

## Capítulo 13

### ALTERNATIVAS NUTRICIONALES PARA LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA DE CARNE EN COLOMBIA.

*Gustavo A. Llano, Zoot. Esp<sup>1</sup>; Daniel F. Ramírez, MV, Esp<sup>1</sup>;  
Liliana Mahecha, Zoot. MSc.<sup>2</sup>*

#### Resumen

La alimentación, de las ganaderías de carne y doble propósito, en Colombia, ésta basada en la utilización de pastos tropicales bajo sistemas de producción extensivos, los cuales generan un gran impacto ambiental negativo y poseen los más bajos parámetros productivos y reproductivos, comparados con los sistemas semi-intensivos (lechería especializada) e intensivos.

Para lograr respuestas de competitividad y sostenibilidad en la producción ganadera será necesario aplicar tecnologías que contrarresten los efectos de la baja calidad y cantidad en la oferta forrajera en las épocas críticas y dismiyan los daños causados al medio ambiente. Una de las alternativas para lograr estas metas es la implementación de los bloques multinutricionales y la conservación de forrajes.

*Palabras clave: bloques multinutricionales, conservación de forrajes, sales orgánicas*

---

<sup>1</sup> Práctica particular

<sup>2</sup> Profesora, Facultad Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia

## Nutritional alternatives for beef production in Colombia

### Abstract

*The feeding of bee and double purpose cattle in Colombia is based upon the use of tropical grasses and extensive production systems. These produce a negative environmental impact and have low productive and reproductive parameters as compared with intensive and semi-intensive (specialized dairy) systems.*

*In order to achieve competitiveness and sustainability in cattle production, it will be necessary to apply technologies that counteract the effects of low availability and quality of forages in the critical seasons and to minimize the negative environmental impact. Some of the alternatives to achieve these goals are through the implementation of multinutritional blocks and forage conservation.*

**Key words:** *forage conservation, multinutritional blocks, organics salts.*

### Introducción

Teniendo en cuenta la actual globalización de la ganadería, que abre un espacio a nuevas expectativas de exportación, existe la necesidad de buscar alternativas nutricionales que permitan mejorar los parámetros productivos de nuestro ganado e incorporar factores de calidad al producto, como una estrategia importante para mejorar la competitividad de los sistemas de producción de carne en el ámbito nacional.

La nutrición es uno de los principales factores que afectan la eficiencia productiva y reproductiva del ganado bovino. Está demostrado, que los bajos niveles nutricionales en bovinos retardan su crecimiento y afectan la tasa máxima de deposición de proteína, de acuerdo a la etapa de desarrollo del animal en la que se presenta la restricción alimentaria y de la severidad de la misma (51). En sistemas tropicales donde los ciclos de verano-invierno determinan estacionalidad de la producción de forraje, es evidente que existen épocas del año donde los animales están subalimentados (baja cantidad de forraje) y no solamente pierden peso corporal sino que por su precario estado nutricional (baja calidad del forraje) deterioran su capacidad orgánica de respuesta a planos de alimentación superiores, en etapas posteriores. Así mismo, se ha reportado que una restricción severa de proteína reduce el peso a la madurez en bovinos y porcinos (53) y que una restricción en el consumo de energía durante la fase tardía (prepubertad) o

en la fase temprana (postpubertad) reducen marcadamente el contenido de grasa de novillos de un determinado peso corporal (39, 56).

Una alternativa para mejorar los índices de producción es la suplementación estratégica de los animales durante todo el año, garantizando un adecuado y constante suministro de nutrientes tanto para los microorganismos del rumen como para el animal (15). En este sentido, hay que tener en cuenta que uno de los factores que más limita el adecuado y constante suministro de nutrientes al ganado de carne en el trópico, es la variación en la disponibilidad y calidad del forraje durante las diferentes épocas del año. Por lo tanto, es importante buscar no solo estrategias de suplementaciones, sino de conservación de forrajes (43).

El objetivo del presente documento es recopilar información sobre alternativas nutricionales tales como bloques multinutricionales, sales minerales con base en fuentes orgánicas, sistemas de conservación de forrajes y sistemas silvopastoriles, haciendo énfasis en los objetivos de su uso y en los principales factores a tener en cuenta para su adecuada utilización, así como en resultados productivos obtenidos a través de reportes investigativos.

## **Bloques multinutricionales**

**Objetivos de su uso.** El bloque multinutricional (BM) es un suplemento alimenticio, balanceado, en forma sólida, que facilita el suministro de diversas sustancias nutritivas en forma lenta, además de incorporar nitrógeno no proteico (NNP) a través de la urea, excretas o amoníaco; también puede incorporar otros elementos nutricionales como carbohidratos solubles, minerales y proteína verdadera. Sirven como alimentación estratégica durante la época seca, resultando en un mejoramiento de la ganancia de peso vivo, o en casos extremos en una reducción de pérdida de peso. Pueden servir también para suplir elementos nutritivos fundamentales y para mejorar la eficiencia de uso del forraje aún cuando no haya escasez de alimento (8, 19). El principal efecto del BM es un incremento en el consumo de forraje, asociado a una mejora en las concentraciones de N amoniacal en el líquido ruminal (9, 14).

Los BM al suministrar nitrógeno fermentable (NNP) para los microorganismos del rumen, permiten una mayor eficiencia en la digestión de la fibra, incrementan la tasa de pasaje y estimulan el consumo del alimento base, con efecto beneficioso para el estado energético del animal (31, 38).

Los efectos de los BM pueden ser posibles si se garantiza un aporte permanente para los animales, debido a que el proceso de digestión de la fibra es lento (6 horas pos ingesta) y depende de la colonización del forraje por parte de la flora ruminal (bacterias, protozoos y hongos) y por lo tanto, es muy vulnerable a deficiencias aún de corta duración, de factores que favorezcan el crecimiento bacterial (22, 31).

**Factores a tener en cuenta para su adecuada utilización.** El consumo del bloque se ve afectado principalmente por su dureza, la composición de la dieta (porcentaje de proteína cruda del forraje consumido) y el contenido de urea en animales estabulados. Bajo condiciones de pastoreo otros factores pueden estar involucrados, como el período de oferta de éstos y el número de comederos en los potreros, así como la oferta y calidad del alimento fibroso (35, 59). La oferta del material fibroso también influye en el consumo de bloques; a menor oferta, mayor consumo del bloque. La cantidad de bloque consumida puede aumentar hasta tres veces en la estación seca, al recibir un alimento base muy deficiente en N (55).

La oferta del bloque por tiempo limitado (3 h/día) origina bajos consumos diarios, en cambio cuando se ofrece el bloque en los potreros el consumo se duplica. La consecuencia de la oferta del bloque por tiempos muy cortos no es solo su bajo consumo, sino que no se satisface uno de sus principales objetivos, el suministro de N degradable en pequeñas cantidades durante todo el día para cubrir los requerimientos continuos de este nutriente por los microorganismos del rumen (35, 59, 62). Después del período de adaptación los animales deberían ajustar su consumo alrededor de 400 a 600 g/día en bovinos; aún cuando los consumos puedan ser mayores, dependiendo de la raza y etapa de producción, entre otros (55).

**Resultados productivos.** Mancilla (45), realizó un ensayo en la hacienda Campo Alegre, estado de Barinas (Venezuela) sector Almorzadero con 153 animales machos castrados, con un peso promedio inicial de 236,5 kg, los cuales se suplementaron con BM, y 192 animales machos castrados con un peso inicial de 268,5 Kg suplementados con 6 Kg por animal día de una mezcla con 20% de cama de pollo y 80 % de harinas del subproducto del procesamiento del maíz.

El ensayo tuvo una duración de 150 días. La ganancia diaria de peso para el grupo de animales con BM fue de 0,786 Kg con un consumo de 0,450 kg animal día y un costo en bolívares de \$ 110/kg de mezcla de BM, que de acuerdo al consumo es de \$ 49,5 bolívares/animal/día. Para el otro grupo la ganancia diaria

de peso llegó a 1,063 kg./animal/día con un consumo de 6 Kg animal día de mezcla y fue necesario distribuirla dos veces al día en un tractor y dos hombres, el costo de la mezcla se reportó en \$ 89 bolívares/kg. , lo que resultó en \$ 534 bolívares/animal/día, sin contar con el desperdicio (45). Si comparamos los beneficios, a los costos del kg de carne en pie de \$700 bolívares/kg. obtenidos en este trabajo (tabla.1), la suplementación con BM es más rentable que con la mezcla de cama de pollo y pico de maíz, porque a pesar de que la ganancia diaria de peso con la mezcla de cama de pollo y pico de maíz fue superior en 193.9 gramos por día, con relación al BM, el costo de la suplementación fue sumamente alto comparado con el costo de la suplementación con bloque.

**Tabla 1. Relación de costos de la suplementación con bloques multinutricionales y cama de pollo más pica de maíz vs ganancia de peso y rentabilidad.**

SUPLEMENTACIÓN	BLOQUE MULTINUTRICIONAL + PICA DE MAÍZ	CAMA DE POLLO	DIFERENCIA
Ganancia diaria en gramos	786	1,063	277
Valor en bolívares de la ganancia diaria (\$ 700/Bolívares/kg)	550,2	744,1	193
Valor costo suplementación día \$	49,5	534	484,5
Diferencia (2-3)	500,7	210,1	290,6
Porcentaje de rentabilidad ( $4/3 * 100$ )	1011,5	39	972

Fuente: Mancilla, L. (45).

Este mismo autor (45), realizó otro estudio en la hacienda el Chao, estado de Zulia, Venezuela, donde observó en las vacas de cría que la eficiencia reproductiva desde marzo de 1997 hasta enero de 1999 se incrementó de 24,23% (promedio general) hasta 41,2% y en febrero de 1999, una vez establecida la suplementación con bloques multinutricionales en forma sistemática llegó a 54,49% en vacas palpadas preñadas. Es decir, el porcentaje de preñez global pasó de 24,23% en vacas con suplementación mineral a 54,49% en vacas con bloques, esto significó un incremento del 30,26% en la rata de preñez en vacas lactantes desde su utilización en febrero de 1999; el consumo de bloque fue de 0,45 kg/animal/día y el costo, de \$180 bolívares/kg/bloque de 15 kg. Si analizamos lo anterior, en un hato de 1000 vacas de cría el incremento de la natalidad representa aproximadamente 302 animales más en el año, con un consumo de bloque por vaca/año de

164.2 kg y un costo de la suplementación de \$ 1970 bolívares/vaca/año, el cual es muy económico ya que si esos 302 animales los vendemos destetos a \$700 bolívares el kg en pie con un peso promedio de 150 kilogramos, tendrían un ganancia de \$ 31.710.000 bolívares, si esto lo dividimos por el número de vacas, en este caso 1000, nos da una ganancia por vaca de \$31.710 bolívares/vaca/año, y una utilidad neta adicional de \$ 29.740 bolívares/vaca/año.

Sansoucy (59) por su parte realizó un trabajo suplementando con bloques a novillas mestizas cebú por criollo, en el cual midió ganancias de peso y producción de leche. El lote experimental (MNT) alcanzó un consumo promedio diario de bloque de 36 g/100 kg PV en base seca. La producción de leche en el testigo fue de 4,19 kg/día, mientras que en el lote experimental (MNT) fue de 4,37 kg/día. La ganancia de peso fue de 0,048 kg/día y de 0,42 kg/día, para el grupo testigo y el lote experimental, respectivamente. El análisis de varianza indicó que no hubo diferencia estadística significativa entre los dos grupos con relación a la producción de leche ( $p=0,81$ ) pero se observó una tendencia ( $p=0,21$ ) a mayor ganancia de peso, en el grupo que recibió el bloque multinutricional. Aunque en este trabajo no se encontró diferencias en la producción de leche, podría esperarse un efecto positivo posparto en la reproducción de las novillas que recibieron bloque, gracias a una mayor ganancia de peso y por lo tanto una recuperación corporal más rápida. Este efecto tendría que ser objeto de estudio y permitiría ampliar la información del efecto de los bloques sobre la reproducción.

En otro trabajo realizado en ganado doble propósito, Hernández, *et al* (34) registraron un aumento de 47,7% en la producción, cuando suplementaron vacas mestizas, pastoreando *Brachiaria decumbens*, con 100 g/animal/día de urea, mas 1000 g/animal/día de melaza, en el período de lluvias, en los llanos orientales de Colombia. Así mismo, Ricca y Combellas (55) y Sansoucy (59) mencionan que el uso de los BMN aumenta la producción de leche desde 15 a 40 % (en lecherías doble propósito), con consumos superiores a 1,0 kg./animal /día de BM y en pasturas de calidad nutricional de media a alta (proteína cruda de 6-8% y FDN de 50-60%) consumos inferiores a 1,0 kg./animal/día de BM la respuesta por parte del animal es mínima (55, 59).

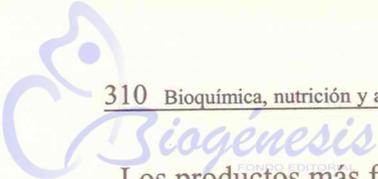
Con base en los resultados presentados se podría generalizar: en bovinos con tendencia a producir carne hay un efecto positivo en la ganancia de peso, aproximadamente 150 g/día como mínimo, cuando el consumo de bloque por parte del animal es superior a 400 gramos/día, comparado con aquellos animales que no tienen acceso al bloque, bajo las mismas condiciones de pastoreo. La mejora en la tasa de concepción es del orden de 50 al 100%.

## Sales minerales de fuentes orgánicas

**Antecedentes de su utilización.** Hasta la década pasada se daba mucha importancia a la formulación de las sales mineralizadas y a los suplementos minerales teniendo en cuenta las deficiencias y toxicidad de los diferentes macro y micro minerales (48); pero solo en el último quinquenio se ha venido trabajando con las interrelaciones de los diferentes minerales analizándose las diversas interacciones entre Sodio (Na), Cloro (Cl), Potasio (K), y Azufre (S), para evaluar su efecto nutricional en el ganado. Los primeros ensayos fueron llevados a cabo por Tucker (83), cuando formularon las dietas empleando las diferencias catiónicas y aniónicas logrando incrementar la producción láctea en un 8,6%; más recientemente Sánchez, *et al.* (60) examinaron las interrelaciones entre Sodio (Na), Cloro (Cl), Potasio (K), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Fósforo (P), considerando las concentraciones de estos minerales y no el simple hecho de formular la sal mineralizada para llenar los requerimientos de estos macroelementos, bajo estas premisas se incrementó el consumo de materia seca y la producción de leche.

En las investigaciones, nacionales, en nutrición y alimentación mineral que se llevaron a cabo hasta 1985, se tuvo en cuenta el concepto de materias primas inorgánicas. Desde finales de la década de los ochenta se comenzó a trabajar con materias primas de origen animal para la elaboración de sales; solo a principios del 90 se tienen reportes acerca de los minerales quelatados que son aquellos unidos a aminoácidos o a pequeños péptidos (3). Solamente los minerales de transición pueden formar quelatos con compuestos orgánicos; los más comúnmente usados en la preparación de éstos son: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), cobalto (Co), Niquel (Ni); los minerales se quelatan para aumentar su biodisponibilidad y solucionar problemas de interferencia en su asimilación (3). De igual forma, ayudan a aumentar la biodisponibilidad, a disminuir las deficiencias y toxicidad como interferencia y competencia por los sitios de absorción entre macro y microminerales.

**Objetivos de su uso.** Las sales orgánicas están formadas por la unión de un mineral con un compuesto orgánico (proteína, aminoácido, hidrato de carbono, etc.), mediante un enlace covalente, que es un enlace fuerte y estable, formando además un complejo eléctricamente neutro que evita que la sal se disocie. Por lo tanto, llegan intactos al sitio de absorción y su disponibilidad llega casi al 100% (3, 41, 46, 52).



Los productos más frecuentemente encontrados son:

**Complejo metal-aminoácido.** Resultante de unir una sal soluble de metal con un aminoácido, es de bajo peso molecular ya que es la unión de un mol de metal con un mol de aminoácido. Complejo 1:1 (3).

**Quelatos.** Resultan de la reacción de una sal soluble del metal con un mol de aminoácidos. Su relación molecular suele ser 1:2 o 1:3. El peso molecular es ligeramente superior a los anteriores (3).

**Proteinatos.** Se forman por reacción de una sal soluble del metal con aminoácidos y/o proteínas hidrolizadas parcialmente. Son de alto peso molecular (4).

**Complejos polisacáridos-metal.** De alto peso molecular. Producto de una sal soluble del metal con una solución de polisacáridos (4).

La desventaja de todos ellos frente a las formas inorgánicas es el costo de suplementación, que es mucho más elevado. Esto hace que, comercialmente, se empleen con un objetivo específico (mejorar reproducción, producción y/o estados carenciales severos) más que como una alternativa de suplementación.

Los proteinatos o quelatos de minerales se han venido utilizando en nutrición animal para mejorar la biodisponibilidad de los minerales traza (Se, I, Zn, Cu). Aparte de que son indegradables en su paso por el rumen, tienen un punto específico de absorción, debido al aminoácido que utilizan para atravesar la pared intestinal. Incluso en algunos casos, un aminoácido puede utilizar puntos de absorción de otros aminoácidos, impidiéndose posibles saturaciones.

La suplementación de los microminerales se hace necesaria ya que las distintas materias primas empleadas en la alimentación animal, no suelen aportar niveles suficientes para satisfacer las necesidades de los niveles de producción actuales. El objetivo del empleo de este aditivo no es otro que el de mejorar los rendimientos productivos, reproductivos y el estado sanitario del animal (16).

### **Factores a tener en cuenta para su adecuada utilización.**

**Factores que influyen en su absorción.** La absorción de los minerales depende de: varios factores: unos ligados al animal como edad, estado fisiológico, estado sanitario, estado nutricional; y otros ligados al alimento como el tipo de mineral, nivel en la dieta, e interacciones (4).

Los microminerales que están presentes en las materias primas de forma natural, se liberan durante la digestión por acción de enzimas y el pH, quedando en forma de

cationes. Algunos microminerales tienen una absorción más rápida pasando al enterocito sin gasto de energía (16). Otros, utilizan una proteína transportadora la cual trabaja en contra de un gradiente de concentración con gasto de energía (ATP) (4).

En cuanto a las interacciones, se ha reportado que, los iones libres pueden interactuar con otros minerales de la dieta u otras sustancias antinutricionales formando complejos muy estables e insolubles que no son absorbidos (fosfatos, oxalatos, fitatos). Los minerales traza como selenio, yodo, zinc y cobre son los más afectados por estas interacciones (16).

Teniendo en cuenta los anteriores factores, algunos autores destacan la utilización de proteínatos o quelatos, ya que por su especial naturaleza permiten que:

- No se formen compuestos insolubles en el intestino, al no disociarse.
- No necesitan proteína transportadora (carrier) para su absorción, por lo que la dejan libre para la posible absorción de otros minerales (no hay interacción mineral) (3). Estos complejos pueden ser de bajo peso molecular (fácilmente absorbidos), o de alto peso molecular siendo los más susceptibles a ser excretados en las heces por ser de más difícil absorción (60).

En este caso la absorción que se produce es la misma, que cuando se trata de un aminoácido solo. Una vez que el complejo está absorbido en el enterocito es favorable que la unión catión-aminoácido no sea muy estable para que el catión sea liberado y pase al plasma para su transporte a los diferentes tejidos corporales. El total de microminerales aportados por la dieta que alcanza los tejidos, es lo que se define como cantidad biodisponible (60).

Se puede concluir que al suministrar los minerales traza unidos a aminoácidos o péptidos, se mejora la biodisponibilidad de estos en los diferentes tejidos del animal, para las diversas funciones enzimáticas, ya que la absorción a nivel intestinal se hace como si fuera una proteína u aminoácido y no como un mineral disociado.

**Tipo de suelo.** Se debe tener en cuenta si el suelo es rico o pobre en macro y microminerales, si existen desbalances y estos que tipos de interacciones pueden generar (16). El programa nacional de nutrición animal del ICA presentó la situación mineral de Colombia (37) y reportó niveles de hierro (Fe) de altos a tóxicos. Así mismo, Pehrson (52) menciona que muchos de los problemas de salud y reproducción están relacionados con la presencia de prooxidantes, estos se pueden mejorar cuando se añaden a la ración los antioxidantes, como vitamina E, b - carotenos, selenio, cobre, zinc y manganeso.

**Tipo de forraje.** En el forraje también hay condiciones que interfieren con la concentración de macro y microminerales. La fertilización y/o la irrigación excesiva, causan un efecto de dilución en el tejido de la planta, disminuyendo la concentración del mineral. También hay variaciones según la especie forrajera, hay menor concentración de algunos microminerales como el selenio en las leguminosas que en las gramíneas, además algunas especies como *Artemisa canescens*, son selectivas para el selenio y poseen mayor capacidad para concentrarlo en las hojas (16).

**Tipo de animal y estado fisiológico.** En una vaca de cría o en una vaca doble propósito las deficiencias de microminerales son en gran parte las responsables de la ineficiencia en la reproducción y la producción (44). Investigaciones realizadas por Laredo (37), demostraron que la suplementación mineral puede incrementar de 10 a 100 % los índices productivos y reproductivos.

Anzola (4) reporta que las deficiencias de cobre (Cu) en vacas las hace más sensibles a la mastitis, y suplementando cobre en forma de proteínatos se observó un mejoramiento en la producción de leche, la reproducción y la respuesta inmune.

**Resultados productivos.** En un estudio realizado por Alltech (3) para medir el efecto de la suplementación con minerales trazas en la reproducción, se analizaron 55 vacas con historia de problemas reproductivos como quistes óvaricos y baja tasa de concepción, las cuales fueron suplementadas con premezcla de Cu, Zn, y Mn durante seis meses. En este trabajo se obtuvo una notable mejoría en la tasa de concepción la cual se incrementó de 50,9 a 63,4; los servicios por concepción bajaron de 1,96 a 1,58; el efecto de la premezcla sobre los quistes, generó una reducción notable del 20% a 5%, en ganado de leche.

Tucker, (61), realizó un experimento en 23 vacas para definir el papel de minerales trazas (Zn, Cu, Se) en forma de proteínatos en vacas posparto. Los resultados mostraron que la producción de leche no varió significativamente, el conteo de células somáticas disminuyó de 600000 a 300000, se redujeron los días en aparecer el primer folículo dominante FD de 9,3 a 7,8, el porcentaje de ovulación con el primer FD pasó de 70 a 90 %, los días posparto a la primera ovulación en el grupo control fue de 25,3 y en las suplementadas 20,4. Además, disminuyeron los días al primer servicio de 75,4 a 68,8 y mejoró la tasa de concepción al primer servicio de 57,7 a 65,2 %.

## Sistemas de conservación de forrajes

**Objetivos de su uso.** Uno de los principales problemas encontrados en los sistemas ganaderos en Colombia es la producción estacional de forrajes, encontrándose grandes limitaciones en la satisfacción de las necesidades alimenticias de los bovinos, tanto en épocas de excesivo invierno como en las de intenso verano o sequía. El desarrollo de técnicas para la conservación de forrajes se convierte en una alternativa importante para estabilizar la producción bovina; además los programas de conservación de forrajes pueden ser compatibles con otros sistemas de producción ganadera, desde los extensivos hasta los intensivos y de confinamiento, considerándose como una opción económica, por la mayor productividad de los animales y ecológica porque se mitigan los problemas originados por el sobrepastoreo y el pisoteo (32).

### Tipos de sistemas de conservación de forrajes y principales factores que afectan su utilización.

**Ensilajes.** Se llama ensilaje a la conservación del pasto verde, preferiblemente forrajes de buena calidad y alto contenido de carbohidratos; el pasto se almacena en un silo (sitio cerrado). El proceso mediante el cual se realiza la conservación es la fermentación láctica y su éxito radica en permitir una degradación dentro de límites bastante cortos que impiden bruscas transformaciones en la composición del producto que se ha de conservar (1) (7).

**Factores que afectan su utilización.** Los principales factores que afectan la apropiada utilización del ensilaje en los bovinos, están relacionados con el proceso de elaboración. Independiente del valor nutritivo del material a ensilar, el proceso de elaboración es clave en la calidad del producto final. La fermentación deficiente reduce enormemente su valor alimenticio. Un ensilaje de calidad deseable se produce con una materia vegetal bajo en ácido butírico (fomenta la descomposición) y alta en ácido láctico, y debe tener una humedad ideal del 68%. Cuando el material no se compacta bien en las orillas o superficies, posee una humedad superior al 70 % y con un pH alto, propicia el desarrollo de bacterias del género *clostridium* las cuales producen ácido butírico, amoníaco y aminos tales como cadaverina, histamina y putrescina, características de materia orgánica en descomposición y por lo tanto indicativas de mala calidad. Los hongos no son deseados en la producción de ensilajes, la mayoría de los resultantes son aeróbicos y normalmente se encuentran también en ensilajes con alta aireación y humedad (11, 20, 33).

En el proceso de ensilaje se presentan pérdidas, tanto en el campo como en el silo y fuera de él. Algunas de éstas se consideran inevitables, como las debidas a la respiración celular y a las transformaciones bioquímicas del material ensilado. Otras se deben en parte a la acción mecánica y la compresión de la masa ensilada. (1, 17). A continuación se explican algunas de ellas.

**Pérdidas de materia seca.** Dependiendo del tipo de silo, se considera aceptable una merma absoluta de material entre el 10 y 20 %. En el país se han reportado los siguientes valores: silo de torre, del 10 al 20 %, y de montón, del 6 al 35%. (34).

**Pérdidas de digestibilidad.** En ensilajes bien preservados, con mermas totales de materia seca de 25% o menos, desde el corte hasta la alimentación, la digestibilidad del ensilaje experimenta solo una pequeña reducción, la cual puede alcanzar dos o menos unidades porcentuales que el producto que se ensila (36).

**Pérdidas de otros componentes.** En el proceso de ensilaje el caroteno se oxida fácilmente, hay una pérdida casi total de vitamina C y pérdidas parciales de los minerales, por efecto del lavado, al comprimirse la masa ensilada. La respiración celular y las transformaciones bioquímicas afectan el contenido de carbohidratos, principalmente, y en menor proporción el de proteínas. Estos desgastes, medidos en energía digerible, pueden variar entre el 10% y 15% (27).

El efecto de los factores mencionados, puede ser evidenciado conociendo algunos parámetros relacionados con su calidad como las características organolépticas, los valores de pH y la producción de ácidos fermentables. El patrón de fermentación del material ensilado imparte al producto final características especiales de color, olor y consistencia, las cuales sirven como indicadores para determinar, aunque muy empíricamente la calidad del ensilaje (1).

En cuanto al pH, es un buen indicador del patrón de fermentación del ensilaje y su determinación es bastante sencilla utilizando papel litmus. Con pH por encima de 4,4, se espera la ocurrencia de fermentaciones secundarias, y entre 3,8 y 4,2, fermentaciones ácido láctico dominantes (7, 27).

Por su parte, la determinación en el laboratorio de los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, isobutírico, isovalérico y valérico) y del ácido láctico ofrece un cuadro muy completo del patrón de fermentación y, consecuentemente, de la calidad del ensilaje. Si éste está bien conservado, se espera que el ácido acético,

como porcentaje de la materia seca, sea igual o menor del 2,5% y no contenga otros ácidos volátiles grasos; que el nitrógeno insoluble en agua caliente, como porcentaje del nitrógeno total, sea mayor del 50%; el nitrógeno amoniacal, menor o igual al 5%. Estas metas pueden alcanzarse si se marchita el material antes de ensilar y con el uso de un aditivo que reduzca eficientemente la duración de la fermentación (7).

**Resultados productivos.** La energía en el silo de maíz es aportada principalmente por el almidón contenido en los granos y por la fibra digestible que posea la planta, es por ello que silos muy bien logrados fermentativamente difieren en su valor nutritivo según la cantidad de grano o el estado fisiológico en que se encontraba la planta al momento del corte (1, 7, 40, 50, 54).

Rearte (54) presenta, en la tabla 2, los datos de calidad del silo de maíz obtenidos por el laboratorio de evaluación de alimentos del INTA Balcarce, a partir de las muestras que los productores enviaron en los últimos años para analizar, en la provincia de Córdoba, Argentina. Este autor encontró que solo el 25% de las muestras enviadas por los productores eran de óptima calidad, es decir con una digestibilidad superior al 70%, y el contenido de fibra seguía siendo elevado incluso para estas muestras de mayor calidad, lo que afectaría el consumo y también la producción. Cuando se comparó la calidad del silo de maíz producido en la región con la reportada en otros países, la diferencia residió en la digestibilidad del material logrado y en su contenido de energía (10, 54).

**Tabla 2. Composición química y nutricional del silo de maíz.**

ESTRATO	MATERIA SECA %	DIGESTIB %	PROTEINA % (FDN) %	FIBRA	GRANO%
Cuartil inferior	22,7	54	5,2	63,9	23,2
Cuartil superior	31,3	72,2	10,5	56,2	38

Fuente: Rearte, H. (54).

Dado que el grano constituye la principal fuente energética del silo, el índice de cosecha (porcentaje de grano en la planta entera expresado en materia seca) resulta un parámetro importante para evaluar el valor del material ensilado. Mientras que los maíces ensilados en USA, por ejemplo es común encontrar índices de cosecha de 48-50%, en nuestro país ronda el 33-38% e incluso con valores muchas veces inferiores a estos (10, 16, 29). Esta diferencia ha sido atribuida a los distintos sistemas de producción del cultivo de maíz, que hace que los rendimien-

tos en grano sean también distintos. En un trabajo realizado por Romero y Bruno (57) se encontraron rendimientos de 59 toneladas de material verde con una proporción de grano en la planta del 49% en maíces bajo riego y fertilizados con N, mientras que los rendimientos de los maíces sin riego y sin fertilizante no superaron las 45 toneladas de forraje y con una proporción de grano de solo un 27% (Tabla 3).

**Tabla 3. Rendimiento y calidad de maíz para silo con distintos tratamientos de riego y fertilización con Nitrógeno.**

	S/Riego-S/ N kg N	S/riego + 100 100kg N	C/riego - S/N	C/Riego +
Mat. Verde, Kg/ha	45,500	50,000	56,875	59,625
Mat. Seca, kg/ha	14,930	16,683	18,957	20,202
% grano/MS total	27	31	47	49
% FDN	54	52	50	49
% FDA	38	34	31	30
% DIVMS	59	62	64	66

Fuente: Romero, L y Bruno, O. (57).

Cuando los maíces tienen un bajo índice de cosecha, el valor nutritivo se ve afectado no solo por el bajo contenido de almidón, sino principalmente por el alto contenido de fibra del material ensilado. En nuestros sistemas de producción el contenido de fibra de la dieta sigue manifestándose como el principal limitante al consumo (7) y consecuentemente a la producción. Cuando comparamos este parámetro también con los silos de otros países vemos que mientras un buen silo en Estados Unidos difícilmente contenga más de 43-48 % de FDN (fibra en detergente neutro) en nuestro país nunca baja de 50-55% e incluso, muchos silos están por encima del 60%. Las diferencias en el contenido de grano y de fibra se traducirán también en diferencias de la digestibilidad, así mientras un buen silo Americano tiene valores de digestibilidad que supera el 70-75% en Colombia en el mejor de los casos es del orden del 60-65 %. Estos silos, por muy buen proceso fermentativo que hallan tenido, difícilmente permiten altas ganancias de peso, ya que el animal no podrá consumir todo lo que se desea, independientemente de que la oferta sea a voluntad (7, 29).

Al contar con materiales tan disímiles en su composición, no pueden existir recomendaciones generalizadas a todos ellos, al referirnos por ejemplo, al momento de corte. Generalmente el grueso de la información tecnológica referida a la elaboración y utilización del silo de maíz proviene de países del hemisferio

norte con sistemas de producción de carne y/o leche y del cultivo de maíz distintos a los nuestros. Esto hace que no siempre esta información sea directamente extrapolable a nuestras condiciones (29).

En los Estados Unidos, por ejemplo se recomienda cortar el maíz para silo en estado bastante avanzado del cultivo, ya que la cantidad de granos en la planta es muy importante y se debe apuntar al momento óptimo teniendo en cuenta al grano más que al resto de la planta. En nuestros plantíos el concepto puede ser el mismo si se trata de maíces con altos índices de cosecha, pero no necesariamente cuando el porcentaje de grano en la planta entera es bajo (7).

En la Tabla 4, se presentan datos de maíz para silo obtenidos en los trabajos realizados por Olphen (49) en el INTA Balcarce. En el mismo se puede observar como aumenta el rendimiento por hectárea cuando se pasa de estado de grano lechoso a pastoso y luego a duro, pero al mismo tiempo como baja la digestibilidad del material a ensilar. Esto ocurre independientemente de que el porcentaje de espiga (grano y tallo) en la planta aumente, y se debe, a que a medida que avanza el estado de crecimiento del cultivo, el contenido de fibra aumenta, ésta se lignifica disminuyendo marcadamente su digestibilidad. Cuando el contenido de grano es bajo, la mayor cantidad de almidón que tiene la planta a medida que madura no alcanza a compensar la caída de digestibilidad que ocurre en caña y hojas.

**Tabla 4. Calidad del ensilaje de maíz según momento de corte.**

Grano	Prod T MS/ha	Espiga, %	Digestib. %	Materia Seca, %
Lechoso	10,56	33,19	67	23,3
Pastoso	13,4	52,93	66,7	32,1
Duro	15,11	60,73	61,8	46,9

Fuente : Olphen Van, P. (49).

En tales condiciones, no sería conveniente dejar pasar tanto el maíz, ya que se estaría afectando la calidad del principal componente de la planta que no es el grano sino la caña y las hojas, por lo que se recomendaría anticipar el momento de corte antes de que estos componentes pierdan calidad.

Como ocurre con todas las recomendaciones tecnológicas en ganadería difícilmente pueden elaborarse recetas dada las diferencias de situaciones planteadas, pero sí es importante fijar algunos conceptos. Si acordamos que la cantidad de grano del silo es un importante indicador de su contenido energético, bien podría-

mos manipular esto a través del manejo de la altura de corte, por ejemplo. En algunos casos puede ser muy importante sacrificar algo la calidad para obtener un mayor volumen de menor costo (la “cantidad” de silo de maíz almacenada es fundamental ya que en muchos casos representan el “sustento” del sistema intensificado), mientras que en otras situaciones, convendrá producir un alimento quizás algo más costoso (aumentando la altura de corte y dejando más remanente en el campo), pero que sea de alta calidad y asegure un alto desempeño animal (maíz, sorgo). Bernal y Díaz (7, 25), reportan, que en el ensilaje de maíz con mazorca, cuando la proteína está por encima del 9% y los nutrientes digeribles totales por encima del 68%, puede constituirse en la dieta única para novillas en gestación y para el levante de novillas. Bajo estas condiciones, pueden esperarse ganancias diarias entre 0,455 Kg y 0,494 Kg. De acuerdo con el potencial de proteína de este ensilaje, solo pueden esperarse producciones de 11 a 12 Kg de leche al día, y máximo 19,3 Kg dependiendo de su contenido de energía.

Jiménez, (45) realizó dos ensayos, en San Gil, Santander, el primero con hembras brahman de 12 a 15 meses de edad en un período de 60 días, suplementando 6,5 Kg de ensilaje de maíz/animal/día, pastoreando en *Brachiaria decumbens* y obtuvieron ganancias de 353 gramos/animal/día, contra el testigo que eran novillas de la misma edad pastoreando solo *Brachiaria decumbens*, las cuales obtuvieron ganancias de 143 gr./animal/día. El segundo ensayo fue con machos cebú cruzados, de 15 a 16 meses de edad, suplementados con 6 Kg de ensilaje de maíz/animal/día y pastoreando *brachiaria decumbens* en un período de 85 días, en este caso, las ganancias fueron de 552 gramos /animal/día contra el testigo que fueron también machos cebú cruzados de la misma edad y tuvieron una ganancia de 165 gramos al día.

Como se observa, en el trabajo anterior es evidente la respuesta de los animales a la suplementación en ganancias de peso ya que con respecto a los dos testigos la ganancia es superior al 100%. Si a esta ración se le hiciera un balance con proteína, la respuesta en ganancias de peso se esperarían muy superior, dado que el ensilaje de maíz es un suplemento de tipo energético y bajo en proteína.

## Henificación

**Definición.** La henificación es el proceso de obtener heno, alimento que se obtiene desecando los forrajes por deshidratación hasta dejarles un contenido de humedad inferior al 25%; se realiza por métodos como la inhibición de la actividad celular, pero se mantiene la calidad nutritiva de la planta; las plantas verdes contienen de 75-85 % de humedad, mientras que el heno se conserva bien con una humedad inferior al 25% (63).

### **Factores que afectan su utilización.**

**Calidad del forraje.** La conservación de gramíneas en forma de heno como estrategia para transferir el excedente de forrajes desde la época de lluvia a la época seca, es una práctica común en nuestro país, la cual permite disminuir el déficit nutricional normalmente observado en los rebaños bovinos durante la época seca. Sin embargo, el bajo valor nutricional característico de los henos obtenidos a partir de gramíneas tropicales, determina en gran medida los bajos niveles productivos característicos de nuestros sistemas de producción durante esta época (7,29).

Dos de los factores que mayor incidencia tienen sobre la baja calidad de estos henos y que limitan en gran medida el aprovechamiento ruminal de los mismos, lo constituye su alto grado de lignificación y su bajo contenido proteico(26, 29).

La calidad de heno está relacionada directamente con la época de corte y la fase de crecimiento en la época de la cosecha, las características del forraje y la proporción de hojas y tallos. Para obtener un buen heno es indispensable disponer de plantas tiernas con abundantes hojas y cosechadas en tiempo oportuno y de buena calidad, mientras más tierna es la planta mayor es su contenido de proteína (7, 27, 48). Además, se debe tener en cuenta que las hojas poseen un valor nutritivo superior al de los tallos y por lo tanto es necesario procurar la conservación del forraje con mayor cantidad de hojas (48).

**Tipo de forraje.** Los henos de leguminosas son más ricos en proteínas que las gramíneas, ya que en el follaje de la leguminosa está el 70 % de la proteína de la planta, al ser henificada queda con valores entre 8 y 12% de proteína cruda, mientras que un pasto tropical en el mejor de los casos después de ser henificado queda con 4 – 6% de proteína cruda. (7).

Los henos de buen color, verde claro, como el de las leguminosas, contienen más Vitamina A (90% de carotenos o provitamina A del total de la planta está en el follaje) que los henos que han perdido su color, como es el caso de los pastos tropicales, ya que el follaje de la leguminosa el cual constituye el 50% del peso de la planta posee mas materia seca al momento del corte, que las gramíneas y por ende el secado se hace mas rápido (27).

**Pudrición por lluvias.** Si en el período de secado hay presencia de lluvias, éstas traen como consecuencia el desarrollo de hongos y por consiguiente la pérdida del material. El período largo de almacenamiento, produce pérdidas de material asociadas a elevadas temperaturas y al contenido de humedad (48).

Es necesario tener en cuenta que la mayoría de las especies forrajeras se pueden henificar; sin embargo, es preferible utilizar aquellas que posean proporcionalmente más hojas que tallo y que no tiendan a lignificarse mucho, ya que esta característica facilita el trabajo de la segadora y acondicionadora, obteniendo un heno más suave y de mayor palatabilidad entre los animales. Además, es importante tomar en cuenta que las especies que producen mayor tonelaje de materia seca, proporcionan un mayor rendimiento de heno (24) (Tabla 5).

**Tabla 5. Especies más utilizadas para henificación, por su calidad y disponibilidad**

FORRAJE	DÍAS DE CRECIMIENTO	CANTIDAD/HA (Paca 15 kg)
Transvala <i>Digitaria decumbens</i>	35	400
Pangola <i>Digitaria decumbens</i>	35	400
Estrella Africana <i>Cynodon nlemfuensis</i>	35	400
Angleton <i>Dichanthium aristatum</i>	35	400
Peludo <i>Brachiaria decumens</i>	35	400
Diamantes 1 <i>Brachiaria brizantha</i>	35	300
Jaragua <i>Hyparrhenia rufa</i>	35	300

Fuente: Cruz, A; Lobo, M.(24).

**Proceso de elaboración.** En la henificación debido al secado de los tejidos vegetales ocurre una inhibición de los procesos de fermentación y la formación de ácidos grasos, así, a mayor rapidez de secado del forraje habrá menor cantidad de ácidos orgánicos y un mayor contenido de nutrientes (7, 24, 28).

Durante el secado ocurren cambios químicos que pueden originar pérdidas de nutrientes entre un 10 – 15%. Uno de los factores que afectan el valor nutritivo del heno es la acción de las enzimas vegetales, cuyo efecto se realiza sobre los carbohidratos solubles durante el proceso del secado, a través de la respiración aeróbica las bacterias continúan transformando azúcares y carbohidratos a bióxido de carbono y agua (27, 34, 58).

La acción de hongos y bacterias, lo mismo que la lentitud del secado y el mal tiempo, afectan directamente la calidad del heno, presentándose mal olor y un heno de color carmelita o negro, viéndose afectado su valor nutritivo y consumo, entre otros factores que afectan la calidad del heno como el excesivo estado de madurez de la planta y el lavado que pueda ocurrir por la lluvia (58).

**Resultados productivos.** El consumo del heno por el animal está supeditado a las características propias del forraje y depende en gran medida de las concentraciones de fibra o FDN, normalmente a medida que se incrementan los contenidos de fibra disminuye el consumo. Existen diferentes explicaciones para este fenómeno desde restricciones físicas asociadas con la capacidad del tracto intestinal (los alimentos más fibrosos son menos densos y por lo tanto ocupan un mayor volumen), o, con la capacidad física del proceso de rumia para reducir el tamaño de las partículas (alimentos más fibrosos requieren mayores tiempos de rumia para poder evacuar el rumen). Se ha sugerido que en dietas basadas en forrajes, el consumo de la FDN podría ser de 1,4 Kg por cada 100 Kg de peso vivo. En cualquier caso estas cifras sirven como indicativos del consumo potencial de los forrajes y sugieren que a medida que aumenta el FDN de un forraje su consumo de materia seca será menor y por lo tanto el consumo de nutrientes y la producción se ven disminuidas (14, 57)

En un trabajo realizado por Chicco y Godoy (23) para evaluar la utilización de la paja de arroz con amonificación (PC: 11,64, FDN: 73,06, FDA: 53,24) y sin amonificación (PC: 4,78, FDN: 74,98, FDA: 50,44) en la alimentación de bovinos de carne, se experimentó con 42 toretes, mestizos cebú, de 288 kg de peso vivo promedio, los cuales fueron asignados en grupos uniformes de siete animales cada uno, a seis tratamientos, correspondientes a un arreglo factorial 2x3, con dos tipos de forrajes y tres niveles de suplementación (0, 1,5 y 3,0 kg/animal/día). El forraje era paja de arroz henificada utilizada como tamo tratado con una solución de úrea equivalente a 6 kg de la fuente de nitrógeno no proteico por 100 kg del material henificado, la duración del período experimental fue de 84 días, con mediciones de peso, consumo y conversión alimenticia.

El tratamiento con la solución acuosa de úrea determinó una incorporación del 40,89% del nitrógeno al sustrato fibroso. Los cambios de peso para los niveles de suplementación de 0, 1,5 y 3,0 kg/animal/día, con forraje no tratado y tratado fueron de 50,0; 290,0; 620,0 y ; 396,6; 885,0; 1078,3 g/animal/día, respectivamente. El consumo de materia seca (kg/animal/día) fue menor ( $P < 0,05$ ) en los que consumían el forraje no tratado, sin efecto por la adición del suplemento, la eficiencia de utilización del suplemento fue significativamente ( $P < 0,05$ ) mejor en los animales alimentados con la paja amonificada. La amonificación de la paja de arroz aumentó en un 35,6% la degradación del sustrato a nivel ruminal y mejoró el tiempo medio (hora) de permanencia del sustrato en el rumen (5,42 vs 3,48). La suplementación con 1,5 kg en los animales que recibían el sustrato fibroso no tratado disminuyó el tiempo medio en 1,24 horas, mientras que en los tratados la suplementación no lo modificó. La concentración de N-NH<sub>3</sub> en el

rumen fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en la paja de arroz amonificada. La incorporación del concentrado no modificó significativamente la tasa de liberación de  $N-NH_3$  en los animales con el tratamiento de amonificación, pero sí en los que consumían el sustrato no tratado. No se observaron diferencias en la digestibilidad de la materia orgánica, tanto por efecto de la amonificación como de la suplementación. La retención de nitrógeno (%) fue mayor ( $P < 0,05$ ) en los animales no suplementados y alimentados con la paja de arroz amonificada (45,79), en relación al sustrato no tratado (6,33), y los tratamientos con 15 kg de suplemento (37,51 y 38,98), sin diferencias significativas con los que consumían 3 kg de suplemento (45,20 y 43,25), sin y con amonificación respectivamente.

La eficiencia de utilización del suplemento fue significativamente mejor en los animales alimentados con paja amonificada sugiriendo que, bajo esas condiciones, hay una mayor disponibilidad del suplemento a nivel intestinal (Tabla 6) (23). Este trabajo anterior permite evidenciar que la amonificación mejora ostensiblemente la calidad del heno ya que el proceso hace más digestible la fibra y aumenta el contenido de proteína bruta, por lo tanto da una mejor respuesta animal.

**Tabla. 6. Cambio de peso, consumo y eficiencia de conversión de bovinos alimentados con paja de arroz con y sin amonificación y suplementación.**

Parámetros	No Amonificada			Amonificada		
	Concentrado (Kg)			Concentrado (Kg)		
	0	1,5	3,0	0	1,5	3,0
PI (kg)	284,5	284,3	283,3	288,2	291,1	290,6
PF (kg)	287,5	301,7	321,5	312,0	344,2	355,3
CP (g/d)	50,0 <sup>a</sup>	290,0 <sup>b</sup>	620,0 <sup>c</sup>	396,6 <sup>b</sup>	885,0 <sup>d</sup>	1078,3 <sup>c</sup>
C (kg/MS/d)	4,56 <sup>a</sup>	4., 3 <sup>a</sup>	4,18 <sup>a</sup>	6,60 <sup>b</sup>	85 <sup>c</sup>	5,9 <sup>b</sup>
EC*	—	5,17	4,83	—	1,69	2,78

\*EC=KG suplemento /kg Gp <sup>abcde</sup> Letras diferentes difieren entre si ( $1' < 0,05$ )

Fuente: Chicco, C ; Godoy, S.(23).

Finalmente podemos decir que en ganado de carne, la suplementación con heno de gramíneas tropicales, se puede utilizar como una dieta de mantenimiento, a menos que se elaboren henos de excelente calidad, como es el caso de la alfalfa, avena o ray grases.

## El Henolaje

**Definición y bases bioquímicas de la elaboración de henolaje:** el henolaje es un sistema de conservación de forraje húmedo, intermedio entre la henificación y el ensilaje, que consiste en enrollar el forraje con un contenido de humedad próximo al 50% para luego ser envuelto con polietileno o en bolsas autoajustables, impidiendo de esta forma el pasaje de aire hacia el interior, convirtiéndose así en un pequeño silo, en donde se produce una fermentación anaeróbica (2, 5, 46).

El pasto cortado, permanece muy poco tiempo secándose a la intemperie, por lo tanto, la lluvia que es el principal fantasma del heno convencional, tiene una menor incidencia en este sistema de conservación de forraje. Además, durante el período de almacenamiento, las lluvias y la humedad del suelo no dañan al rollo por encontrarse protegido y aislado del medio ambiente. Es bien conocida la pérdida de hojas que se produce en el heno convencional debido a la acción del rastrillo, el recolector de la enrolladora, el compactado y el atado de los rollos. Esto se debe a la fragilidad que presentan las hojas cuando el forraje está seco. La ventaja del henolaje, en este sentido, es que el material a conservar, al contener elevada humedad permite mantener las hojas que son la parte de la planta con mayor valor nutritivo (21, 46).

### Factores que afectan su utilización.

**Factores relacionados con el proceso de elaboración.** Para lograr calidad el pasto debe ser cortado cuando el cultivo presenta una buena cantidad de materia seca con alto valor nutritivo. En lo posible, el corte debe realizarse con una cortahileradora con acondicionador, especialmente en las leguminosas, para igualar el tiempo de secado, reduciendo de esta forma las pérdidas debidas a respiración, que disminuyen el valor nutritivo del forraje por consumo de azúcares. El forraje cortado y acondicionado sufre un inicial marchitamiento natural en el campo. La humedad del pasto cortado, desciende rápidamente hasta alcanzar niveles cercanos al 50%, momento adecuado para confeccionar los rollos. Se debe tratar que el rollo tenga 1,2 m de ancho por 1,2 m de diámetro, que sean de forma bien cilíndrica para lograr un correcto empaquetado y con la mayor compactación posible para eliminar el aire del interior. Otra ventaja de confeccionar rollos pequeños, es la de facilitar el trabajo de las mesas empaquetadoras y la distribución del forraje a los animales, debido a que por el alto contenido de humedad que poseen, éstos si son de gran diámetro pueden llegar a pesar más de 1.000 kg. Las rotoenfardadoras a utilizar deben estar equipadas para trabajar con forraje húmedo evitando de esta forma el atoramiento de las plantas en el interior

de la máquina o que el rollo quede comprimido contra las paredes de la cámara de compactación, dificultando la expulsión (7).

La forma de conservación es una fermentación de tipo láctica, y ésta se estabiliza aproximadamente a los 15-20 días de almacenados. En este tipo de conservación como se trata de un forraje que ha sufrido un marchitamiento, la cantidad de ácido que se debe producir para obtener una buena conservación es menor que para el caso, por ejemplo, el ensilaje de maíz, por lo tanto el pH de estabilización va a ser mayor a 4, generalmente entre 4,4- 4,6 (46).

Este material debe ser mantenido sin disturbios hasta que haya finalizado la fermentación y esté estabilizado (20 días). En el caso de tener que utilizar el material recién embolsado, que es posible que suceda, hay que tener presente que habrá una mayor pérdida de materia seca y calidad por entrada de aire, debido a que el proceso fermentativo no ha finalizado (2).

Para lograr un henolaje de calidad es recomendable realizar el empaquetado inmediatamente después de confeccionado el rollo y de no ser posible esto, hacerlo antes de transcurridas tres horas. Se debe aclarar que el tiempo máximo que debe transcurrir hasta el empaquetado dependerá de la temperatura ambiente, la zona y la época de año. Se considera fundamental utilizar un plástico (el utilizado para el proceso es Stretch, calibre 0,8, generalmente de color blanco) con certificación de calidad, es decir, que haya superado rigurosas pruebas de control de calidad que lo respalden y garanticen, tanto en su protección a los rayos ultravioleta, propiedades autoadhesivas como su capacidad de estiramiento. Estos factores definirán en un futuro inmediato, un buen empaquetado y un largo período de conservación, independientemente del color del polietileno utilizado. En el momento del empaquetado, el plástico debe estirarse como mínimo un 50% lo que permite que la envoltura se adapte mejor a la superficie del rollo, eliminando el aire y permitiendo que las diferentes capas se peguen entre sí, favoreciendo de esta forma el sellado total de la cobertura. Para una buena conservación del henolaje, si éste se confecciona en invierno son necesarias seis capas de film de veinticinco micrones de espesor cada una con una superposición del cincuenta por ciento logrando de esta manera las condiciones propicias para una correcta fermentación anaeróbica, (con aproximadamente 150 micrones de cobertura total). Si en cambio, el henolaje se empaqueta en verano, con cuatro capas estará asegurada la correcta conservación del henolaje (12).

Un ensilaje puede mantenerse aproximadamente durante un año, el henolaje se descompone más fácilmente, comparado con el ensilaje, primero porque la fer-

mentación es menos completa y segundo porque el daño en la cobertura plástica ocasiona la introducción dañina de oxígeno. (13, 46).

El valor alimenticio del henolaje no es mejor que el del forraje original. Si el henolaje está enmohecido y caliente, al abrirse, su valor alimenticio será pobre. El forraje enmohecido reduce la ingesta de alimento, lo cual disminuye la producción. Los forrajes cálidos o calientes tienen una digestibilidad reducida de proteínas que debe ser estimada cuando se equilibran las dietas. Es una buena idea analizar los componentes normales como proteína, fibra y minerales en el henolaje, lo mismo que las proteínas disponibles antes de suministrar el alimento. Pacas muy deterioradas también pueden contener bacterias dañinas (por ejemplo *Listeria*, *clostridium*,) y mohos y no deben suministrarse a los animales (24).

**Tipo de forraje a utilizar.** Si bien puede realizarse henolaje con todo tipo de forraje, es conveniente usar pasturas de calidad como alfalfa, tréboles o gramíneas de alto valor nutritivo como ray grass, debido al costo adicional que representa el empaquetado. Las gramíneas tienen algunas ventajas en la utilización de esta técnica por la alta relación azúcar/proteína lo que favorece la fermentación. En resumen, esta técnica pretende producir forraje conservado de óptima calidad y para ello es fundamental partir de una excelente materia prima (24).

**Resultados productivos.** Romero (30) presentó un trabajo que tuvo como finalidad presentar los resultados de los análisis de calidad de los principales forrajes conservados confeccionados por los productores de la región durante los años 1997/98. Los análisis de los diferentes parámetros de calidad de los forrajes conservados fueron efectuados en el laboratorio de forrajes del Area de Investigación en Producción Animal de la EEA Rafaela. Las principales especies y sistemas de almacenaje analizados fueron: Alfalfa: heno, henolaje y ensilaje picado-embolsado.

Los análisis realizados fueron: porcentaje de materia seca (MS), porcentaje de proteína bruta (PB), porcentaje de fibra detergente neutro (FDN), porcentaje de fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), energía metabolizable (EM) expresada en megacalorías por kilogramo de materia seca y pH como indicador de la calidad fermentativa.

En la tabla 7, se indica la calidad del heno, henolaje y ensilaje picado embolsado de alfalfa. El análisis de los resultados obtenidos pone de relieve la pobre calidad del heno. Los forrajes conservados realizados con alfalfa con mayor contenido de humedad en la planta, presentaron en promedio valores de calidad superiores al

heno, sin diferencias notables entre los sistemas de almacenaje. Cabe destacar la menor variabilidad de la calidad en el henolaje con respecto al ensilaje y especialmente el heno.

**Tabla 7. Calidad del heno, henolaje y ensilaje picado embolsado de alfalfa confeccionados por productores durante 1997/1998.**

Tipo de almacenaje (No de muestras)	Item	% materia seca	% proteína cruda	% FDN	% FDA	% DVMS	EM Mcal/kg/MS	pH
Heno (122)	<b>Promedio</b>	<b>85,1</b>	<b>19,2</b>	<b>54,4</b>	<b>43,8</b>	<b>54,8</b>	<b>1,97</b>	
	Desvío ±	6,6	4,1	12,0	11,9	9,2	0,33	
	Máximo	89,9	25,7	72,7	65,3	68,3	2,46	
	Mínimo	66,1	13,1	35,7	26,5	38,0	1,37	
Henolaje (127)	<b>Promedio</b>	<b>62,7</b>	<b>20,5</b>	<b>46,7</b>	<b>35,9</b>	<b>60,9</b>	<b>2,19</b>	<b>5,5</b>
	Desvío ±	5,5	3,9	7,0	3,8	2,9	0,11	0,5
	Máximo	68,2	22,9	61,3	39,6	66,9	2,41	6,2
	Mínimo	53,8	11,7	40,6	28,3	58,0	2,09	4,8
Ensilaje (143)	<b>Promedio</b>	<b>38,0</b>	<b>18,8</b>	<b>48,6</b>	<b>38,2</b>	<b>59,5</b>	<b>2,14</b>	<b>4,8</b>
	Desvío ±	12,2	3,3	7,4	5,2	5,2	0,19	0,5
	Máximo	68,9	27,2	66,7	50,4	66,5	2,39	7,2
	Mínimo	22,2	9,1	31,1	28,6	49,6	1,79	3,7

Fuente : Romero, L ; Bruno, O.(57).

Desafortunadamente en Colombia existen pocos informes investigativos reportados sobre el uso de los henolajes. Por lo tanto es necesario realizar un número mayor de trabajos y ensayos para obtener resultados confiables con gramíneas y leguminosas tropicales.

## Consideraciones finales

Con base en la revisión que se presenta en este trabajo, se puede concluir que en el éxito de la suplementación hay que tener en cuenta los siguientes factores: Si la disponibilidad de pastos no es un factor limitante, el crecimiento del animal, o la producción de leche, estará determinado por el consumo voluntario de energía y proteína, lo cual a su vez dependerá de la digestibilidad y contenido de proteína del pasto.

- Si la calidad del pasto es baja, la suplementación energética y/o proteica mejorará el consumo total.

- Cuando la calidad del pasto es alta, los animales responderán a la suplementación solo si la disponibilidad del pasto es baja; es decir, si existe una limitación al consumo del pasto. Poca respuesta o ninguna, se obtendrá con presiones de pastoreo que sean bajas.
- A alta presión de pastoreo no solo ocurre una reducción en la disponibilidad del pasto sino que también se reduce la capacidad de selección del mismo por parte del animal. En estas circunstancias, la suplementación permite un uso más eficiente del pasto disponible.
- A muy bajos niveles de suplementación se da un efecto aditivo del suplemento sobre el consumo de pasto. El consumo de pasto no varía o su variación es insignificante indicando que los consumos de ambos alimentos se añaden uno a otro y que el suplemento a esos bajos niveles no interfiere con la degradación ruminal del pasto.
- Un efecto aditivo del suplemento sobre la producción. Es decir, al no afectarse el consumo de pasto y al consumir un nivel dado de un suplemento apropiado, se esperara una mejor nutrición del animal y consecuentemente, una mejor producción, esta actividad significa un mejoramiento como mínimo de un 25% en las tasas de ganancia de peso del animal.
- Un efecto sustitutivo del suplemento sobre el consumo de pasto, sin alteración de la ganancia individual o de la producción de leche. Es decir que, a partir de cierto nivel de suplementación se debe esperar una reducción en el consumo de pasto. Esto es debido a dos razones: una es la reducción en la tasa de digestión del forraje en el rumen, reduciendo así su desaparición o desalojo del rumen y redundando en una disminución del consumo; la otra razón es un simple reemplazo físico de un alimento por otro. Esta situación, desde el punto de vista práctico, probablemente no será deseable en ningún caso pues se supone que cualquier suplemento será más caro que el costo del pasto.
- Un efecto sustitutivo del suplemento sobre el consumo de pasto, con alteración de la ganancia de peso individual, o de la producción de leche, es decir la sustitución de pasto por suplemento puede llegar a tal extremo que el aporte neto de nutrientes al animal presenta desbalances. Por ejemplo, si el suplemento es básicamente energético, el pasto consumido ha decrecido tanto que su aporte proteico no satisface las demandas del animal.

- Con base en lo anterior y teniendo en cuenta que si se consolida la apertura de mercados habrá necesidad de competir y deberá hacerse con eficiencia, se deben aprovechar nuestros recursos regionales que son abundantes, tales como forrajes de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, fuentes de almidones y de azúcares, entre otros, que hasta el momento han sido subutilizados en la alimentación animal. La competitividad solo se va a conseguir en la medida en que haya un incremento real de la eficiencia; se debe producir más a menor costo por unidad de recurso. La eficiencia en la producción animal podrá lograrse en la medida en que se conozcan los puntos débiles de la misma y se planteen alternativas que se adapten a nuestro medio.

## Referencias

1. Abarca P. 1983. Sistemas de almacenamiento de forrajes. En: Suplemento ganadero, ICA, vol. 3, No 2, Bogotá, pp. 42-49.
2. Agricultura de las Américas. 1984. Como preparar ensilaje en fardos cilíndricos, septiembre, pp.8-11.
3. Alltech. 2001. The chelated minerals. En: The bioplex series. Pp. 2- 8.
4. Anazola H.1990. Requerimientos de nutrientes del ganado productor de leche. En: Curso Nacional de ganadería de leche especializada. ICA. Tibaitatá. Pp. 252 – 262.
5. Arguelles G. 1.989. Forrajes en la producción animal. En: Segundo curso sobre avances en nutrición animal, Tibaitatá, ICA. Pp 72-83.
6. Benavides J. 1.994. La investigación en árboles forrajeros. En Benavides, J. E. (ed.) Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE, serie técnica, informe técnico No.236, vol. 2. pp. 495 – 514.
7. Bernal E. 1991. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo, 2ª. Ed Bogotá. Banco ganadero.
8. Birbe B, Chacón E, Taylhardat A, Garmendia J y Mata D. 1994. Aspectos físicos de importancia en la fabricación y utilización de bloques multinutricionales. Folleto del curso sobre bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional. UNELLEZ. Pp. 1-14.
9. Boscán R. 1991. Bloques nutricionales y su influencia en la salud, producción y reproducción del ganado lechero. Boletín agropecuario INDULAC. Mayo 29-30. Santa Barbara, Venezuela.
10. Bosman A. 1990. Producción de ensilajes en 24 horas. Agricultura de las Américas, septiembre – octubre, pp. 22-26,28,40.
11. Botero R. 1995. Seminario alternativas de alimentación en verano para ganaderías tropicales. Magangue, Colombia abril 18- 21. 1995. pp 51- 65
12. Bragachini M, Cattani P y Ramirez E. 1997. Enrollar material de calidad, ya que el sistema no mejora. En: E.E.A. INTA Manfredi. www.producción.com.ar
13. Camacho G. 1986. Alternativas en la cosecha mecánica de forrajes para ensilaje. En: Día de campo, Bogotá. ICA, pp.43 –51.
14. Carulla J y Riveros C. 2001. Evaluación de la calidad nutricional de los forrajes. Publicación Universidad nacional de Colombia.
15. Carulla J. 1998. El uso de la urea sanguínea y/o urea en leche como herramienta para determinar el balance energía-proteína a nivel ruminal. Publicación Universidad Nacional de Colombia.
16. Carrillo R. 2002. Minerales antioxidantes y de la reproducción. Boletín técnico. Compañía California. Bogotá.
17. CEGA. 1998. La ganadería bovina en Colombia. 1996 – 1997. Santa fe de Bogotá. Fedegan.
18. Checa E. 1987. Ensilaje de pastos. En: Temas de orientación agropecuaria. No 101, Bogota, pp, 5-56.
19. CIPAV. 1987. Ajuste de los sistemas pecuarios a los recursos tropicales. Bogotá, Colombia pp. 49-52.
20. Cobos P. 1987. Evaluación nutricional de ensilados a base de estiércol, melaza y rastrojo de maíz en la alimentación de ovinos. Tesis MSc. Colegio de postgrado, Chapingo, México.
21. Conrad J. y Pastrana. 1990. Amonificación, usando urea para mejorar el valor nutritivo de materiales fibrosos. ICA Informa. Colombia. Pp. 5-11.
22. Chicco C y Godoy S. 1992. Aspectos nutricionales en la alimentación de bovinos a pastoreo. Conferencia VII Congreso Venezolano de Zootecnia. UDO; Maturin. pp 1-16
23. Chicco C y Godoy S. 1997. Utilización de la paja de arroz con y sin amonificación en la alimentación de bovinos de carne, Zootecnia Tropical Vol 15 Venezuela pp 30-50.
24. Cruz A y Lobo M. 1997. Henificación. Boletín informativo sobre el uso de subproductos. Ministerio de agricultura y ganadería San José de Costa Rica. pp 48

25. Díaz M. 1984. Comportamiento de vacas Holstein en confinamiento durante la primera fase de Lactancia alimentadas con ensilaje de maíz y suplemento proteico. Tesis MSc. Universidad Nacional. Bogotá. ICA pp25
26. Esperance M. Ojeda F y Cáceres O. 1981. Marco fermentativo, valor nutritivo y producción de leche con hierba Pangola ensilada con ácido fórmico o miel. En: pastos y forrajes, Cuba, 4. pp 237-248.
27. Franco V. 1992. Utilización de ensilajes y henos como métodos de conservación forrajera. En: Curso alternativas no tradicionales para alimentación de rumiantes. San Juan de Pasto, Colombia. ICA. Subgerencia de Transferencia de Tecnología, Regional 5, CRECED Altiplano de Nariño, Centro de investigaciones agropecuarias, Obonuco.
28. Ferrer D. 1977. Apuntes de mecánica de suelos (compactación de suelos). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de ingeniería agrícola. Maracay, Ven. ( Mimeo.). Pp. 81-114.
29. Flórez B y Camacho G. 1987. Equipos y sistemas de la cosecha de maíz para ensilaje. Bogotá. ICA, programa de Maquinaria Agrícola. Centro nacional de Investigaciones Agrícolas, Tibaitatá, pp22
30. Gaggiotti M, Romero y Comerón E. 1998. Calidad de los forrajes conservados en el campo de productores. Campaña 1997/1998 INTA RAFAELA, Argentina, pg 40.
31. Gallo J.. 2002. Los bloques multinutricionales y su impacto en la productividad ganadera. En: Estrategias de alimentación en la ganadería y su impacto en la productividad, grupo CEBU, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, mayo 9-10.
32. Gallego L y Peláez F. 2001. Análisis sobre la competitividad y la sostenibilidad de la ganadería bovina de carne en Colombia. En: Monografía para optar al título de especialista en gerencia Agroambiental con énfasis en proyectos. Universidad de Antioquia Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia.
33. García A. 1979. Conservación de Forrajes, En: Pastos y Forrajes, I.C.A, compendio No 30. pp2-5
34. Gohl B. 1982. Piensos tropicales colección FAO, Producción y Sanidad Animal, No 121. Roma, FAO. pp2-4
35. Aviv G, Basil A, Wahidullah S, Jabbar G y Ghufanulla H. 1991. The importance of urea-molasses blocks and bypass protein in animal production: The situation in Pakistan. In: Isotope and Related Techniques in Animal Production and Health. IAEA. Viena, Austria. Pp. 133-134.
36. Jiménez F. 2000. Resultados de investigación programa pecuario CORPOICA. Regional 4, San Gil. En: Memorias del seminario. Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el trópico bajo. Bogotá Abril 2002.
37. Laredo D. 1987. Minerales en la alimentación del ganado lechero. En: Curso de actualización para asistentes técnicos. ICA. Bogotá. Pp. 207 – 230.
38. Leng R, Preston T, Sansoucy R y Kunju G. 1991. Multinutrient blocks as a strategic supplement for ruminants. World Animal Review. 62 (2): pp 11-19.
39. Lewis J. 1990. Evaluation of intensive vs extensive systems of beef production and the effect of level of beef cow milk production on postweaning performance. J. Anim. Sci. 68:2517.
40. Luengas A. 1989. Bondades de la Suplementación con ensilaje de maíz para épocas críticas en vacas de leche, día de campo. Bogotá. ICA, Fenalce, Banco Ganadero, pp.49-62.
41. Lyonst T. 1992. The role of biotechnology in the feed industry. In: Proceeding of alltech's eighth annual symposium pp. 1 – 22.
42. Mahecha L. 2000. El silvopastoreo: una alternativa para la producción bovina sostenible y competitiva. En: Seminario Nacional: alternativas para la producción bovina y especies no tradicionales. (sep. 2.000: Medellín); Universidad de Antioquia y Universidad Nacional.
43. Mahecha L. 2001. Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería Colombiana. En: Foro ganadero del bajo Cauca. Noviembre 30 del 2001.
44. McDowll L, Conrad J and Hembry F. 1.993. Selenio. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Segunda ed, Departamento de Zootecnia, Universidad de la Florida, Gainesville. (Boletín): pp 37-40
45. Mancilla L. 1.998. Suplementación estratégica de los bovinos a pastoreo, Venezuela Bovina pp 1-8
46. Mrtin G. 1998. Reservas forrajeras más calidad que cantidad. Cartilla de forrajes y cereales. FAZ UNT. www.produccion.com.ar
47. Mata D. y Combellas J. 1992. Influencia of multinutrient blocks on intake and rumen fermentation of dry cours fed basal diets of *Trachypogon* spand *Cynodon plechostachyus* hays. Livestock Research for Rural Development (4): pp 40 -48.
48. Morrison F. 1996. Compendio de Alimentación del Ganado .Mexico :Union tipográfica editorial hispanoamericana. pp 42
49. Olphen Van P, Santini F y Viviani E. 1998. Efecto del momento de corte sobre la producción y calidad del maíz para ensilar. En: Revista Argentina de producción animal, suplemento. N° 18, pp 144.
50. Ortega A, Rubio R y Huertas E. 1.972. Valor alimenticio del ensilaje de sorgo de grano y de maíz en la producción de leche. Revista ICA, Vol. 7, (4): 415, Bogotá, Colombia pp7
51. Owens F, Dubestki P and Handson C. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. J. Anim. Sci. 71:3138-3150.
52. Pehrson B. 1993. El selenio en nutrición. Con referencia especial a la biopotencia de compuestos orgánicos e inorgánicos de selenio. En: Ronda Latinoamericana en biotecnología. ALLTECH. Bogotá pp. 59 – 78.

53. Pond W. 1990. Reduced nature size in progeny of swine severely restricted in protein intake during pregnancy. *Growth Dev. Aging* 54:77.
54. Rearte H. 1997. Sistemas pastoriles intensivos de producción de carne de la region templada. En: Memorias, I Congreso Nacional sobre producción intensiva de carne. Pp11-21 INTA Argentina.
55. Ricca y Combellas J. 1993. Influence of multinutrient blocks on liveweight gain of young bulls grazing sorghum stubble during the dry season. *Livestock Research for Rural Development*. (5):pp 31-38.
56. Rivas L. 1996. Desarrollo de los sistemas de producción bovina en Colombia. En: Memorias seminario internacional sobre estrategias de mejoramiento genético en la producción bovina tropical. Realizado en Medellín del 28 – 30 de Junio. pp1 – 6.
57. Romero L y Bruno O. 1997. El efecto del riego y la fertilización en el cultivo de maíz para ensilaje. Información técnica para productores 1955-1997. Publicación miscelánea N° 82 pp 19 EEA INTA RAFAELA, Argentina
58. Rubio R. 1978. Anotaciones sobre ensilaje Palmira ICA, p 8.
59. Sansoucy R. 1986. Fabricación de bloques de melaza y urea. *Revista mundial de zootecnia*. (57): pp 40-48.
60. Sánchez W, Beede D and Wang C. 1992. Macrominerals. In : Large Dairy herd management. Editor M. Van Hom. pp. 272 –286
61. Tucker. 1988. Influence of dietary cation – anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 71:346
62. Thu N, Dong N, Hon N and Quac V. 1993. Effect of molasses-urea cake on performance of growing and working local buffaloes and cattle. *Livestock Research for Rural Development*. (5): 1.
63. Zapata O. 1992. Conservación de forrajes en la alimentación animal. *ICA informa*. Vol. 26, No 3. pp 15 -23

Jorge Ossa Londoño es médico veterinario de la Univ. de Antioquia (1972), master de la Univ. de Wisconsin - Madison (1975) y doctor en microbiología de la Univ. Estatal de Virginia (1983). Se desempeñó como profesor de ciencias biomédicas desde 1973 hasta 2003, en programas de Medicina Veterinaria, Zootecnia, Medicina y Bacteriología y en su carrera profesoral fue fundador de grupos de investigación, de posgrados y de Corporaciones Académicas. En el área pecuaria sus mayores contribuciones fueron en las enfermedades virales y en la caracterización de ganados criollos. Además, fue el fundador de la Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias en 1977. Al fin de su carrera docente hizo énfasis en la reflexión sobre la cotidianidad de la institución universitaria, especialmente la docencia; y fundó el movimiento de Semilleros de Investigación. Actualmente disfruta de su jubilación y dirige el Fondo Editorial Biogénesis y la Revista Uni-pluri/versidad.

...No conozco un documento de naturaleza similar, a nivel nacional o latinoamericano, donde el trabajo de los estudiantes de un programa de posgrado se cristalice en un libro. Los trabajos consisten en revisiones de temas de interés de cada uno de los estudiantes y estoy seguro de que se convertirán en una referencia bibliográfica útil para estudiantes, profesionales y profesores interesados en estas áreas. La mayoría de los autores tiene una amplia experiencia profesional, lo cual garantiza que los temas incluidos tengan relevancia para la bioquímica, la nutrición y la alimentación de rumiantes, con gran sabor a las condiciones locales de nuestra ganadería colombiana.

La obra cubre una amplia gama de temas de interés general en las áreas mencionadas, que han sido estructurados en cuatro secciones. La primera cubre temas relacionados con los procesos de fermentación ruminal, la segunda trata aspectos específicos de los lípidos en rumiantes, la tercera presenta aspectos relacionados con el efecto de los taninos, y la última trata aspectos de importancia práctica en la alimentación de la vaca. Los capítulos sobre lípidos y grasa sobrepasante son de particular interés debido a la importancia que estos temas han adquirido en la última década, a nivel mundial, y por los avances recientes en este campo.

Juan Carulla, PhD.

ISBN 958337277-3



9 789583 372773