inapropiados, es muy útil presupuestar un flujo de nutrientes a través de la totalidad del sistema de producción en la explotación. Si existe un problema en la concentración en algún punto, se deberán aplicar medidas correctivas que sean apropiadamente cuantificadas ambientalmente. Para realizar lo anterior se requiere información cuantitativa del flujo de nutrientes a través de todos los segmentos del sistema.

Las preguntas críticas son:

- 1).- Cuantos nutrientes en forma individual son excretados por las vacas
- 2).- Cuanto afecta el flujo de nutrientes el manejo del estiércol y los nutrientes que son recuperados para uso como fertilizantes
- 3).- Cual es el potencial de remoción de nutrientes por las plantas
- 4).- Como desarrolla usted un presupuesto de nutrientes en el estiércol
- 5).- Cuales son los pasos para ayudar a documentar el impacto ambiental

La regulación federal ha establecido fuentes o puntos principales de contaminación entre las que se incluyen; operaciones de alimentación de animales con alto uso de concentrados, hacinamiento de animales arriba de 300 vacas y establecimiento de explotaciones en fuentes primarias de provisión de agua.

Nuevos requerimientos de equipo para el acarreo y manejo del estiércol son a menudo un cambio obvio y necesario a medida que el tamaño del hato se incrementa. El equipo viejo o más tradicional puede o no tener la capacidad que se necesita para manejar los nuevos volúmenes de estiércol generados. Los requerimientos de mano de obra para el manejo del estiércol también deberán ser concernientes para hatos que se están incrementando en tamaño. Generalmente, a medida que las operaciones se hacen más grandes, la sustitución de capital por mano de obra en el acarreo y manejo del estiércol es preferida en la mayoría de las explotaciones. A medida que nuevos sistemas de manejo del estiércol son desarrollados e implementados en operaciones de expansión, los requerimientos para el manejo se hacen más importantes. El conocimiento de cómo el equipo es operado y mantenido y como los nutrientes son manejados para prevenir la contaminación de la fuente natural de agua y suelo requiere de la educación de trabajadores y empleados, quienes pueden estar no familiarizados con los sistemas de manejo del estiércol en las explotaciones lecheras. Estos incluyen parte de todos los seis componentes principales o características que pueden estar sujetos a un mayor cambio a medida que el tamaño del hato se incrementa:

- 1) Producción y caracterización del estiércol
- 2) Métodos de recolección y equipo requerido
- 3) Mecanismos de transporte o movimiento del estiércol
- 4) Requerimientos de almacenamiento del estiércol
- 5) Requerimientos de tratamiento del estiércol, y
- 6) Requerimientos para la utilización del estiércol y el manejo de los nutrientes. Estos componentes en conjunto, describen un tipo de sistema

de manejo del estiércol que es único para la explotación en particular, para la cual este fue desarrollado.

Además deben tomarse otras consideraciones cuando se contempla un incremento en el tamaño del hato.

1) Cuantos nutrientes en forma individual son excretados por las vacas

Históricamente, los estándares de excreción de nutrientes a menudo más usados en el diseño de sistemas de manejo del estiércol fueron los de la ASAE (American Society of Agricultural Engineers) en 1990. Estos estándares son basados sobre el peso de las vacas, sin embargo, estos no toman en cuenta las grandes variaciones entre sistemas alimenticios y niveles de excreción de nutrientes. La variación es causada por las diferencias en el consumo de alimento, diferentes niveles de suplementación y diferentes cantidades de nutrientes que son aportados en la leche.

En el cuadro uno se muestran las cantidades estimadas de excreta de nitrógeno de dos diferentes formulaciones propuestas por la RNC. Una es para vacas que consumen dietas formuladas para suplir las necesidades de proteína cruda (PC) de la RNC la cual requiere de una mayor cantidad de PC para asegurar llenar los requerimientos de Proteína del animal. La otra ración, minimiza el nitrógeno en la dieta por fuentes de nitrógeno no proteico y con proteína degradable en el rumen. Estimaciones numéricas mencionan que anualmente una vaca de 700 kg excreta 136.5 kg de N al año.

Cuadro 1. Excreción diaria y anual estimada para varios nutrientes para vacas de la raza Holstein de 700 kg de peso.

	Producción de leche y consumo de materia seca para:				
	40 días	130 días	135 días	60 días	Total /año
Leche/vaca/kg	50	35	25	Seca	10,000
Materia seca	27.9	23.15	19.6	12.6	7,549.5
Excreción por vaca según Van Horn et al (1994)					
Fracción o nutriente	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/día	Kg/año/vaca
Estiércol entero (Heces + orina)	97.5	80	62.5	40	25,225
Heces frescas	62.5	50	37.5	22.5	15,475
Orina	35	30	25	17.5	9,750
Agua en estiércol	86.75	71	54.9	35	22,295
Total de N, kg (RNC, bajo)	0.4495	0.3635	0.305	0.182	117
Total de N, kg, (RNC, alto)	0.515	0.423	0.349	0.2195	136.5
P kg, (dieta, 40% P)	0.0615	0.0575	0.0535	0.0505	20
P kg, (dieta, 45% P)	0.0755	0.069	0.063	0.0565	24
P kg, (dieta, 60% P)	0.117	0.104	0.142	0.0755	35.5
K Kg, (Dieta, .8% K)	0.148	0.132	0.119	0.100	45.5
K kg, (dieta, 1.2% K)	0.2595	0.225	0.198	0.151	75.5
Ca kg, (dieta, .65% P)	0.121	0.1085	0.097	0.082	37
Ca kg, (dieta, .90% P)	0.191	0.1665	0.146	0.113	56
Mg kg, (dieta, .20% P)	0.051	0.043	0.036	0.025	14
Mg kg, (dieta, .35% P)	0.092	0.077	0.066	0.044	25.5
Na kg, (dieta, .35% Na)	0.0725	0.063	0.056	0.044	21.5

Un plan de manejo de nutrientes generalmente deberá ser basado sobre la estimación actual de la excreción de las vacas pero si la expansión es planeada será muy útil para estimar las necesidades futuras de la explotación.

En la figura uno se puede observar gráficamente algunas excreciones estimadas diarias para una vaca lactante que produce de 25 a 50 kilos de leche por día incluyendo materia seca, nitrógeno y fósforo.

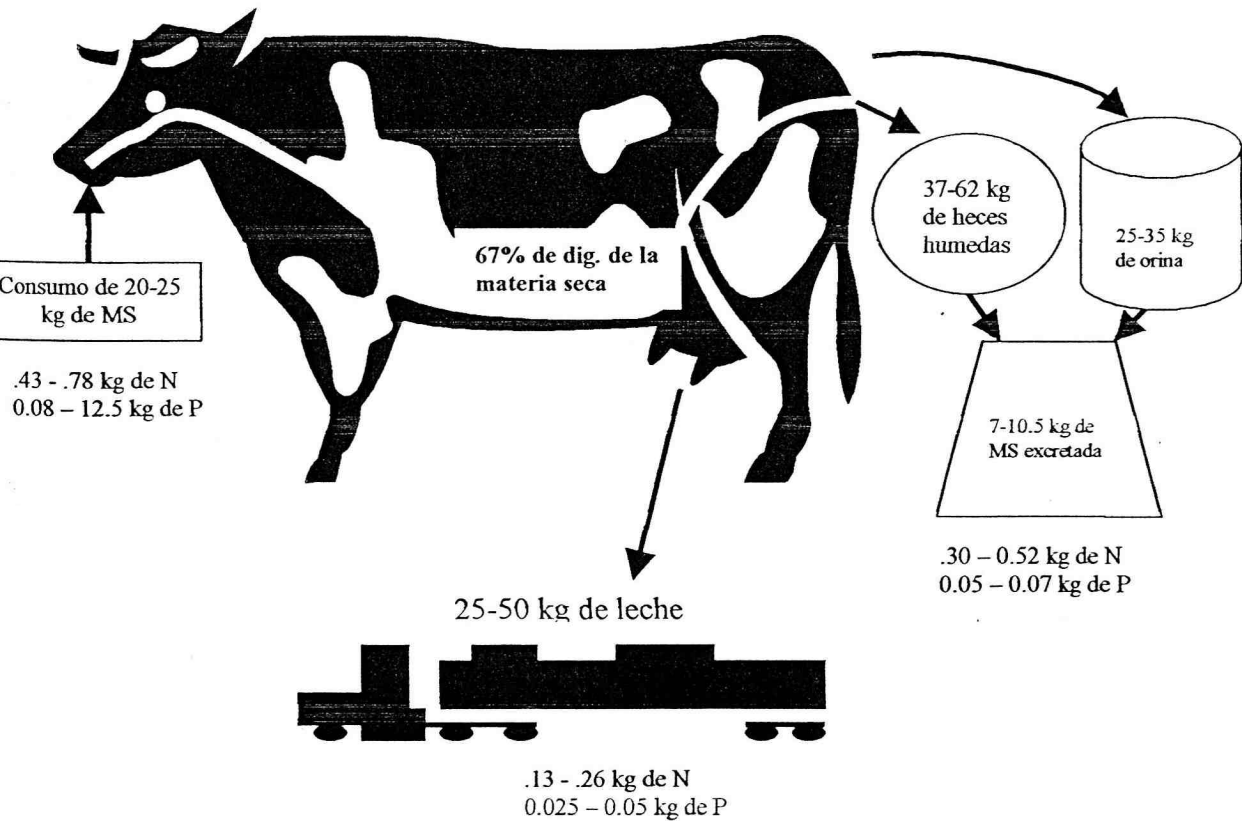


Figura 1. Entradas y salidas diarias de materia seca (MS), nitrógeno (N), y fósforo para una vaca lactante que produce de 25 a 50 kg de leche por día.

En el cuadro dos se muestra la producción anual de estiércol y el valor probable de los nutrientes que aportan 100 vacas con un peso promedio de 700 kg.

Cuadro 2. Producción anual de estiércol y valor estimado de los nutrientes de 100 vacas con pesos promedios de 700 kg.

Constituyentes del estiércol	Libras/año/100 vacas	Valor probable
Estiércol (Heces + orina)	5,045,000	
Estiércol húmedo	4,458,990	
Sólidos totales	586,000	
Sólidos volátiles	488,300	
Nitrógeno total en lb (RNC, bajo)	23,400	\$ 3,510 ¹
P (Materia seca en la dieta .45% P)	4,800	\$ 2,880 ¹
K (Materia seca en la dieta 1.20% P)	15,100	\$ 2,265 ¹
VALOR TOTAL de N, P y K		\$ 8,655
Los valores son basados en un costo aproximado de \$ 0.30/lb/N, \$ 0.60/Lb/P y \$ 0.15/lb/K; el nitrógeno recuperado fue del 50% de la excreción y 50% se volatiliza.		

La fácil y significativa volatilización del nitrógeno ocurrirá debido a que fácilmente es convertido en amoníaco. Así, los valores de los fertilizantes serán un poco menor que los valores originariamente excretados.

La composición del estiércol cambia a través del tiempo después de la excreción. En adición a la volatilización excretada de nitrógeno los líquidos serán drenados de los sólidos, ocurriendo un secado o haciendo que el estiércol pueda ser diluido con los flujos de agua. Así pues, el contenido de humedad

generalmente es bastante diferente. Es importante tomar muestras de estiércol o aguas residuales aplicadas a los terrenos de cultivo y tendrán que ser analizadas por un laboratorio comercial. El análisis deberá incluir un análisis de nitrógeno total y el nitrógeno ajustado a los nitratos, debido a que ninguna forma de nitrato ocurre en el estiércol. El proceso de nitrificación no ocurre hasta que el estiércol ha sido incorporado en el suelo o en los terrenos de cultivo.

Las principales formas de excreción de nitrógeno por las vacas es a través del nitrógeno orgánico o nitrógeno en la urea, el cual es fácilmente convertido en amonía y puede ser incorporado en el aire como gas-amonia.

2) Como los sistemas de manejo del estiércol afectan el flujo de nutrientes.

Después de la excreción por la vaca, el estiércol puede ser almacenado húmedo, almacenado después de haber sido secado, bombeado con agua hacia una laguna, o puede ser asperjado sobre los terrenos en diluciones con agua o en alguna forma que pueda ser utilizada posteriormente.

A mayor tiempo de almacenamiento el potencial de perdidas de nitrógeno hacia la atmósfera como amonía. A mayor dilución del estiércol en agua, mayor será el potencial de perdida de nutrientes hacia las aguas superficiales y subterráneas al menos que se incluyan como parte de un programa de irrigación para distribuir el agua y nutrientes en los cultivos forrajeros. Solamente muy pocas

explotaciones tienen sistemas de manejo de estiércol para coleccionar tanto heces como orina en una sola localidad para su posterior aplicación en los terrenos de cultivo.

La separación o pérdidas ocurren de muchas maneras.

- Colecta del estiércol de las salas de ordeña y de los comederos para ser bombeado a través de una trampa de arena para ser separado de las partículas sólidas antes de ser trasladado a los terrenos de irrigación.
- Ocurren algunas pérdidas por gas amoníaco (Volatilización) las cuales son variables pero a menudo controlables, es decir, es la porción del nitrógeno que se escapa hacia la atmósfera.
- El estiércol es colocado en diferentes áreas ya sea de praderas, salas de ordeño, granjeros de invierno y de las áreas principales de alimentación como los comederos y que algunos de estas separaciones pueden no ser coleccionadas para utilizarse como abonos en los cultivos.

Otras posibilidades incluyen algunas pérdidas en la superficie por escurrimiento y pérdidas hacia el subsuelo. Las prácticas de manejo deben controlar todos estos componentes para que la contaminación de suelo y agua sea minimizada y no cause violaciones a los estándares sobre la regulación de la calidad del agua de cada estado o municipio.

La selección del sistema de manejo del estiércol dependerá de las facilidades existentes, por ejemplo, si existen edificios que puedan servir para el secado del estiércol un sistema de manejo de estiércol seco será posible sin tener que realizar modificaciones estructurales mayores. Si se está planeando una nueva explotación lechera entonces, otros factores deben de ser considerados o de tomarse en cuenta, en ambos casos los cambios en el sistema deberán ser compatibles con otras prácticas de manejo de la explotación. Los nutrientes del estiércol deberán ser asperjados de tal modo que sean aprovechados por los cultivos o deberán ser almacenados de tal modo que no sobrepasen los niveles de riesgo medioambientales (Holloway et al., 1990).

Tipos de sistemas de manejo del estiércol

Los sistemas de manejo del estiércol pueden ser caracterizados de muchas maneras, con diferentes opciones en cada tipo de sistema. Los tipos de sistemas pueden ser clasificados como siguen:

- Manejo del estiércol sólido o de manera convencional
- Manejo del estiércol en forma de mezcla (heces y orina)
- Manejo del estiércol en forma líquida
- Lagunas anaeróbicas
- Remoción de sólidos suspendidos
- Realización de composta
- Diferentes combinaciones de los anteriores

Además cada sistema puede ser dividido en cinco componentes o fases principales que los componen siendo estos los siguientes:

- 1) Colección
- 2) Almacenamiento
- 3) Proceso o tratamiento
- 4) Transporte
- 5) Utilización

Manejo del estiércol sólido o de manera convencional

El sistema de manejo del estiércol sólido o en forma convencional es el más común en aquellas regiones secas y áridas donde la precipitación no es importante porque se permite el secado del estiércol y su fácil manejo, además de que el clima seco y caliente permite el uso de agua como transporte del estiércol haciendo que las instalaciones se sequen rápidamente, permitiendo además que la utilización del agua de desperdicio en los terrenos de cultivo sea aprovechada como abono.

El manejo del estiércol sólido requiere de algún tipo de trascabo con una hoja o cuchilla plana para su colección y cualquier esfuerzo deberá ser realizado para quitar el exceso de agua o humedad. El estiércol puede ser manejado o asperjado en los terrenos de cultivo sobre una base de producción diaria o bien podrá ser colocado en algún lugar para su almacenamiento. Las facilidades del almacenamiento requieren un piso que pueda absorber la humedad o cualquier

liquido que pueda ser transportado o escurrido a algún deposito o laguna. Normalmente no existe ningún tratamiento o proceso del estiércol en este tipo de sistema. El transporte probablemente será en un tipo de caja o escrepa para expandir el estiércol y su posible utilización en los terrenos de cultivo.

En este sistema la orina no se recolecta. Las perdidas de N y K son muy altas ya que la mayor parte de la orina se pierde. Parte de los nutrientes de las heces se pierden por lavado y escurrimiento superficial cuando existen precipitaciones o bien se tienen montones de estiércol descubiertos (Brandjes et al., 1996).

El contenido de materia seca del estiércol varia aproximadamente de un 20 a 25 % de MS que generalmente se obtiene con el secado en el campo al aire libre (Fulhage, 1997).

Manejo del estiércol en forma de mezcla (heces y orina)

En este sistema el estiércol es manejado con contenidos de humedad del 5 al 15% y esta mezclado las heces y la orina. Este método se usa comúnmente en sistemas ganaderos intensivos de los países de la Comunidad Europea. Las perdidas por volatilización dependen de la profundidad y el tipo de almacenamiento (Brandjes et la., 1996).

En este sistema se hace necesario agregar agua para facilitar el manejo. Esto tiene como resultante un contenido de sólidos mayor al 5% el cual es demasiado húmedo para manejarse con una cuchilla pero demasiado pesado para ser transportado a los terrenos de cultivo y utilizarse en los sistemas de irrigación (Van Horn et al., 1998). El almacenamiento puede ser realizado en tanques sobre o debajo de la tierra. El transporte probablemente deberá ser realizado en camiones cisterna o tanque. La utilización deberá ser sobre los terrenos de cultivo, siendo deseable la inyección con equipos presurizados que trasloquen los nutrientes del estiércol al suelo. En California el 29.7% de los productores lo aplican al suelo en forma estacional, el 33.8% lo utilizan en sistemas de irrigación o en combinación con otras técnicas de manejo. Cuando se utiliza más de una técnica en la explotación, los productores utilizan irrigación estacional en un 32.5%, en mezcla de heces y orina 9.5% y en irrigación de todo el año 28.4% (Morse et al., 1997).

El uso de estiércol húmedo requiere de camiones tanque y de bombas especiales para poder manejar el gran contenido de sólidos y de la construcción de tanques de almacenamiento que podrían ser muy costosos (Van Horn et al., 1998). El transporte, movilización, y aspejado del estiércol húmedo también tiene requerimientos de mano de obra muy altos pero se compensa con un sistema que tiene mucho menor pérdida de nutrientes.

A medida que el tamaño del hato se incrementa se requiere de una mayor capacidad para manejar el estiércol y por lo tanto será necesario invertir en

equipo mecánico y así, disminuir las necesidades de mano de obra por unidad de estiércol manejado (Fulhage, 1997).

MANEJO DEL ESTIÉRCOL LIQUIDO

Este generalmente involucra tanques para mover el estiércol y así diluirlo hasta tener un contenido de sólidos de menos del 5%. En la mayoría de los sistemas lecheros de Florida el contenido de sólidos es menor al 2% y puede ser manejado especialmente en equipos de riego diseñados para este propósito. Los requerimientos de la capacidad de almacenamiento depende del tipo de suelos en los terrenos de cultivo, el tiempo de almacenamiento entre aplicaciones y la cantidad de agua de escurrimiento que el sistema debe ser capaz de retener (Van Horn et al., 1998). Algunas ventajas distintivas de este tipo de sistema son que requiere bajos costos de mano de obra y que resulta en una relativamente baja pérdida de nutrientes cuando la irrigación es frecuente y los cultivos en crecimiento están disponibles para utilizar los nutrientes.

El manejo de este tipo de sistema puede ser por vía bombeo, sifones, equipo de irrigación y otros equipos apropiados, por lo tanto, los sistemas mecanizados hidráulicos requieren de menos costos de mano de obra (Fulhage, 1997).

SISTEMA DE LAGUNAS ANAERÓBICAS

Este sistema fue el tipo más popular utilizado en Florida en las explotaciones lecheras durante los años 70's y 80's. Es actualmente un tipo específico de manejo del estiércol líquido el cual es bombeado directamente a una laguna anaeróbica. La primera fase de un sistema de lagunas es diseñado para mantener constante un nivel de líquido que pasará a una segunda laguna ya sea por gravedad o por bombeo dependiendo de la capacidad de almacenamiento del líquido (Van Horn et al., 1998).

El efluente del depósito será bombeado y dispersado directamente a los terrenos de cultivo a través de un tipo de sistema de irrigación. A pesar de que se han utilizado diferentes sistemas de irrigación basados en la dispersión del líquido los sistemas de pivote central están siendo utilizados con mayor frecuencia y más populares debido a que permiten la distribución más uniforme de los nutrientes del estiércol (Van Horn et al., 1998).

El estiércol líquido, bien sea antes o después de separar la parte de los sólidos, es tratado en lagunas anaeróbicas. El material orgánico es descompuesto, y mineralizado por lo cual, parte de los nutrientes se pierde. La fase líquida se descarga en forma de agua de riego o superficial en los terrenos de cultivo.

En adición a la efluente, en las lagunas anaeróbicas se acumulan una cantidad significativa de fósforo y también pequeñas cantidades de nitrógeno. La

cantidad de tiempo antes de que la laguna se llene con el líquido del estiércol ,llega a un punto en el cual necesita ser limpiado dependiendo de la tasa de sedimentación y del volumen designado. A medida que las lagunas son mas pequeñas deberán ser limpiadas los sedimentos comúnmente de 2 a 5 años mientras que lagunas mas grandes pueden funcionar mayor tiempo sin necesidad de estar llevando a cabo la limpieza. La separación de grandes partículas de estiércol sólido es a menudo necesario y prioritario antes de que entren a la laguna, todo ello para permitir un mejor almacenamiento del estiércol de un mayor numero de vacas y poder alargar el tiempo necesario para realizar la separación y la limpieza (Van Horn et al., 1998).

REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS DEL ESTIÉRCOL

La remoción del estiércol de los animales por medio del agua es una manera fácil de limpiar y transportar el estiércol. Existen variaciones de este método, las cuales han sido adoptados a lo largo de todos los Estados Unidos en diferentes explotaciones tanto de operaciones de ganado lechero, cerdos y aves. La separación de los sólidos del flujo de estiércol es potencialmente importante debido a las siguientes razones:

- Para remover las grandes partículas, y evitar daños en los sistemas de irrigación durante las distribución , de los sistemas utilizados para dispersar el líquido sobre los terrenos de cultivo.
- Para reducir la sedimentación biológica de lagunas aeróbicas como anaeróbicas.

- Para capturar los productos fibrosos y algunos nutrientes de nitrógeno y minerales los cuales pueden ser utilizados como otros productos tales como camas de siembra, parte de la alimentación del ganado en el mantenimiento de dietas, o bien como material de composta para las plantas.

Existen muchos sistemas en los cuales se removerá una porción de los sólidos de los líquidos del estiércol. Las cribas estacionarias es el método mas común por medio del cual muchas nuevas explotaciones experimentan con montones de estiércol colocados sobre distintas bases de distintas formas, profundidades y capacidades.

Los separadores de las cribas estacionarias separan del 20 al 30% de la materia orgánica del estiércol líquido del ganado lechero. Con cada dilución el estiércol líquido se estima una remoción de el 20% de los sólidos orgánicos. Esta dilución también asegura que casi la mayoría de todos los nutrientes solubles permanecerán en la porción líquida del agua. La mayoría de los minerales y el nitrógeno se encuentran en forma soluble en mas del 80%.

La composición esperada de la fibra recuperada del estiércol de ganado lechero de las cribas y que permiten drenar cerca del 72% de humedad y un 28% de materia seca cuyo contenido de nutrientes se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Contenido de nutrientes de la fibra recuperada de las cribas proveniente de ganado lechero.

Nutriente	% de materia seca
Cenizas	7.0-13.4
Nitrógeno	1.0-1.6
Fósforo	.12-.15
Potasio	.16-.22
Fibra detergente neutro	77.7-83.5
Fibra detergente ácido	50.0-60.0
Lignina ácido detergente	12.9-15.1
Celulosa	35.4
Hemicelulosa	32.0

El valor alimenticio de este producto no es aceptable como ganancia de peso en rumiantes en crecimiento. Sin embargo, los sólidos del estiércol pueden ser aprovechables como alimento como un porcentaje apreciable de las dietas de ganado solo para mantenimiento y mantienen tasas bajas de ganancia en bovinos de carne o bien son bien aceptados en la alimentación de vacas secas.

COMPOSTA

Los sistemas de composta han recibido recientemente mucha atención por la facilidad en la exportación en el manejo de nutrientes en las explotaciones

lecheras. El sistema de composta es una modificación al sistema de manejo del estiércol convencional o de manejo de estiércol sólido modificado por un tratamiento o proceso que se aplica al estiércol. Los tipos de sistemas de composta incluyen: Los principales factores que deberán ser considerados son la calidad deseada del producto final, los requerimientos de espacio, necesidades de mano de obra y la disponibilidad de un diluyente para mezclar con los materiales de desperdicio.

Antes de iniciar con un sistema de composta se deberá tener una atención muy cuidadosa sobre el mercado o el futuro uso de la composta de estiércol ya que no es posible que exista una lista de personas esperando por el producto. La composta primeramente es un proceso de oxidación el cual remueve muchos componentes olorosos. También algunos sólidos orgánicos son convertidos a dióxido de carbono y así reducir su volumen y que permite una fácil volatilización del nitrógeno con las consecuentes pérdidas del mismo. Sin embargo, el producto final es estable y mucho menos oloroso que el estiércol original.

Composta y otros aportes orgánicos

El composteo es un proceso de transformación biológica de la materia orgánica en un producto final, denominado compost, o composta, que presenta, respecto a los materiales de partida, las siguientes ventajas:

- Mayor estabilidad biológica(eliminación de malos olores)

- Mayor contenido de humus
- Menor relación de C/N
- Menor Volumen aparente (compactación)
- Eliminación de los gérmenes patógenos.
- Inhibición del poder germinativo de las semillas

Como tal proceso biológico que es esta condicionado por un conjunto de factores ambientales como son.

- Aireación: es imprescindible a una aireación adecuada, de lo contrario se hace más lenta la descomposición, se produce la pérdida de algunos nutrientes y se generan sustancias tóxicas para las plantas
- Humedad: Cuando es baja se paraliza la actividad biológica y cuando es alta se producen condiciones anaerobiosis y pérdida de nutrientes por lixiviación.
- Relación C/N: Cuando es N se paraliza la actividad biológica y cuando esta en exceso se producen pérdidas. Debe ser próximo a 30/1.
- pH: influye sobre la actividad de los microorganismos y sobre la velocidad de las reacciones enzimáticas, debe ser próximo a la neutralidad

Materiales de partida

1. Restos vegetales.-Aportan la celulosa y la lignina necesaria para la formación del humus. Pueden proceder del mismo predio (paja, restos de poda, abonos verdes, rastrojos)de la industria, (oruga de uva, frutas no

utilizables pulpas de destilería, aserrín de frondosas) o de cualquier otro origen (hierbas arbustos etc) siempre que sean de cultivo ecológico.

2. Restos animales .aportan n necesario para ajustar la relación C/N junto con P/S y micro elementos. Sirve : estiércol, restos de maderas, harinas de pescado etc. Como en el caso anterior , ande proceder de la ganadería ecológica, aunque transitoriamente los Organismos de Control pueden utilizar estiércoles excesivos de ganadería convencional.
3. Minerales .Rocas finamente molidas o subproductos ricas en uno o varios elementos (frutos cereales, harina de hueso, sangre, harina de pescado, algas ,etc). para corregir el desequilibrio y carencias de nuestro campo.
4. Conectores del pH. Se prevé una relación ácida y principalmente si se va a incorporar a las lluvias ácidas. Lo mejor son carbonó calcio o carbonato de potasio en forma de roca pulverizando ceniza de madera . Cuando se tenga un buen suelo el plástico se puede incorporar a la tierra. La cal muerta es de menor aprovechamiento, pero nunca se debe utilizar la cal viva.

Confección del montón

Existen muchos métodos para la elaboración de la composta: en montón en zanja, en reactores. Aquí veremos por ser el método el mas sencillo y el mas adecuado para nuestra zona.

Emplazamiento optimo: en zonas de pendiente ligera y buen drenaje; con la solera natural preferente al hormigón o a cemento; protegida de los vientos

dominantes, de la insolación directa y de las lluvias fuertes; de fácil acceso y de maniobrabilidad para la maquinaria; lo mas cerca posible de las fuentes materias primas y de lugar de utilización y con disponibilidad de agua.

Forma: el montón se hace en forma triangular o trapezoidal (con mas pendiente cuando mas lluvioso sea el clima) y con la longitud que se posible. Pueden hacerse mayores si se aporta aireación forzada. Si el montón es mayor se dificulta la aireación y si es menor se pierde nitrógeno y otros elementos volátiles.

Dimensiones: el ancho de la base del montón se hace de 2 a 3 metros, aunque puede aumentar si se garantiza la aireación suficiente del interior de la zona anterior. La altura viene dada de la pendiente que se le de al montón y la longitud no tiene mas limites que los puestos del espacio disponible.

Realización : En la parte inferior quede ponerse una capa de ramas y pajas que mejora la aireación . Después se aportan los materiales bien triturados: directamente si se han mezclado previamente o si la composición es homogénea o en capas sucesivas de 15 - 20 cm de grosor.

El montón se iniciara desde un extremo dándole desde el principio la sección definitiva.

Es conveniente añadir a la tierra para que la formación del complejo arcilla-húmico proteja al humus de la mineralización. Esta tierra debe proceder de las

capas superficiales para que aporte microorganismos de descomposición. Si es tierra caliza, hace además el papel regulador del pH, pero debemos limitar la cantidad aportada (2-5% si es muy caliza) para no basificar en exceso el montón.

También debe aportarse la composta madura, o bien formular con una cubierta de 1-3 cm o bien incorporando en una porción del 10 al 15% para que aporte microorganismos y sirva de arranque al proceso.

Si se riega el montón hasta que todo este embebido, pero de esta manera que no escurra cuando se apriete apuñado. Si los materiales empleados son pobres en N o quiere acelerarse el proceso, pueden emplearse purines para regarlo.

Finalmente el montón se cubre con una capa delgada de tierra arenosa, paja o ramas que protejan de las variaciones ambientales externas pero que permitan un intercambio gaseoso.

El tratamiento del estiércol de grandes volúmenes es asociado a hatos de gran tamaño y estos requieren de nuevas consideraciones y de nuevos y diferentes métodos para el tratamiento y procesado del estiércol. Los olores se incrementan a medida que la expansión del hato lechero aumenta por lo que como consecuencia se tienen un incremento de los olores muy desagradables. De ahí que, el proceso o tratamiento que reduzca los olores deberá ser parte de un plan de proceso de expansión (Fulhage, 1997).

La aeración del estiércol ha sido reconocido como una forma de reducir el olor del estiércol almacenado y del aplicado en los terrenos de cultivo (Lanyon, 1994). La digestión anaeróbica del estiércol de ganado lechero bajo condiciones controladas con la recolección del gas minimiza la liberación del olor y proporciona un alto grado de estabilidad de los residuos en comparación con los sistemas tradicionales. El proceso de digestión también presenta un potencial en la colecta y utilización de energía en forma de metano, el cual emerge como una bacteria que degrada el estiércol. Los aditivos y bioquímicos que son basados en enzimas y bacterias han sido marcados como muy efectivos en reducir los olores en los sistemas de manejo de estiércol. Sin embargo, estos productos no parecen ser uniformemente efectivos y pueden encarecer el producto terminado. Por lo tanto se requiere de una mayor investigación y experiencia en el área de aditivos para controlar el olor a un costo efectivo (Van Horn et al., 1994).

Algunos procesos para el tratamiento del estiércol resultan en un incremento de las pérdidas de nitrógeno a la atmósfera a través de la volatilización de la amonía como resultado de la degradación bacteriana. Cerca del 80 al 90% del nitrógeno que es excretado puede ser perdido hacia la atmósfera en los sistemas de manejo de estiércol que son utilizados en lagunas anaeróbicas en procesos o tratamientos y en el almacenamiento del (Van Horn et al., 1996).

En un estudio realizado por James et al. (1999) encontraron que la descomposición del estiércol de ganado produce como resultado el gas amonía y que la manipulación de las raciones es uno de los medios por el cual se pueden

disminuir o reducir la volatilización por amonía en el estiércol. Se ha comprobado que las pérdidas de nitrógeno causadas por la volatilización con amonía reducen significativamente el valor nutritivo del estiércol. Además las emisiones de amonía también han sido asociadas con la contaminación por olor y también ha sido identificado como el principal factor que influye en el transporte del nitrógeno atmosférico hacia sitios vientos abajo de las fuentes de amonía. A pesar que la amonía es un gas altamente soluble con una residencia por corta de tiempo en la atmósfera, el enriquecimiento de la amonía en la atmósfera es muy significativa debido a la alta reacción del gas amonía. El gas amonía como una de las especies químicas cationicas más abundantes en el aire neutraliza los ácidos atmosféricos producidos por la oxidación de los óxidos de azufre y nitrógeno en forma de aerosoles (Lanyon, L.E. 1992).

Los efectos de la concentración de proteína cruda en la ración sobre el consumo y excreta del nitrógeno tanto en orina como en el estiércol fue evaluado por James et al. (1999) en vaquillas de la raza Holstein utilizando dos raciones una alta en proteína con 11.0% y la otra con 9.6% encontrando que la manipulación del consumo de nitrógeno y una reducción de hasta el 14% de N sobre la base de la materia seca resultaron en una reducción del 28.1% de las emisiones de amonía y un decrecimiento del nitrógeno excretado en orina desde un 29.0 % hasta 7.4%.

En el cuadro 4 se puede observar las cantidades de nutrientes en heces, orina y del excremento total de vaquillas Holstein alimentadas con dos niveles de

PC en la dieta con 9.6 y 11.0%. Los resultados muestran diferencias altamente significativas en el excremento total para nitrógeno y fósforo más no así para potasio.

Cuadro 4. Cantidades de nutrientes en heces, orina y del excremento total de vaquillas Holstein alimentadas con dos niveles de PC en la dieta con 9.6 y 11.0% (James et al., 1999).

Nutrientes	Niveles bajos de Niveles altos		P> F para las dietas
	PC= 9.6 %	de PC= 11.0%	
Heces (Kg/d)	14.05	14.07	NS
MS (%)	19.0	18.6	NS
Excremento total			
(Kg/día)	24.40	25.39	NS
N (g/d)	107	123	***
P (g/d)	12.8	13.7	**
K (g/d)	115	121	NS
Total de N (%) en orina			
	57.9	62.2	***
Total de P (%) en orina	0.3	0.2	NS
Total de K (%) en orina	86.6	84.4	**

Rotz et al. (1999) realizaron un estudio donde integraron estrategias de manejo del estiércol, tipo de forraje, pérdidas de nitrógeno y utilidad neta para un establo representativo de 60 vacas en Wisconsin, EUA. Encontrando que es muy importante combinar la interacción entre la suplementación de proteína y el

sistema de manejo del estiércol. El exceso de nitrógeno consumido cuando solo se utilizó la soya como fuente de suplemento, el N fue excretado en la orina el cual es altamente volátil. Debido a que el manejo diario proporciona una gran oportunidad para la volatilización, un uso más eficiente de la proteína tendrá un mayor impacto. Cuando se combinan una reducción de la fuente de proteína y el manejo del estiércol las pérdidas por volatilización de N se reducen en 34 kg/ha comparado con una sola fuente de proteína vía soya.

El balance de nutrientes total en las explotaciones lecheras debe ser uno de los primeros pasos para poder cuantificar las entradas y salidas de nutrientes y poder identificar cuales son las principales fuentes de excesos de los mismos. En un estudio realizado por Klausner et al. (1998) encontraron que se tiene un exceso de importaciones de nutrientes en un 72, 59 y 71% para N, P y K respectivamente tal y como se muestra en el cuadro 5.

Lo anterior indica que entre el 60 y 80% de la importación o entrada de nutrientes en la explotación es vía alimentos o suplementación. En otro estudio realizado por Wang et al. (1999) donde evaluaron el impacto de las explotaciones lecheras sobre los niveles de nitratos en suelo y agua en 1979 y 1994 encontraron que la composición y descripción del hato lechero fue el que se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 5. Balance de la masa de nutrientes en una explotación lechera.

	N		P		K	
	Ton/año	% de importaciones	Ton/año	% de importaciones	Ton/año	% de importaciones
Importaciones						
A través de alimentos	43.8	61	8.4	81	12.3	63
Fertilizantes	13.5	19	2.0	19	7.3	37
Fijación del N	14.6	20	0			0
A través de animales	0.1		0.03		0.01	
Total	72.0		10.4		19.6	
Exportaciones (Salidas)						
Leche	18.6		3.8		5.6	
Animales	1.9		0.5		0.1	
Total	20.5		4.3		5.7	
Excesos netos						
	51.5	72	6.1	59	13.9	71

Cuadro 6. Descripción del hato lechero en evaluaciones de 1979 y 1994**(Wang et al., 1999)**

Año	No. de vacas	Vacas lactantes	Seca	Vaquillas	% de vacas en leche	Prod. Por lactancia kg	Edad en meses	Leche Ton/métricas
1979	369	321	48	359	87	6,802	39	2502
1994	400	344	56	390	86	10,245	39	3604

El balance de la masa de nutrientes en este experimento para N, P y K en 1979 y 1994 se muestra en el cuadro 7 encontrando que respecto a la producción de leche se tuvo un incremento en 1102 toneladas métricas y un aumento de la producción de leche por año de 6,802 a 10,254 kg/año por vaca con solo un aumento del 20% de las vacas.

Cuadro 7. Balance de la masa de nutrientes de N, P y K en 1979 y 1994 en explotaciones lecheras (Wang et al., 1999).

Año	N (Ton/métricas)		P (Ton/métricas)		K (Ton/métricas)	
	1979	1994	1979	1994	1979	1994
Entradas						
Alimento	42.9	74.0	7.0	14.3	8.5	20.0
Fertilizantes	5.6	3.5	7.5	3.5	16.5	2.2
Fijación de N	16.2	15.7				
Total de entradas	64.6	93.3	14.6	17.9	25.2	22.3
Salidas						
Leche	13.8	17.3	2.7	3.6	4.1	5.4
Animales	2.1	2.6	0.6	0.7	0.2	0.2
Otros	5.6	7.3	0.9	1.1	3.0	4.0
Total de salidas	21.5	27.3	4.2	5.5	7.2	9.6
Total de entradas,%	67	71	71	69	71	57

Este tipo de estudios muestran el impacto del incremento de la importación de nutrientes para poder mantener altas producciones de leche anuales, la cual se puede mencionar que ha sido una tendencia en las explotaciones lecheras en México y en los Estados Unidos. La introducción de alimentos que contienen principalmente altas concentraciones de energía y proteína soportan y mantienen una creciente producción de leche. Sin embargo, no se puede asumir que la producción de leche pueda ser incrementada sobre la misma base de tierra simplemente importando una mayor concentración de nutrientes ya que las consecuencias e impactos ambientales serán fuertemente negativas, agravando los crecientes problemas de contaminación (Wang et al., 1999).

MANEJO DE ESTIÉRCOL Y SUS IMPACTOS HACIA EL AMBIENTE

1.- Asuntos Medioambientales

El manejo de estiércol animal se define como un proceso de toma de decisiones que apunta a combinar la producción agrícola rentable con pérdidas mínimas de nutrientes del estiércol, tanto en el presente como en el futuro. El buen efecto del estiércol minimizara los efectos negativos y estimulara los efectos positivos del medio ambiente. La emisión de gases y el lavado de nutrientes, la materia orgánica y los olores tienen efectos indeseables sobre el medio ambiente. La contribución del estiércol a la nutrición de las plantas y la acumulación de materia orgánica en el suelo es considerada como efecto positivo. Un efecto

positivo indirecto es que el uso del estiércol puede ahorrar recursos no renovables usados en la producción de fertilizantes inorgánicos.

Los aspectos positivos y negativos del estiércol están estrechamente relacionados entre sí porque las emisiones en un estado temprano no inevitablemente tiene repercusiones en los efectos positivos sobre el suelo y sobre las cosechas en etapas posteriores. Esto se representa esquemáticamente. Las cantidades de los nutrientes tales como N, P y K tomadas por el cultivo determinan el valor agrícola del estiércol y dependen de las cantidades de nutrientes emitida durante el traspaso desde el animal hasta el cultivo. Cuando mas grande sea la perdida de nutrientes menor será el valor agrícola del estiércol.

2.- Impacto Medioambiental Positivo

- Fertilización del suelo por aplicación de estiércol: la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos produce dióxido de carbono (CO_2), agua y minerales de los nutrientes vegetales tales como N, P, S y metales. La mineralización es la transformación de elementos con enlace orgánicos en nutrientes disponibles para las plantas. La aplicación del estiércol en los campos de cultivo o a las plantas reducida el requerimiento de fertilizante artificial.
- Mejoramiento de la fertilidad del suelo: se asume que la materia que pertenece al suelo después de un años de aplicación forma parte del mismo

y se descompondrá gradualmente con el paso del tiempo, liberando nutrientes para la plantas.

- Mejoramiento de la estabilidad estructural del suelo. La materia orgánica también está involucrada en las propiedades físicas de suelo, tales como la porosidad, aireación y capacidad de retención de agua. Por lo tanto mejorara la estructura del suelo y reduce la vulnerabilidad de éste a la erosión.
- Mejoramiento del potencial del fertilizante inorgánico: la materia orgánica en el suelo incrementa su capacidad de absorción de minerales, reduciendo la perdida de los elementos traídos con los fertilizantes. Los elementos absorbido son liberados gradualmente para la nutrición de plantas.

3.- Impacto Medioambiental Negativo

- Emisiones de amoniaco: antes y después del almacenamiento y durante la aplicación de los campos.
- Emisiones de NO_2 : este se forma como un producto secundario del proceso se desnitrificación.
- Emisión de metano: formando durante la descomposición del estiércol bajo las condiciones aeróbicas.
- Escorrentía del estiércol y de sus componentes hacia el agua superficial: contribuyendo con la producción acuática.

- Lavado de nitratos y fósforo de agua subterránea: contribuyendo a la contaminación de aguas subterráneas.

4.- Factores Favorables:

En sistemas con deficiencia de nutrientes.

- Suplemento de alimento para el ganado.
- Promoción del mantenimiento en corrales y lotes de engorde
- Materiales de extensión para promover el transporte del estiércol.

En sistemas con excedentes de nutrientes

- ⊕ Consecución de un equilibrio entre los fertilizantes minerales y orgánicos para el abono de los cultivos.
- ⊕ Establecimiento de una cuota para la producción de estiércol.
- ⊕ Limitación de la tasa de repoblamiento en las áreas con excedente de nutrientes
- ⊕ impuestos y sobrecargos a los fertilizantes minerales.
- ⊕ Limitaciones de los fertilizantes minerales /ha
- ⊕ Limitación del almacenamiento de estiércol en la granja
- ⊕ Establecimiento y acatamiento de las reglas para la aplicación del estiércol (fechas y cantidades).
- ⊕ Subsidios al tratamiento y al manejo del estiércol, impuestos a los alimentos pecuarios
- ⊕ Mejoramiento genético del ganado

⊕ Acceso libre a los graneros permitiendo la producción de estiércol de buena calidad con paja.

5.- Factores Desfavorables:

En sistemas con deficiencia de nutrientes

- ⊕ Sistemas pecuarios extensivos produciendo cantidades limitadas de estiércol
- ⊕ Falta de equipo y mano de obra para el transporte y el uso del estiércol.
- ⊕ Pérdidas de nutrientes en áreas cultivadas (minerales exportados con productos agrícolas , lavado de minerales)

En sistemas con excedente de nutrientes:

- ⊕ Exceso de animales en comparación con la capacidad de suelo para absorber los desechos animales y estiércol
- ⊕ Importación de alimentos para el ganado
- ⊕ Preferencia por el uso de fertilizantes inorgánicos en vez de, o como complemento del estiércol.

6.- Almacenamiento Mejorado de Estiércol

↗ Reducción de la filtración de minerales de albergues animales y de los depósitos de estiércol hacia las aguas subterráneas y superficiales.

- ↻ Almacenamiento del estiércol para permitir la aplicación con los requerimientos de nutrientes de las cosechas.
- ↻ Reducción de la evaporación de amoníaco de los albergues y de los depósitos de estiércol causando lluvias ácidas.

6.1. Técnicas

Construcción de tanque estercoleros de concreto bien sellados con una cubierta plástica fuerte. El estiércol almacenado debe vaciarse a tiempo y evitar su derramamiento sobre la tierra o el agua superficial. El tamaño del depósito de estiércol debe ser suficiente para almacenarlo durante el tiempo requerido con el fin de cumplir las regulaciones locales para su aspersión y de llenar los requisitos de nutrientes de las cosechas. El espacio necesario para el almacenamiento depende de la cantidad de aguas servidas (agua derramada de los abrevaderos, usada para limpiar y agua lluvia que entra al depósito) se requiere un equipo adecuado de mezcla para vaciar del depósito mediante bombeo.

Los estándares de los países bajos para cantidades de mezclas de estiércol (incluyendo heces y orina pero excluyendo las aguas servidas) producida por el ganado anualmente.

Son:

- ↻ Vacas lecheras adultas: 23,000 lt
- ↻ Ganado de engorda (1-2 años) 10,000 lt

- ~ Cerdas con lechones 4,700 lt
- ~ Cerdos de engorda 1,100 lt
- ~ Pollos de engorda 11 lt
- ~ Ponedoras 87lt

La reproducción de la circulación del aire, mediante la instalación de una cubierta sobre el depósito de estiércol, reducirá también las emisiones de amoníaco a la atmósfera.

Cubiertas especialmente diseñadas, instaladas sobre los depósitos de estiércol, capturarán biogás (metano) formado por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica del estiércol. Este proceso funciona mejor en climas cálidos.

Nota: la experiencia con la captura del biogás directamente a partir del almacenado de estiércol es limitada.

6.2 Costos

El costo depende mucho de la situación local (los costos generales de construcción, la calidad del suelo, las regulaciones sobre el almacenado de estiércol). En Holanda, una capacidad de almacenamiento suficiente para contener la producción de estiércol de 6 meses es requerida. Los costos de almacenamiento del estiércol son de aproximadamente US \$ 50 por metro cúbico.

La producción de almacenamiento de estiércol por vaca lechera es de lo menos 20 metros cúbicos. El requisito de almacenamiento depende de las regulaciones específicas y del sistemas de producción. En Holanda se exige una capacidad de almacenamiento de 12 –20 metros cúbicos por vaca.

6.3 Sistema Pecuario Enfocado

El almacenamiento apropiado de estiércol es necesario para cualquier sistema de producción pecuaria en el que los animales se han mantenido en confinamiento y el estiércol tenga que ser guardado por cualquier cantidad de tiempo. En particular, para los sistemas industriales de producción pecuaria y para los mixtos de corte y acarreo o los mixtos con alimentación extra .

↗ Impacto Medioambiental positivo

- Contaminación puntal reducida de la tierra y las aguas tanto superficiales como profundas a través de la filtración de los minerales de estiércol
- Incremento después de introducir y controlar un sistema de aplicación balanceada de estiércol a la tierra .
- El almacenamiento de estiércol permite la aplicación oportuna del mismo de acuerdo con los requerimientos de los cultivos.

↘ Impacto Medioambiental Negativo

- La libre circulación de aire por encima de deposito de estiércol causa emisiones de amoniaco a la atmósfera.

- El metano se forma en condiciones anaeróbicas en los estercoleros y puede escapar a la atmósfera.

↗ **Impacto sobre la producción pecuaria (grupos: leche, reproducción, carne, salud, y forraje)**

- El almacenamiento mejorado del estiércol no tiene un impacto directo sobre la productividad pecuaria; éste es indirecto mediante el mejoramiento del crecimiento de las cosechas forrajeras que se benefician del buen uso en la aplicación del estiércol.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la literatura consultada y después de haber analizado el contenido y desarrollo del presente escrito se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Existen estrategias para el reciclado de los nutrientes obtenidos en el estiércol de los bovinos de leche que pueden ser aplicadas a las distintas explotaciones lecheras sin incurrir en fuertes inversiones.
2. Existe una relación directa y positiva entre la variación del número de animales en las explotaciones y la producción de estiércol y en la medida que el tamaño aumenta se tendrán mayores problemas con el manejo del estiércol siempre y cuando no se tenga una adecuada planeación.
3. La excreción de nutrientes principalmente de N, P y K esta directamente relacionada con la cantidad aportada de ellos en las raciones alimenticias de los animales.
4. El valor económico de la producción anual de estiércol para 100 vacas de 700 kg de peso vivo es de aproximadamente de \$86,655 pesos/anuales.
5. Se hace necesario realizar una mayor cantidad de estudios de investigación tendientes a simplificar algunas de las técnicas usadas actualmente en el manejo del estiércol.

LITERATURA CITADA

- Agricultural Biological Engineering, Environmental Protection Agency and Purdue University. [http:// danpatch.ecn.purdue.edu/ epados/farmstead/manure](http://danpatch.ecn.purdue.edu/epados/farmstead/manure).
- Brandjes P.J., de Wit J., Van der Meer H.G., Van Keulen H. 1996. Environmental impact of animal manure management. Livestock and the environment. Finding a balance. International Agriculture Centre. Wageningen, Netherlands.
- Dou, Z., R.A. Hohn, J.D. Ferguson, R.C. Boston, and J.D. Newbold. 1996. Managing nitrogen on dairy farms: An integrated approach I. Model Description. *J. Dairy Sci.* 79:2071-2080.
- Fulhage C.D. 1997. Manure management considerations for expanding dairy herds. *J. Dairy Sci.* 80:1872-1879.
- Harris B.L., D.W. Hoffman and F.J. Mazac. Sin fecha. Reducing contamination by improving livestock manure storage and treatment facilities. [http:// waterhome.brc.tamus.edu/texasystworkbooks](http://waterhome.brc.tamus.edu/texasystworkbooks).
- Hutson, J.L., R.E. Pitt, R.K. Koelsch, J.B. Houser, and R.J. Wagenet. 1998. Improving dairy farm sustainability II: Environmental losses and nutrient flows. *J. Prod. Agric.* 11(2):233-239.
- James, T., D. Meyer, E. Esparza, E.J. Depeters, and Perez-Monti. 1999. Effects of dietary nitrogen manipulation on ammonia volatilization from manure from Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 82:2430-2439.
- Klausner, S.D., D.G. Fox, C.N. Rasmussen, R.E. Pitt, T.P. Tylutki, P.E. Wright, L.E. Chasen, and W.C. Stone. 1998. Improving dairy farm sustainability I:

An approach to animal and crop nutrient management planning. *J. Prod. Agric.* 11(2):225-233.

Lanyon, L.E. 1992. Implications of dairy herd size for farm material transport, plant nutrient management, and water quality. *J. Dairy Sci.* 75:334-344.

Lanyon, L.E. 1994. Dairy manure and plant nutrient management issues affecting water quality and dairy industry. *J. Dairy Sci.* 77:1999.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Development of Ontario, Canada: Storage of liquid manure. [http:// www.gov.on.ca/omafra/english/livestock](http://www.gov.on.ca/omafra/english/livestock)

Morse M, D., I. Garnett and J.C. Guthrie. 1997. A survey of dairy manure management practices in California. *J Dairy Sci.* 80:1841-1845.

Rotz; C. A., L.D. Satter., D.R. Mertens, and R.E. Muck. 1999b. Feeding strategy, nitrogen cycling and profitability of dairy farms. *J. Dairy Sci.* 82:2841-2855.

Van Horn H.H., A.C. Wilke, W. J. Powers and R.A. Norstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.* 77:2008-2030.

Van Horn H.H., G.L. Newton, R.A. Nordstedt, E.C. French, G. Kidder, D.A. Graetz and C.F. Chambliss. 1998. Dairy manure management: Strategies for recycling nutrients to recover fertilizer value and avoid environmental pollution. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida.

Van Horn, H.H., G.L. Newton, and W.E. Kunkle. 1996. Ruminant nutrition from an environmental perspective: Factors affecting whole farm nutrient balance. *J. Animal Sci.* 74:3085-3105.