

ENSILAJE COMO METODO DE CONSERVACION FORRAJERA

Por: Leonardo Sánchez M.*
Tito E. Díaz M.

1. INTRODUCCION

La producción láctea en hatos de diferentes zonas climáticas registra períodos de bajos rendimientos, los cuales coinciden con épocas de verano. Durante éstos períodos, el volumen lácteo alcanza el 40 ó 60% del obtenido en los meses de invierno, cuando la disponibilidad de forraje es abundante y en muchas explotaciones excesiva.

La conservación de forrajes permite la utilización de los sobrantes de invierno, manteniendo así el nivel de producción láctea durante las épocas de verano en aquellos hatos sin disponibilidad de riego (10,20,22).

No obstante este método se ha asociado con el uso de maquinaria e instalaciones sofisticadas que implican altas inversiones de capital, concepto válido para hatos grandes,

* Respectivamente: M.V.Z., M.S. Ganado de Leche, Tibaitatá
M.V., M.S. Ganado de Leche, Obonuco.

en los cuales el volumen forrajero requiere la utilización de maquinaria especializada para acelerar y hacer eficiente el proceso. En hatos pequeños se pueden realizar procesos sencillos de tipo manual, de bajo costo y similar eficiencia. (5,6).

2. ENSILAJE

Es un método de conservación de productos agrícolas basado en un proceso de fermentación, mediante el cual se registra una serie de cambios bioquímicos en el material verde que permiten mantener estable la composición del producto durante largos períodos de tiempo. (1,14,16,21). No obstante, es indispensable un control regulado de estos cambios para evitar transformaciones bruscas en la composición (1,16).

El proceso es conocido en Italia desde 1786, en Francia desde 1840 y en Estados Unidos de Norteamérica desde 1873, siendo muy empleado en los países productores de leche y carne por facilitar la cosecha durante la época ideal de cultivo, en regiones donde el clima imposibilita la preparación de heno (2,17,21).

2.1 Cultivos aptos para ensilar:

Aunque se puede ensilar cualquier tipo de gramínea, es preferible utilizar aquellas plantas con altos rendimientos forrajeros por unidad de superficie y un alto contenido de carbohidratos (2,21). Las leguminosas presentan mayores problemas que las gramíneas para el ensilaje, siendo más conveniente realizar el proceso en mezcla con gramíneas (6,17).

Entre los forrajes de clima frío recomendables para ensilar se destacan: maíz, avena forrajera y raigrás anual; en clima medio: maíz y pasto imperial; en clima cálido: maíz sorgo forrajero, pasto elefante y caña forrajera (1,2,21).

Como puede observarse, el maíz se constituye en el forraje más importante para ensilaje, por cultivarse en todos los climas, poseer altos rendimientos por unidad de superficie y excelentes características para el proceso (6,17,21), cualidades que lo han convertido en el principal cultivo para ensilaje en los Estados Unidos de Norteamérica (17). Para obtener los mejores resultados, es necesario incluir la planta completa, aunque en muchas ocasiones, parte de las mazorcas son cosechadas y destinadas al consumo humano, obteniendo respuestas satisfactorias. (6).

No existen diferencias significativas entre el tipo de maíz para ensilar; sin embargo, es necesario seleccionar las variedades de mayores rendimientos en materia seca por unidad de superficie (6,21). Por otra parte, es importante la obtención de densidades que sobrepasen las 50.000 plantas por hectárea (21).

Para vacas lactantes, el ensilaje de maíz es ligeramente bajo en proteína cruda, deficiente en calcio y generalmente bajo en azufre. Se ha tratado de corregir la deficiencia de proteína e incrementar el rendimiento forrajero asociándolo con leguminosas, principalmente soya, girasol y diferentes variedades de frijol. Los resultados más sobresalientes fueron obtenidos en el Centro Regional de Investigaciones "Obonuco", localizado en Pasto, al sembrar la variedad de maíz ICA-V-507 en dos densidades (90 x 90 y 75 x 30), obteniendo una producción forrajera alta, la cual se incrementó en 9% al sembrar esta misma variedad asociada con frijol morriño (Tabla 1) (7). Actualmente, son promisorias las combinaciones de maíz ICA H-556 con frijol 32987 y maíz ICA H-508 con frijol 32980 (combinaciones precoces) y el maíz MB-54 con el frijol llano grande, de rendimiento tardío, las cuales se están probando en el Centro Nacional de Investigaciones "Tibaitatá" (4).

TABLA 1. Producción de forraje verde por hectárea de maíz (ICA - V 507) y maíz asociado con frijol Mortiño. Obonuco. 1986.

Tratamiento		Forraje verde total Kg/ha	Forraje verde maíz Kg/ha	Forraje verde frijol Kg/ha
Maíz	90 x 90	42.180	42.180	-
Maíz x frijol	90 x 90	51.587	35.048	16.539
Maíz	75 x 30	63.441	63.441	-
Maíz x frijol	75 x 30	69.492	46.217	23.275

FUENTE: DIAZ, T.E. Día de Campo "Conservación de forrajes". 1986.

Por otra parte, se pretende obtener alternativas económicas en la producción forrajera destinada a ensilaje con la utilización de diferentes sistemas de labranza (Tabla 2), reduciendo los efectos de erosiones hídricas y eólicas y tratando de renovar y/o establecer praderas con la introducción de esta nueva tecnología (3,4).

2.2 Factores que afectan el valor nutritivo del producto ensilado.

TABLA 2. Producción de maíz ICA H - 556 bajo dos sistemas de labranza. Tibaitatá, 1983 - 1984.

SISTEMA	1983		1984	
	Forraje Ton / Ha	Mazorca Bultos/Ha	Forraje Ton / Ha	Mazorc. Bult/Ha.
Convencional	23	219	33	242
No labranza	42	294	43	296

FUENTE: Camacho, H., Guerrero, L. 1985.

Se pueden agrupar en: cambios bioquímicos registrados en el interior de la masa forrajera, naturaleza y estado vegetativo del producto ensilado, contenido de humedad de la cosecha, compactación del forraje y pérdidas durante el proceso y almacenamiento (1,2,14,16,17,21).

2.2.1 Cambios bioquímicos:

Se originan por la actividad enzimática de la propia planta inmediatamente después de la siega y por los microorganismos preexistentes en la planta o por aquellos que llegan a la masa forrajera por contaminación.

Después de la siega se suspende la fotosíntesis pero continúa la respiración siempre y cuando exista oxígeno disponible. Durante este proceso los azúcares y almidones se oxidan a dióxido de carbono y agua liberándose gran cantidad de energía en forma de calor que puede elevar la temperatura de la masa por encima de los 60°C , hasta agotar el oxígeno atrapado en el forraje. El consumo total de oxígeno y su reemplazo por dióxido de carbono origina un ambiente anaeróbico que favorece la fermentación microbial, la cual llega a ser dominante después de cuatro horas de ser depositado el material, siempre y cuando la compactación por apisonamiento sea aceptable (1,14,16,17,20,21).

Si el pisado del silo ha sido deficiente, se presentará filtración de aire y la temperatura continuará elevándose, obteniendo un producto sobrecalentado de color pardo oscuro ó negro de bajo valor nutritivo por la pérdida excesiva de carbohidratos solubles y una disminución significativa en la digestibilidad de la proteína por temperaturas superiores a 55°C (1,14,16,17,20,21),

Adicionalmente, durante el proceso de respiración aerobia se presenta degradación de proteínas a productos más sencillos, principalmente aminoácidos, alcanzando una

tasa de degradación del 16% en un período de 24 horas.

Después de terminar la respiración aerobia continúan los cambios microbianos (fermentación microbiana), iniciados por las bacterias que contiene la hierba fresca, las cuales se multiplican al utilizar como medio el contenido celular vegetal, ocasionando la ruptura de carbohidratos, proteínas y grasas. Los carbohidratos sometidos a procesos de fermentación anaeróbica, (ausencia de oxígeno), originan ácidos orgánicos como acético, propiónico y butírico (volátiles) y el ácido láctico (no volátil), que reducen el pH de la masa ensilada (1,14,16,17,20,21). Inicialmente el acético es el principal ácido formado; no obstante, si las condiciones del silo son favorables respecto al contenido de humedad, estado vegetativo del cultivo al momento de la cosecha y compactación durante el llenado del silo, permitirán el desarrollo y multiplicación de lactobacilos, bacterias encargadas de producir el ácido láctico a partir de la glucosa y otros azúcares (hexosas y pentosas), las cuales requieren temperaturas comprendidas entre 20 y 45^o C para el óptimo desarrollo y actividad; adaptándose a medios con ausencia total de oxígeno ó con bajas concentraciones de este elemento y resistiendo niveles altos de acidez. La proliferación de estos lactobacilos produce elevadas cantidades

de ácido láctico que reducen rápidamente el pH del silo a un valor inferior de 4.2, letal para otros tipos de bacterias, evitando así la formación de productos indeseables por otras clases de actividad microbiana (1,14,16). Niveles de pH inferiores a 3.8, detienen el crecimiento y la multiplicación bacteriana, deteniéndose la acción de enzimas y cesando la producción de ácido. La fermentación cesa y si el aire no penetra, el ensilaje se conserva por largo tiempo con muy ligera variación (1,20).

Cuando las condiciones del material ensilado no permiten el desarrollo rápido de lactobacilos (materiales pobres en carbohidratos fácilmente fermentables y con una humedad alta al momento de ensilar), el pH de la masa no disminuye rápidamente y/o no alcanza el valor límite de 4.2, proliferando entonces las bacterias formadoras de ácido butírico (*Clostridium*), las cuales actúan a temperaturas de 30 a 40 °C y preferencialmente a pH, superiores a 5.0. Las enzimas proteolíticas de estas bacterias continúan degradando los aminoácidos hasta el estado de aminas (triptamina, histamina y feniletilamina) y amoníaco que dan mal olor al producto, reducen su valor nutritivo y pueden ser tóxicos para los animales si pasan a la sangre (1,14,16). Por esta razón, es preferible ensilar forrajes con altos contenidos

de carbohidratos y relativamente bajos contenidos de proteína (6).

La presencia de ácido acético es inevitable aún en los ensilados bien conservados, variando su concentración entre 0.7 - 4 % de la materia seca (2,14,21).

Otro producto resultante de la acción de las levaduras sobre los azúcares es el alcohol, cuya concentración puede ser superior al 1%, ya que se combina con los ácidos orgánicos formando ésteres de olor agradable (1,20).

El color pardo del ensilaje es originado por la feofitina, pigmento carente de magnesio, derivado de la clorofila (14).

2.2.2. Naturaleza y estilo vegetativo del cultivo.

La especie, estado vegetativo y estado físico del cultivo afectarán significativamente el valor nutritivo del producto obtenido, debiendo destinar para este fin solo aquellos cultivos que presenten buena calidad nutricional y alto contenido de carbohidratos. Respecto a la época de corte, las gramíneas deben cosecharse en estado de prefloración,

exceptuando el sorgo forrajero, cuya siega debe realizarse cuando el grano se encuentre en estado lechoso ó cuando el 90% del cultivo esté florecido, evitando así los altos contenidos de ácido cianhídrico de estados vegetativos jóvenes, tóxico para animales (1,16). Por otra parte, su valor nutritivo es inferior al de maíz (16).

La avena, gramínea de una o dos cosechas anuales puede ensilarse cuando el grano se encuentre en estado lechoso, lo cual se consigue aproximadamente a los 110 días después de la siembra (5,8). No obstante, su valor nutritivo es inferior al del maíz y sorgo forrajero (13,16).

El maíz, gramínea de uno ó dos cortes anuales, debe ensilarse cuando el grano de la mazorca adquiriera una consistencia pastosa ó sarosa, inmediatamente después del estado lechoso y cuando las hojas bajas comienzen a secarse. Este estado se alcanza en diferente época, dependiendo de la altura, temperatura y lluvias propias de cada región, oscilando entre 90 y 180 días para climas cálidos y fríos, respectivamente.

Las gramíneas tipo raigrás destinadas a ensilaje no deben cortarse antes de los 45 días, ya que en estados tempranos

de rebrote, la proporción energía: proteína no es adecuada, presentándose fermentación butírica por el exceso de proteína y alto contenido de humedad.

2.2.3. Contenido de humedad del forraje.

Influye directamente en el tipo de fermentación, considerándose como óptima para la mayoría de cultivos entre 68 a 75% (equivalente a un contenido de materia seca del 25 al 32%). Contenidos de humedad superiores producen un material mal conservado, con alto pH, elevado contenido de ácido butírico y elevadas pérdidas por efluentes, mientras que contenidos inferiores originan problemas en el picado y en la compactación, determinando además malos procesos y calentamiento del material (1,14,16). Los silos horizontales permiten ensilar forrajes con un contenido de humedad superior al de los silos aéreos, sin afectar la calidad del producto (17). El contenido de materia seca del forraje debe ser suficientemente alto para prevenir las pérdidas excesivas por escurrimiento ó efluentes y suficientemente bajo para prevenir elevadas temperaturas y las pérdidas en materia seca y calidad originadas por calentamiento a mayor altura del silo. El rango de materia seca del forraje será más estrecho para prevenir pérdidas. Si el contenido de

materia seca al momento del corte es muy alto, es recomendable permitir el oreo del material antes de picarlo, lo cual requiere una operación de campo adicional pero origina un producto más económico que la adición suficiente de alimentos energéticos secos para disminuir el contenido de humedad ó la realización del proceso con un forraje excesivamente húmedo. No obstante, bajo condiciones climáticas desfavorables es difícil obtener un marchitamiento adecuado antes del proceso (17,20).

La determinación de la humedad puede realizarse mediante un procedimiento de campo sencillo y práctico: tomar un puñado de forraje picado, comprimiéndolo fuertemente durante un minuto, soltándolo luego rápidamente. Si el bolo formado permanece comprimido y es notable la presencia abundante de jugos, la humedad oscilará entre 75 a 85%; si el bolo mantiene la forma y la mano queda ligeramente húmeda, oscilará entre 70 a 75%; si el bolo se expande lentamente sin dejar muestras de humedad en la mano, el contenido de ésta oscilará entre 60 a 70% (1,10).

2.2.4. Compactación del forraje y llenado del silo.

El forraje debe ser picado antes de depositarse en el silo, ya que este estado físico favorece la actividad

bacteriana (14,17). El corte debe realizarse con cuchillas bien afiladas, en trozos con longitud aproximada de 0.7 a 1.0 cm (17), permitiendo una longitud máxima de 1.3 a 1.6 cms (21). Trozos demasiado largos dificultan la expulsión del aire, originan una compactación defectuosa e incrementan las pérdidas durante el proceso; trozos muy finos determinan mayores requerimientos de fuerza y afectan negativamente el contenido de grasa de la leche (13,16,17,21).

La compactación es muy importante, especialmente en silos horizontales, ya que expulsa rápidamente el aire atrapado entre las partículas del forraje picado, acelerando la terminación de la respiración aerobia y evitando fermentaciones indeseables, degradación excesiva de carbohidratos y desnaturalización de proteínas por efecto de temperaturas elevadas; al mismo tiempo disminuye la tasa de movimiento del aire a través de la masa y reduce la entrada de aire nuevo que originaría la presencia de mohos y la descomposición del producto (1,16,17,21).

Se debe hacer énfasis en la compactación contra las paredes del silo para disminuir la filtración (21). La compactación en silos horizontales debe realizarse con tractor, pisonos ó un gran número de obreros, mientras que en silos

aéreos es básica la distribución uniforme del material, siendo suficiente la compactación realizada al distribuir el forraje (16,17).

Para el llenado, el material debe distribuirse en capas uniformes a medida que se descarga, sin acumular grandes cantidades para apisonar, ya que dificultarían la compactación. La distribución debe realizarse del centro hacia los extremos en silos horizontales para obtener una forma de arco (16,21). El llenado de silos aéreos es más costoso que el de silos horizontales por la utilización de elevadores especiales accionados por el tractor (13,16). La velocidad de llenado influye directamente en la calidad del ensilaje y en las pérdidas del proceso (1,17) (Tabla 3); con un rápido llenado, el tiempo de exposición del forraje al aire es menor. Por otra parte, no es recomendable dejar forraje picado en los remolques para depositarlos en el silo al día siguiente, por las pérdidas que origina la respiración aerobia en el remolque y la introducción de aire nuevo a la masa ensilada al vertir el forraje calentado al silo (17).

Cuando se termina el proceso de llenado se debe proceder inmediatamente al sellado del silo para proteger la masa ensilada del aire y agua, que disminuyen la calidad

producto, afectan la conservación e incrementan las pérdidas (Tabla 4) utilizando tela plástica, costales cubiertos con tierra, tamo, capas de otro forraje ó tierra.

TABLA 3. Efecto de la velocidad de llenado sobre la pérdida de nutrientes, composición química y producción láctea. 1/

	VELOCIDAD DE LLENADO	
	Rápida 2/	Lenta
Materia seca ensilada recobrada como % de nutrientes ensilados		
- Como buen ensilaje	83,0	77,0
- Como efluentes	8,3	8,7
- Pérdidas por fermentación	8,7	14,3
Composición (% de la materia seca)		
- Acido Láctico	9,2	6,0
- Acido Acético	2.4	3.6
- Acido Butírico	1.1	2.2
- pH	4.9	5.1
Producción láctea (lbs/vaca/día)	28,7	27,6

1/ Ensilaje de avena, raigrás y trébol rojo, realizado en silo de torre. (8 x 24 pies).

2/ El llenado rápido se hizo en un día, comparado con 5 días para el lento.

FUENTE: MILLER, W.J. 1979.

TABLA 4. Efecto del tapado y sellado de silos Bunker 1/ sobre las pérdidas obtenidas.

	MAIZ		AVENA	
	Cubierto	2/ no cubierto	Cubierto	no cubiert.
Forraje ensilado				
- Fresco (lbs)	45.655	47.990	27.450	26.190
- Materia seca (lbs)	11.551	12.141	10.452	10.314
Ensilaje conservado				
- Materia seca (lbs)	8.568	7.056	7.336	4.911
Pérdidas de materia seca (%)	25.8	41.9	29.9	52.4

1/ Dimensiones del silo: 16 pies de largo, 10 pies de ancho y 5 pies de alto.

2/ Se utilizó polietileno 6 para cubrir el material

FUENTE: MILLER, W.J. 1979.

2.2.5 Pérdidas durante el proceso:

Pueden ser agrupadas en dos categorías: en el campo y en el silo. Estas últimas son originadas por respiración y fermentación, efluentes, putrefacción y las registradas durante el proceso de alimentación. Las pérdidas de campo son pequeñas cuando se utiliza maquinaria adecuada y cuando

el material se ensila rápidamente, oscilando entre 5 a 10% del forraje verde (1,17) ó entre 1 a 2% de la materia seca (16). El oreo ó marchitamiento incrementa las pérdidas de campo (17).

A las pérdidas por respiración y fermentación se les denomina pérdidas invisibles por la dificultad de cuantificarlas y depende de las condiciones del silo. Aún bajo condiciones óptimas, se presenta pérdida de energía, indispensable para obtener una adecuada conservación; adicionalmente, el calor liberado durante el proceso representa cierta pérdida de energía digestible. Aunque pueden alcanzar valores de 10 a 15% (1), pueden ser disminuídas significativamente con un llenado rápido, una adecuada longitud de picado, buena compactación y un rápido y eficiente sellado de silo (16,17).

Las pérdidas por efluentes dependen de la humedad excesiva del forraje, aunque son modificadas por otros factores como la altura del silo. En silos horizontales o verticales bajos, las pérdidas por efluentes cesan cuando la materia seca sobrepasa el nivel de 30%, mientras que en silos verticales altos es necesario sobrepasar el nivel de 35% en materia seca para eliminar los efluentes (17). Estas

pérdidas pueden oscilar entre 0 - 12% dependiendo de las condiciones mencionadas (1,17). No obstante, el sellamiento excesivo, para impedir el escape de efluentes, proporciona un ensilaje poco palatable, lo cual debe evitarse (17).

La putrefacción externa ó superficial en las paredes superiores y/o laterales del silo, pueden variar entre 0 y 30%, siendo altas cuando el aire no es excluído en forma satisfactoria (1,17).

Las pérdidas totales dependerán del tipo de silo: 10 a 20% en los silos de torre, 20 a 30% en los silos trinchera y Bunker, y 30 - 35% en silos de montón (1).

Adicionalmente, las pérdidas durante el proceso de alimentación pueden ser de dos tipos: cantidades variables desperdiciadas por rebosamiento de comederos y largo tiempo de exposición del ensilaje en los comederos ó en la superficie destapada del silo ocasionadas por tasas lentas de remoción originando fermentación y putrefacción (17).

Con buenas condiciones y buenos procedimientos la pérdida total de energía utilizable puede alcanzar un 6 a 12%, respecto a la contenida en el forraje original (17).

El caroteno se oxida fácilmente y su pérdida puede ser considerable durante el proceso de ensilaje (1,14). Si los animales son alimentados exclusivamente con ensilaje durante períodos prolongados, es recomendable la aplicación de vitamina A para compensar el déficit de caroteno.

La vitamina C se descompone fácilmente y aún en ensilajes óptimos, las pérdidas son totales (1,14).

Algunos minerales pueden perderse por lavado al comprimir ó compactar el material en el silo; no obstante, otros se conservan ó se combinan con diferentes compuestos (1).

2.3 Aditivos y Preservativos

Los aditivos son utilizados generalmente para aumentar la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables o corregir la humedad del forraje, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones del producto e incrementando la energía disponible, obteniendo así un ensilaje palatable y de buena calidad. Los más empleados son: melaza de caña, granos de cereales, maíz molido con tusa, y suero de leche (1,20).

Si la humedad del forraje es superior al 75% es necesario adicionar 5-7 kg de melaza y 100 kgs de grano por tonelada de forraje verde (1), ó 70 kg de tusa de maíz molida con 10 kgs de melaza; para una humedad inferior al 68% se puede utilizar 15 kg de melaza diluida en agua en proporción del 50%, por tonelada de forraje verde. Cuando se trata de incrementar el contenido de carbohidratos solubles (leguminosas ó gramíneas jóvenes), se puede utilizar 5 - 10 kgs de melaza más 50 -100 kgs de grano por tonelada de forraje (1,16).

No obstante, debe considerarse el costo de la adición de productos y el manejo extra necesario durante el proceso evaluando el incremento en calidad y los beneficios obtenidos (17).

Los preservativos tienen la función de bajar rápidamente el pH hasta un valor de 3.8 - 4.0, restringiendo la fermentación. Se ha utilizado: ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido fórmico, (utilizado principalmente en forrajes con alto contenido de proteína, en dosis de 40 a 45 litros de solución a 12% por tonelada de forraje) mezclas de ácidos minerales, formaldehído, ácido propiónico, dióxido

sulfúrico. Sin embargo, el empleo de estos preservativos es muy restringido por el costo, dificultades en el manejo y efectos sobre el equipo utilizado.(1,2,14,16,17,21). El proceso más utilizado es el A.I.V., basado en una mezcla de 70 partes de ácido clorhídrico y 30 partes de ácido sulfúrico, la cual se adiciona al ensilaje en cantidad de 55-75 litros de dilución al 9%, por tonelada de forraje (1,2,21).

Para evitar los altos costos originados por la utilización de preservativos y los problemas de manejo, es conveniente enfatizar sobre el momento apropiado de cosecha para obtener una humedad cercana al 73%, cortar uniformemente (8 a 15 mm), agilizar el llenado del silo, obtener buena compactación y sellar el silo (1,16).

Cuando se ensila maíz completo, no se requiere la utilización de aditivos ni de preservativos (17), por su alta proporción de carbohidratos fermentables, baja capacidad buffer y alto número de bacterias productoras de ácido láctico; sin embargo, el bajo contenido de proteína del cereal originó la necesidad de adicionar úrea durante el llenado del silo, lo cual es ampliamente recomendable por constituir una vía para administrar la úrea más uniformemente y por el

elevado contenido de carbohidratos del maíz que garantizan una buena utilización de ésta y una buena conservación (17). Se recomienda la adición de 5-6 kgs de úrea por tonelada de forraje. No obstante, esta adición no es aconsejable para contenidos de materia seca muy altos o muy bajos. Si la materia seca es inferior al 30% se puede perder por efluentes y si sobrepasa el 40%, la úrea puede disminuir la palatabilidad del producto, disminuyendo así el consumo y la producción animal (17).

2.4 Características del ensilaje

Existen diferentes características que determinan la buena o mala calidad de un ensilaje (Tabla 5), existiendo valores para cada una de ellas, que varían de acuerdo a los forrajes pero constituyen una referencia importante para la evaluación del material ensilado (1,2,16).

2.5 Tipos de silo

Las diferentes clases de silos ó construcciones para realizar el proceso de ensilaje, pueden agruparse en tres grupos: horizontales, verticales ó aéreos y de bolsa (17).

TABLA 5. Características determinantes de la calidad de un ensilaje.

		Ensilaje de buena Calidad	Ensilaje de mala Calidad
ph		4.0	5.5
Acido láctico	<u>1/</u>	8.5	1.1
Acido Acético	<u>1/</u>	1.5	3.0
Acido Butírico	<u>1/</u>	0.5	3.5
Nitrógeno Am- niacal.	<u>1/</u>	1.0	4.0
Color		Verde	Negro
		Amarillento	
Olor		Agradable	Pútrido
Apariencia		Ausencia Hongos	Presencia Hongos
Humedad		68 %	Mayor que 77% ó Menor que 68%
Sabor		Agradable	Rechazado por el animal

1/ Porcentaje de materia seca

FUENTE: ARGUELLES, G. 1982

MENDEZ, L. 1980

Cuando se tienen en cuenta los principios fundamentales y los detalles esenciales, la construcción de los silos horizontales es más económica y ofrece ventajas operacionales respecto a los silos verticales, incluyendo un menor costo inicial, llenado fácil y menor producción de gases nocivos (17); sin embargo, es importante tener en cuenta la ubicación de la construcción para evitar daños por la excesiva humedad; por otra parte, su construcción debe ser cómoda para el cargue y descargue del material (5, 10, 17).

2.5.1. Silos de trinchera.

Se construyen dentro de la tierra en la ladera de una colina, requisito indispensable para obtener un buen drenaje. Sus paredes deben ser ligeramente inclinadas (30 a 40 cms por cada metro de profundidad) y pueden revestirse con piedra, ladrillo ó concreto. La ausencia del revestimiento incrementa las pérdidas por putrefacción. Es recomendable que el piso sea revestido, presente desnivel hacia la boca del silo y su revestimiento sobresalga del borde de la boca para evitar la formación de lodo durante el cargue y descargue; por otra parte, es conveniente abrir zanjas alrededor del silo para evitar que el agua de lluvia penetre en la construcción (1,5,10,16,17).

2.5.2 Silos Bunker.

Se construyen sobre la superficie del suelo y constan de dos paredes laterales, paralelas ligeramente inclinadas, con extremos abiertos. Las paredes pueden ser de piedra, ladrillo, bloques de cemento, concreto ó madera, dependiendo del material utilizado. El silo Bunker podrá ser temporal ó permanente: para el temporal se utilizan las compuertas o tablas de madera con dimensiones de 1.5 mts de altura por 2.0 mts de longitud y un mínimo de 2.0 cms de espesor, siendo importantes los pies de amigo ó armazones triangulares de madera fijadas al suelo para proporcionar apoyo a las paredes (5). El piso debe ser revestido, con desnivel desde el centro hacia los extremos. Si el volumen a ensilar es alto, se justifica la construcción de baterías. (dos ó más silos Bunker contiguos), aprovechando los recursos de construcción (1,5,10,16,17).

2.5.3 Silo de montón.

Son los más económicos por la ausencia de construcciones, basándose en el amontonamiento del material sobre una superficie apisonada o de concreto, compactando cada capa hasta obtener una forma circular ó trapezoidal y recubriendo con tamo, tierra o polietileno (1,5,10, 16).

2.5.4 Los silos verticales ó aéreos son los más costosos por su construcción y equipo necesario para el llenado, puede utilizarse ladrillo, concreto, láminas metálicas ó madera, siendo indispensable el techo para proteger el producto de las lluvias. No obstante, la calidad del producto ensilado es superior a la obtenida con otros tipos de silos, por la buena compactación y menores pérdidas superficiales y periféricas (1,10,16,17).

2.5.5 Silos de Bolsa.

Pueden ser mecánicos y manuales; en los primeros es indispensable la utilización de máquinas sofisticadas como el silopress, que almacenan a presión el producto picado en bolsas de polietileno de capacidad variable, permitiendo una extracción total del aire y un sellado hermético. No obstante, el costo de estas máquinas es elevado y solo se justifica su adquisición cuando el volumen de forraje a ensilar es elevado. En los manuales, se pueden utilizar bolsas ó rollos de polietileno de un grosor aceptable exagerando los cuidados para obtener un sellamiento adecuado, extrayendo el aire mediante un tubo ó manguera perforada conectado al tubo de una aspiradora corriente (17). Las pérdidas totales en este tipo de silo son mínimas y la calidad del producto es elevada ; por otra parte, se adiciona la ventaja de su ubicación, ya que pueden realizarse en el sitio elegido.

2.6 Capacidad y volumen de los silos

Las dimensiones de las construcciones dependerán del número de animales a alimentar con el producto y el tiempo necesario de alimentación. De esta manera, la longitud del silo será función del tiempo, mientras que la anchura dependerá de la cantidad de ensilaje a utilizar diariamente (1,5).

En silos horizontales, generalmente se trabaja, con longitudes de 25 a 30 metros y con anchura mínima equivalente al doble de la rodada del tractor que apisona (1,5). Para estos silos, el volumen se determina por la fórmula siguiente:

$$V = \frac{\text{Ancho superior} + \text{Ancho inferior}}{2} \times \text{Altura} \times \text{Longit. (1,5)}.$$

En silos verticales generalmente se utilizan diámetros de 5 a 6 metros y alturas que no deben ser inferiores a dos veces ni superiores a cuatro veces la longitud de su diámetro (1,21). Su volumen se determina por la fórmula:

$$V = \frac{\text{Diámetro} \times \text{Diámetro}}{4} \times 3.14 \times \text{altura (1)}$$

Para determinar la capacidad de los silos se emplea la fórmula:

$$C = \frac{\text{Volumen x densidad del producto}}{1.000} \quad (1,5)$$

La densidad (peso del ensilaje de un metro cúbico) varía con el tipo de silo, siendo inferior en los horizontales, promediando 510 kgs/metro cúbico en éstos (ancho superior, 4.2 metros; ancho inferior, 3.0 metros y altura 2.4 metros), y 665 kgs/metro cúbico en silos verticales (10 metros de altura). La variación de estos promedios estará influenciada por la clase de forraje, la altura del silo y el grado de compactación (1,5).

3. PRODUCCION ANIMAL CON ENSILAJES

Investigaciones con diferentes forrajes ensilado, han demostrado que el maíz ensilado como planta entera presenta una relación energía: proteína óptima para las diferentes etapas productivas bovinas (5-6:1, relacionando nutrientes digestibles totales: proteína cruda), mientras que el maíz ensilado sin mazorca (con el aditivo necesario), presenta una relación mucho más amplia que facilita su combinación con pastos de clima frío, cuya relación energía: proteína es inadecuada por el alto contenido protéico y relativamente bajo contenido energético (12).

La composición química del ensilaje de maíz con mazorca (planta completa), es superior a la del producto ensilado sin mazorca. Los valores de proteína cruda (P.C), fibra cruda (F.C), extracto etereo (EE), cenizas (C) y extracto no nitrogenado (ENN), varían entre 9.5, 20.8, 4.2, 7.0 y 49.2, respectivamente (15); 7.9, 26.3, 3.1, 6.5 y 47.0, respectivamente (9); 8.2, 29.6, 1.9, 7.1 y 46.0 respectivamente (31), en ensilaje de maíz completos, y 6.7, 30.8, 3.8, 8.4 y 40.4, respectivamente (11), para ensilaje de maíz sin mazorca.

La adición de úrea al ensilaje de maíz mejora la calidad del producto (25), e incrementa las ganancias de peso de animales en crecimiento y ceba, mejorando además la eficiencia económica del proceso (8,25,26) (Tablas 6,7,9). No obstante, la suplementación de torta de algodón ha permitido obtener las mejores tasas de crecimiento con las mejores eficiencias, aunque el costo actual de este suplemento desestimula su utilización.

Por otra parte, con la suplementación de concentrados al ensilaje de maíz con ó sin úrea, se obtienen elevadas tasas de crecimiento en novillas lecheras que permiten el primer servicio, a una edad temprana (26,27,28,29) (Tablas

9,10). Sin embargo, el elevado costo de estos alimentos concentrados pueden hacer ineficiente el proceso, siendo necesario utilizar otras alternativas que combinan otros forrajes con el ensilaje de maíz.

TABLA 6. Consumo, ganancias de peso y eficiencia alimenticia con ensilaje de maíz y diferentes aditivos y suplementos en ceba de machos Holstein.

	Consumo Ensilaje KG	Ganancia peso Kg/anim./día	Eficiencia. KG
E.M. <u>1/</u> (Con mazorca)	33.9	0.434	70.8
E.M. <u>1/</u> +0.5 % úrea	41.2	0.744	57.4
E.M. <u>1/</u> +0.5 kg TA <u>2//</u> Anim./día	36.0	0.912	40.3
E.M. <u>1/</u> +0.5% úrea + 0.5 Kg TA.	44.3	0.941	47.9

1/ Ensilaje de maíz

2/ Torta de algodón

FUENTE: Tinoco, R.G. 1972. Tesis M.S.

TABLA 7. Consumo, ganancias de peso y eficiencia alimenticia con ensilaje de maíz y diferentes aditivos y suplementos en caba de machos Cebú.

	Consumo de Ensilaje Kg/anim/día	Ganancia Peso Kg/anim/día	Eficiencia. Alimentic. Kg
E.M. <u>1/</u> +1.0 kg TA <u>2//</u> Anim/día	27.5	1.000	29.4
E.M. <u>1/</u> +0.5kg TA <u>2//</u> Anim/día	28.1	0.906	32.8
E.M. <u>1/</u> +0.5% Urea + 0.5 KG TA <u>2/</u>	27.9	0.751	38.8

1/ Ensilaje de maíz completo - 2/ Torta de algodón

FUENTE: Escobar y colaboradores. 1971.

TABLA 8. Consumo y ganancia de peso con ensilaje de sorgo forrajero solo y en mezcla con soya en novillos Cebú pringados.

	Consumo de Ensilaje KGS	Consumo Mater.Seca KG	Ganancia Peso Kg/anim/día
Ensilaje de sorgo forrajero	22.7	5.8	0.490
Ensilaje de sorgo + soya (3:1)	25.3	6.3	0.730

FUENTE: Moreno, A. 1978.

TABLA 9. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia del ensilaje de maíz en novillas Holstein.

	Días Experimentales	Consumo M.S.* Kg.	Ganancia Peso Kg/anim/día	Eficiencia Alim. Kg.M.S.
E.M. <u>1/</u> + 1.5 kg concentrado <u>2/</u>	168	7.1	0.924	7.7
E.M. <u>1/</u> + 2.0 kg concetrado <u>2/</u>	168	7.3	1.003	7.3
E.M. <u>1/</u> + 0.5% úrea + 1.5 kg conc.	168	7.2	0.989	7.3
E.M. <u>1/</u> + 0.5% úrea + 2.0 Kg conc.	168	7.5	0.998	7.5

1/ Ensilaje de maíz completo

* Materia Seca.

2/ Concentrado (20% P.C., 71% NDT)

FUENTE: Zapata y colaboradores, 1974.

TABLA 10. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia con ensilaje de maíz y diferentes suplementos en novillas Holstein.

	Consumo de M.S. Kg.	Ganancia de peso Kg/anim/día	Eficienc. Aliment. KG. M.S.
E.M. <u>1/</u> + 0.5% úrea + 2 kg conc. <u>2/</u>	7.9	0.888	9.2
E.M. <u>1/</u> + 0.5% úrea + 2 kg conc. <u>2/</u> + 2 kg Heno Alfalfa molido	9.4	0.898	11.3

1/ Ensilaje de maíz molido

2/ Concentrado

FUENTE: Zapata y colaboradores, 1976

TABLA 11. Consumo, ganancias de peso y eficiencia alimenticia con ensilaje de maíz y hoja de yuca, en novillas Holstein.

	Consumo de Materia Seca KG.	Ganancia Peso Kg/Anim/día	Eficienc. Aliment. Kg.M.S.
E.M. <u>1/</u> +2 kg H. y <u>2/</u> + 1 kg conc. <u>3/</u>	4.7	0.531	8.8
E.M. <u>1/</u> +4 kg H. y <u>2/</u> + 1 kg conc. <u>3/</u>	5.3	0.611	8.6
E.M. <u>1/</u> +8 kg H. y <u>2/</u>	5.7	0.833	6.8

1/ Ensilaje de maíz completo

2/ Concentrado energético (3.2 Mcal ED/kg).

FUENTE: Zapata y colaboradores, 1976.

(27, 29, 30), (Tablas 10,11), involucran leguminosas con el maíz destinado a ensilaje (18) (Tabla 8), obteniendo ganancias aceptables y manteniendo la eficiencia del proceso. Para otros, la eficiencia puede mantenerse al ensilar la soca del sorgo de grano después de la cosecha (31), suplementándola adecuadamente, ó disminuyendo la suplementación de granos ó tortas a las cantidades mínimas necesarias que garanticen las ganancias esperadas (24) (Tabla 12).

El ensilaje de gramíneas sin los aditivos respectivos que garanticen un proceso adecuado originan bajos consumos del producto y bajas ganancias del peso, respecto a la misma gramínea en pastoreo (22).

TABLA 12. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia con ensilaje de maíz y diferentes suplementos en el levante de novillas lecheras.

	Consumo ensil. Kg/anim./día	Ganancia Peso Kg/anim/día	Eficiencia Kg. M.S.
E.M. <u>1/</u> + 1 kg conc. <u>2/</u>	16.5	0.650	8.5
E.M. <u>1/</u> + 0.42 kg T.S. <u>3/</u>	16.5	0.615	8.5

1/ Ensilaje de maíz completo

2/ Concentrado (13% PC y 70% NDT)

3/ Torta de soya (equivalente protéico de 1 kg concentrado)

FUENTE: Sánchez, L. Zapata, O. 1986

BIBLIOGRAFIA

1. ARGUELLES, G. 1982. Conservación de forrajes. En: Banco Ganadero. Pastos y Forrajes para Colombia. v. 1 no. 4, p. 53 - 61 (Suplemento ganadero).
2. BRETIGNIERE, L.; KHATCHADOURIAN, L. 1962. Ensilado de los forrajes verdes. Madrid, Ed. Aguilar. p. 187.
3. CAMACHO, H.; GUERRERO, L. 1985. La siembra sin labranza: una alternativa económica en la producción de forraje. Bogotá, ICA. 8 p. (mimeografiado).
4. CAMACHO, H. 1986. Día de campo sobre maquinaria agrícola. Bogotá, ICA.
5. CHECA, J. 1972. Silos para pastos. Bogotá, Temas de Orientación Agropecuaria, Cicolac. 47 p. (Boletín Agropecuario No. 13).
6. DIAZ, T. 19 . Comportamiento de vacas Holstein en confinamiento durante la primera fase de lactancia, alimentadas con ensilaje de maíz y suplementos proteícos. Bogotá, UN-ICA. (Tesis M.S)
7. DIAZ, T. 1986. Día de campo sobre ensilaje de maíz. Obonuco, ICA.
8. ESCOBAR, G. 1971. Análisis económico de la ceba de novillos en confinamiento. Palmira, ICA. 22 p.

- 9 GOMEZ, F. MEJIA, J. 1961. Estudio comparativo de la producción y los costos en la ceba de novillos Holstein con ensilaje de maíz y avena. En: Resúmenes de los trabajos presentados al Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 8. Cúcuta, 1971. p. 7
- 10 INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. Silos y ensilaje. Bogotá, ICA. 33 p. (Boletín técnico No. 8).
- 11 JIMENEZ, N. 1976. Comportamiento de dos fuentes energéticas y un anabólico sobre la utilización de úrea en ceba de bovinos con ensilaje de maíz sin mazorca. Bogotá, UN-ICA. 125 p. (Tesis M.S.).
- 12 LUENGAS, A.; PULIDO, J. 1986. Utilización del ensilaje de maíz en la alimentación de bovinos. En: Instituto Colombiano Agropecuario. Día de Campo La planta de maíz para ensilaje. Tibaitatá. ICA.
- 13 McCULLOUGH, M.E.; SISK, L.R. 1972. Crude fiber, form of ration, type of silage and digestibility of optimum rations. J. of Dairy Science. V.5 n. 4, p. 484.
- 14 McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F. 1975. Nutrición Animal. Zaragoza, Acribia. p. 357.
- 15 MEJIA, E. 1971. El efecto de la adición de úrea en el valor nutritivo de los ensilajes. Bogotá, UN-ICA. 83. p. (Tesis M.S.).

16. MENDEZ, L.E. 1980. Manual de pastos y forrajes. Bogotá, Asociación Holstein. p. 17.
17. MILLER, W.J. 1979. Animal feeding and nutrition. New York, Academic Press. p. 233.
18. MORENO, A. 1978. Aspectos prácticos del ensilaje. Turrialba, CATIE, 6 p.
19. ORTEGA, A.; RUBIO, R.; HUERTAS, E. 1972. Valor alimenticio del ensilaje de sorgo de grano y de maíz en la producción de leche. Revista ICA. v. 7 no. 4, p. 415.
20. REAVES, P.M.; HENDERSON, H.O. 1969. La vaca lechera. Alimentación y crianza. 5a. Ed. México, Fuentes Impresores. p. 66.
21. RUBIO, R. 1978. Anotaciones sobre ensilaje. Palmira. ICA. 8 p.
22. SALAZAR, D., PEÑA, F.; GAVILANES, C. 1980. Comportamiento de novillas HOLstein Alimentadas con ensilaje, heno y pastoreo de kikuyo (Pennisetum clandestinum). Revista ICA. v. 15 no. 3, p. 145.
23. SANCHEZ, L. 1986. Henificación y utilización de productos desecados en ganado lechero. p. 28, Bogotá, ICA.
24. SANCHEZ, L.; ZAPATA, O. 1986. Sistemas de alimentación en Ganado Lechero. Palmira, ICA. 16 p.

25. TINOCO, R.G. 1972. Evaluación de la adición de úrea al forraje de maíz en la ceba de machos Holstein Bogotá, UN-ICA. 129 p. (Tesis M.S.).
26. ZAPATA, O.; RUBIO, R.; PINEDA, J. 1972. Alimentación de novillas Holstein mediante el uso de aditivos en el ensilaje de maíz. Palmira, ICA. 12 p.
27. _____; _____; _____. 1976. Utilización de pasto elefante, heno de alfalfa y ensilaje de maíz en la alimentación de novillas Holstein. En: Colveza, Memorias X Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Medellín, Colveza p. 184.
28. _____; _____; GARTNER, J. 1976. Utilización de la hoja de yuca y alfalfa en la alimentación de novillas en pastoreo. En: Colveza. Memorias X Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Medellín, Colveza. p. 179.
29. _____; _____; _____. 1976. Utilización de la hoja de yuca como fuente de proteína en el levante de novillas. En: Colveza, Memorias X Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Medellín, Colveza, p. 177.
30. _____; _____; _____. 1976. Uso de ensilaje de maíz, hoja de yuca y pasto elefante en novillas Holstein. En: Colveza, Memorias X Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Medellín, Colveza, p. 173.

31. ZAPATA, O.; SANCHEZ, L.; MEZA, J.H. 1985. Evaluación nutritiva de tres clases de ensilaje en crecimiento de novillas Holstein. Palmira, ICA. p. 21.