Unidad Integrada Balcarce

NUTRICIÓN ANIMAL APLICADA

Área de Investigación en Producción Animal
Grupo de Nutrición Animal
INTA, EEA Balcarce

Mayo de 2014

Este material ha sido elaborado por el Grupo de Nutrición Animal de la Unidad Integrada Balcarce (EEA Balcarce del INTA y Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP). Forma parte del Curso "Nutrición Animal Aplicada" dictado los días 14, 15 y 16 de mayo de 2014.

Permitida su reproducción citando las fuentes.

Índice

NUTRICIÓN

Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes
Francisco J. SANTINI 4

Efecto del pH sobre la digestión ruminal
Francisco STEFAÑUK 24

Algunas consideraciones acerca del análisis de alimentos para rumiantes
María Susana GUAITA 30

Subproductos de la agroindustria en la alimentación de rumiantes
Alberto Daniel GARCIARENA 37

INVERNADA

Obtención de carnes de calidad en sistemas pastoriles
Enrique PAVAN 42

Factores que afectan el valor nutritivo del grano de sorgo
María Delfina MONTIEL 49

Uso del ensilaje de planta entera en la alimentación de vacunos para carne en pastoreo y feedlot
Gustavo DEPETRIS 64

"Reqnov" y "Reqnov Plus": Programas que integran aspectos nutricionales, de manejo y económicos en la formulación de raciones
Héctor H. FERNÁNDEZ 80

CRÍA y RECRÍA

Nutrición de la vaca de cría: estado corporal
Sebastián MARESCA 96

Índice de conversión alimenticia en la cría vacuna: factores que lo afectan
Mario S. AELLO 105

Alimentación otoño-invernal de vacas de cría con sorgo diferido
Mario S. AELLO 119

Utilización de agropiro y festuca en recría en suelos bajos
Oscar N. DI MARCO 126

Nutrición de la vaca de cría en el Noreste Argentino
Carlos MAGLIETTI 136

MEDIO AMBIENTE

Emisión de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de carne
Patricia RICCI 144

NUTRICIÓN

3

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA NUTRICIÓN DE RUMIANTES

Francisco J. SANTINI
INTA EEA Balcarce - Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)
santini.francisco@inta.gob.ar

Algunos conceptos a tener en cuenta

La alimentación de los animales de carne y leche ha dejado de ser la aplicación de una serie de habilidades artesanales. En la actualidad la misma está basada en principios fisiológicos y nutricionales. Estos principios son los mismos para un sistema pastoril que para un sistema de producción con animales estabulados, consumiendo alimentos concentrados o raciones total o parcialmente mezcladas. La diferencia radica en el plano nutricional que puede ser alcanzado con un sistema u otro, y en el efecto sobre los productos finales de la digestión que se logran en cada uno de estos. Las limitaciones del consumo también tendrán orígenes diferentes: en dietas con alto nivel de energía será fisiológico, mientras en dietas pastoriles y suplementadas con forrajes conservados, la limitación al consumo estará relacionada con el contenido de fibra que, por su baja tasa de digestión, aumenta el tiempo de retención de los alimentos en el rumen, lo que hace que el aporte de energía a nivel ruminal no sea adecuado para complementar pasturas de alta calidad (digestibilidad de 70%, contenido de proteína bruta de 18%). Esto es de fundamental importancia en los sistemas pastoriles de zonas templadas, donde las dietas suelen presentar desbalances energía/proteína y bajos contenidos de materia seca (MS). Es necesario tener en cuenta que existen diferencias importantes en la dinámica de la digestión cuando se comparan distintos alimentos como el ensilaje de grano húmedo, ensilaje de maíz o sorgo de planta entera, ensilajes de otras gramíneas y leguminosas o henos. Estas últimas suelen tener mayores variaciones en su composición química, alto contenido de fibra y fracciones indigestibles más elevadas. Estos componentes, que tienen que ver con la dinámica de digestión, producen diferentes niveles de sustitución del forraje respecto del concentrado. Cuanto mayor sea la calidad de la pastura mayor deberá ser la degradabilidad efectiva del almidón del suplemento a utilizar, con el objetivo de lograr un balance de nutrientes adecuado en el sistema ruminal.Pero también hay otros parámetros a considerar en la elección de la ración, que no tienen que ver con la calidad del alimento, sino con la fibra y su efecto sobre la funcionalidad del animal.

Adaptación a la utilización de fibra y nitrógeno no proteico

Se denomina fibra a la estructura química que le da rigidez a las plantas y es uno de los principales componentes de los tallos de los forrajes. Es un hidrato de carbono compuesto por celulosa y hemicelulosa. La estructura de la pared celular permanece inaccesible para los animales monogástricos (Cuadro 1). Sin embargo, esta estructura es degradada por la población microbiana ruminal, permitiéndole al rumiante obtener energía.

El nitrógeno (N) en el alimento (ración) de los rumiantes proviene principalmente de los aminoácidos que constituyen las proteínas y de fuentes de N no proteico (NNP). Los componentes nitrogenados no proteicos no pueden ser utilizado por los monogástricos, pero si pueden ser utilizados por las bacterias ruminales para la síntesis de proteína. La proporción mayor de aminoácidos disponible para el rumiante se origina en la proteína bacteriana sintetizada en el rumen.

Cuadro 1: *Utilización de fuentes de energía y nitrógeno por monogástricos y rumiantes.*

Componente	Alimentos	Monogástricos	Rumiantes
Azúcares	Melasas	+	+
Almidón	Granos	+	+
Celulosa	Pajas	0	±
NNP (nitrógeno no proteico)	Urea	0	+
Proteína	Poroto de soja	+	+

+: totalmente disponible; ±: parcialmente disponible; 0: no disponible

Los cuatro estómagos del rumiante

Retículo-rumen

El retículo y el rumen son los dos primeros estomago de los rumiantes (Figura 1). El contenido del retículo es permanentemente mezclado con el del rumen, a través de uno serie de movimientos denominados A y B, que cumplen un ciclo completo en aproximadamente un minuto. La frecuencia de estos movimientos depende del tipo de dieta consumida por el animal. Estos estómagos comparten una población compleja de bacterias, protozoos, hongos y levaduras.

El rumen es una gran cuba de fermentación, que en una vaca lechera puede contener de 100 a 120 kg de material en digestión. En trabajos realizados en el INTA de Balcarce se encontraron valores del 17% del peso vivo como contenido ruminal de vacas lecheras en pastoreo. El alimento particulado, especialmente el fibroso, puede permanecer en el rumen de 20 a 48 horas, ya que el proceso de digestión de la fibra puede ser un proceso lento. Sin embargo, las partículas que sufren un proceso digestivo rápido normalmente permanecen menos tiempo en este. Esto indica que hay una correlación positiva entre digestión y pasaje.

El retículo funciona como un cruce de caminos, donde hay partículas que entran y otras que salen, en un proceso selectivo asociado al tamaño y a la densidad de las mismas. Solamente las partículas de tamaño pequeño, menores de1-2 mm y densas, más de 1,2 g/ml, tienen posibilidad de salir del retículo con destino al tercer estómago.

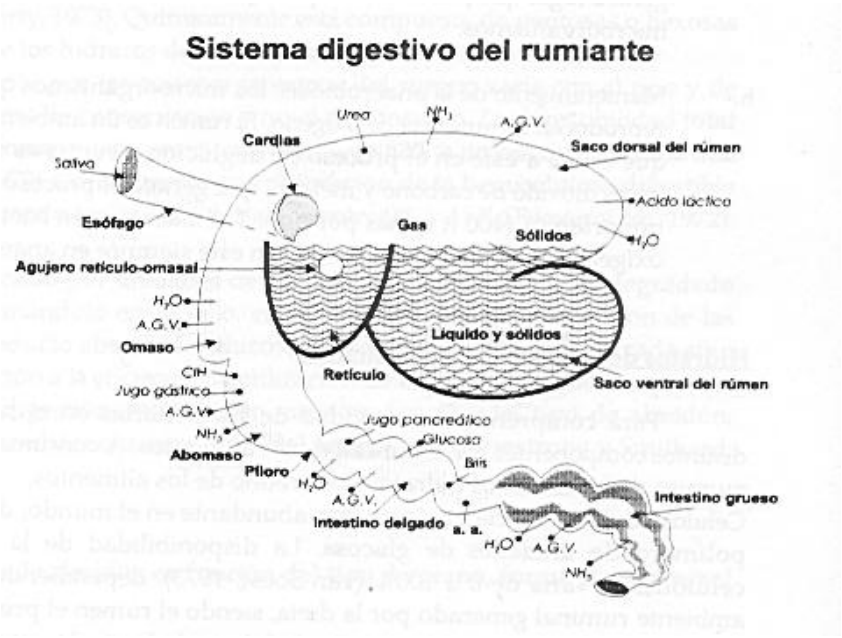


Figura 1: *Esquema del sistema digestivo de los rumiantes.*

Omaso

El omaso es el tercer estómago, tiene forma redonda y una capacidad aproximada en los vacunos de 10 litros. Este es un órgano pequeño que tiene una altísima capacidad de absorción de líquidos, permitiendo el reciclado de agua y minerales, tales como sodio y fósforo. Estos son reciclados al rumen a través de la saliva. Como el proceso de digestión entre el rumen y en el abomaso (estómago verdadero) difiere marcadamente, el omaso actúa como un órgano de transición entre estos dos. El amaso parece ser un órgano no esencial en los rumiantes, ya que está ausente en los camellos, llamas y alpacas, denominados pseudo-rumiantes.

Abomaso

Es el cuarto estómago de los rumiantes, denominado estómago verdadero ya que es similar al de los monogástricos. Secreta ácidos fuertes y varias enzima digestivas. En monogástricos el alimento consumido comienza aquí su proceso activo de digestión. Sin embargo, en los rumiantes, el material que entra al abomaso está compuesto de partículas de alimentos no fermentadas, algunos productos finales de la fermentación microbiana y protoplasma microbiano de origen ruminal.

Población bacteriana ruminal

El rumen provee de un medio adecuado con un aporte generoso de alimentos para el crecimiento y la reproducción bacteriana (Cuadro 2). La ausencia de aire (oxígeno) en el rumen favorece el crecimiento de determinadas especies bacterianas:

si la dieta es rica en fibra, las bacterias favorecidas serán las celulolíticas que degradan la pared celular (celulosa) a moléculas menores (azúcares simples). En cambio, si la dieta es rica en hidratos de carbono no estructurales, como el almidón o azúcares simples (carbohidratos solubles), las bacterias favorecidas en su crecimiento serán las amilolíticas. Los microorganismos fermentan los hidratos de carbono generando como producto final de la digestión los ácidos grasos volátiles (AGV). Estos AGV se absorben a través de las paredes ruminal, aportando hasta el 60% de la energía digestible necesaria para mantenimiento y producción.

Cuadro 2: *Características de algunas especies de bacterias ruminales.*

Especie	Tipo	Gram	Fuente de energía	Productos de fermentación
Bacteroides succinogenes	Fermenta celulosa	-	Celulosa-Glucosa-Almidón	Acetato Succinato
Ruminococcus flavefaciens	Fermenta celulosa	-	Celulosa-Xilanos-Glucosa	Succinato Acetato Fórmico
Bacteroides ruminocola	Fermenta celulosa	-	Glucosa-Xilanos-Almidón	Fórmico Succinato Acetato Isobutirato isovalerato
Methanobacterium ruminatium	Metanogénica	+	Hidrógeno-Fórmico	Metano
Veillonella alcalescens	Lactolítica	-	Láctico	Acetato Propionato
Peptostreptococcus elsdenii	Lactolítica	-	Glucosa-Láctico	Propionato Butirato Valerato
Succinivibrio dextrinosolvens	Almidón y azúcares	+	Glucosa	Fórmico Succinico Acetato
Selenomonas ruminantium	Fermenta almidón y azúcares	-	Glucosa-Almidón-Láctico.	Acetato Propionato
Streptococcus bovis	Fermenta almidón y azúcares	+	Glucosa-Almidón	Láctico

Gran parte de protoplasma microbiano es proteína (60%), siendo los aminoácidos su constituyente base. En su crecimiento las bacterias pueden utilizar

amonio (NH_4), proveniente de la degradación de las proteínas del alimento, en un proceso de hidrólisis y deaminación, realizado por ellas mismas, o proveniente de N no proteico como urea. Podemos decir que las bacterias tienen la capacidad de jerarquizar el NH_4 a aminoácidos y, a través de la unión de estos, a proteína usable por el rumiante. Estas proteínas de origen bacteriano son digeridas en el intestino delgado, constituyendo la principal fuente de aminoácidos para el animal. Aproximadamente el 60-70% de la proteína que arriba al duodeno es de origen microbiano.

Funciones de los distintos componentes del tracto digestivo

Rumia (ruptura de partículas) y producción de saliva

La rumia tiene como objetivo reducir el tamaño de las partículas e incrementar la superficie expuesta para los procesos fermentativos ruminales. En vacas lecheras se genera entre 140 a 180 litros de saliva/día cuando el consumo de fibra efectiva es el adecuado y la vaca rumia entre 6 y 8 horas diarias (Cuadro 3). Si el consumo de concentrado es excesivo y la fibra efectiva es baja, la rumia no es estimulada produciéndose acidosis.

Cuadro 3: *Efecto de la relación forraje-concentrado (F:C) y del tamaño de partículas sobre distintos parámetros.*

Variables	**Relación F:C 33:67**			**Relación F:C 50:50**		
Tamaño partículas (mm)	0,31	0,43	0,51	0,31	0,43	0,51
Consumo total (kg)	24,0	23,8	23,6	24,3	23,6	22,5
Forraje (kg)	8,0	7,9	7,7	12,2	11,8	11,1
FDN (kg)	3,7	3,8	3,8	5,6	5,7	5,6
Tiempo masticación (min)	554	612	659	601	677	720
Acético/Propiónico	2,2	2,6	2,9	3,4	3,6	3,7
Grasa en leche (%)	2,9	3,0	3,1	3,5	3,5	3,6

La saliva contiene cantidades importantes de buffers como bicarbonatos y fosfatos, que neutralizan los ácidos producidos durante el proceso fermentativo, manteniendo un pH adecuado de 6,2-6,4 que favorece la digestión de la fibra y el crecimiento microbiano.

Características del retículo-rumen

La actividad de fermentación es realizada principalmente por bacterias y protozoos de distinto género y especie, al cual se agregan levaduras y hongos. Estos fermentan componentes del alimento dando origen a AGV, NH_4, materia orgánica microbiana, ácido láctico, gas, etc. La cantidad de estos organismos en el rumen depende de varios factores como composición de la dieta, frecuencia de suministro, nivel de consumo etc. En condiciones normales la cantidad de bacterias se encuentra en el orden de $1x10^{10}$ y protozoos $1x10^{6}$ por ml de licor ruminal. En el rumen se retienen partículas largas de los alimentos, en especial de los forrajes, que son la que estimulan la rumia.

Cambios en el tamaño de partículas: A través de la rumia las partículas ingeridas disminuyen su tamaño hasta lograr pasar el orificio retículo-omasal, provocando el vaciado del rumen y el ingreso de nuevo alimento a través del consumo. Por otra parte, esta disminución del tamaño genera una mayor superficie que es colonizada por las bacterias, afectando el proceso de fermentación. La fermentación microbiana, como se comentó, genera como productos finales de la fermentación de los hidratos de carbono (estructurales y no estructurales): AGV, principalmente acético, propiónico y butírico. Además, se produce masa microbiana (protoplasma) compuesta por proteína de alta calidad (alto valor biológico), la gran mayoría de las veces de mayor valor biológico que la proteína consumida. El crecimiento bacteriano se ve favorecido por una concentración de substrato continua. Esto es así siempre que el animal ingiera alimentos en forma frecuente. En animales en pastoreo se da naturalmente dos grandes picos de pastoreo, por lo cual la concentración de substrato varía marcadamente a lo largo del día. Esto determina que la dinámica de digestión y movimientos de partículas en el rumen sea diferente en los animales en pastoreo que en los estabulados y/o alimentados en forma frecuente.

Control de temperatura: En general, la temperatura del contenido ruminal es relativamente constante, variando entre 38 y 40°C en animales alimentados. Esta alta temperatura está asociada a la fermentación activa y a la producción de calor asociado con la ineficiencia del proceso de fermentación. Grandes ingestiones de agua fría en invierno pueden hacer disminuir la temperatura en 5°C por un par de horas, pero no modifican sustancialmente el proceso fermentativo.

Control del pH: El pH del rumen es uno de los factores del ambiente ruminal más variable, siendo afectado por la naturaleza del alimento, forma física del mismo, cantidad ingerida, etc., a través de la producción de saliva (Cuadro 4). En condiciones de pastoreo los cambios de pH ruminal son muy marcados, asociados al momento de la ingestión del forraje.

Provisión de nutrientes endógenos: Por medio de la saliva, las descamaciones epiteliales y el pasaje a través de las paredes ruminales (reciclaje), se aportan nutrientes para el crecimiento bacteriano, tales como urea, fosfatos y otros. Estos son especialmente importantes en situaciones de estrés alimenticio, como es el caso de animales que pastorean durante el invierno forrajes secos de baja calidad (pasto

llorón) y deficiente en varios nutrientes (proteínas, minerales), los cuales son necesarios para un adecuado crecimiento bacteriano.

Cuadro 4: *Efecto del tipo de alimento sobre la producción de saliva.*

Alimento	Producción de saliva	
	ml/g alimento	Litros/12 kg MS
Ración peleteada	0.68	8.1
Forraje fresco	0.94	11.3
Ensilaje	1.13	13.6
Forraje seco	3.25	39.0
Heno	3.63	43.6

Eliminación por pasaje de la fracción no digerida: todo material que no ha sido fermentado en el rumen y que, por ende, no aporta nutrientes a las bacterias ruminales, deja el rumen por pasaje al tracto digestivo posterior, permitiendo que el animal vuelva a consumir. Esto genera espacio en el rumen que puede ser ocupado por alimento fresco, es decir nuevo sustrato para los microorganismos.

Eliminación de los productos finales de la digestión: Los AGV se absorben a través de las paredes ruminales, como acetato, B-OH-butirato y propinando. Esta absorción de los productos finales de la digestión es la gran diferencia entre el rumen y un ensilaje. En el primer caso los AGV, el ácido láctico, el NH_3 son eliminados por absorción o pasaje, mientras que en el ensilaje todos estos productos se acumulan produciendo un detenimiento en la actividad de fermentación, ya que estos productos (AGV) y láctico provocan una reducción del pH afectando a las bacterias fermentativas, pero asegurando la conservación del forraje ensilado.

Los AGV proveen más del 60% de la energía digestible para el mantenimiento y la producción de leche, precursores para la síntesis de ácidos grasos, componentes de los triglicérido de la grasa de la leche y glucosa para la síntesis de lactosa, y de con factores reducidos para la síntesis de ácidos grasos.

También en el rumen se producen y eliminan por eruptación entre 400 y 600 litros/día de gas metano y CO_2.

Omaso y abomaso (digestión ácida)

En el omaso hay absorción de agua, sodio, fósforo y AGV residuales. En el abomaso hay secreción de ácido clorhídrico y de enzimas digestivas, digestión de algunos componentes del alimento no fermentados en el rumen (algunas proteínas y

lípidos) y digestión de la proteína microbiana producidas en el rumen (0,5 a 2,5 kg por día).

Intestino delgado

Hay secreción de enzimas digestivas producidas por el intestino delgado, a las que se agregan las producidas por el hígado y el páncreas. En ese órgano se produce la digestión enzimática de hidratos de carbono (almidón), proteínas y lípidos. Además hay absorción de agua, minerales y productos de la digestión como glucosa, aminoácidos y ácidos grasos.

Intestino grueso

Contiene una población microbiana (con ausencia de protozoarios) que fermenta los materiales que llegan allí, generando AGV que son utilizados como fuente de energía por el rumiante (ídem a los generados en el rumen). La proteína originada en el proceso fermentativo (crecimiento microbiano) no está disponible por imposibilidad de absorción a este nivel y se pierde en heces. También hay absorción de agua y formación de heces (productos indigeridos y componentes endógenos no absorbidos).

Consideraciones acerca de la digestión en rumiantes

- Los rumiantes pueden utilizar una mayor variedad de fuentes de alimentos que los monogástricos.

- Los microorganismos ruminales, en simbiosis con el animal huésped, le permiten a éste convertir el alimento fibroso y de baja calidad (forrajes, rastrojos, subproductos industriales) y el NNP en alimentos de alta calidad, como carne y leche.

- Los alimentos fibrosos son necesarios para el mantenimiento de la salud del rumiante ya que favorece la rumia y la producción de saliva, que es indispensable para un correcto funcionamiento ruminal y una adecuada población microbiana en cantidad y tipo.

- Un rumiante puede consumir forrajes (alimento de baja concentración energética) y concentrados (comúnmente de alta concentración energética). Sin embargo, el agregado de altas cantidades de concentrado a la dieta tiene que realizarse en forma gradual (durante un período de 15 a 21 días), para permitir la adaptación de la población bacteriana a la nueva dieta y la adaptación metabólica del animal.

- Las heces de los rumiantes son ricas en materia orgánica e inorgánica (nitrógeno, fósforo y potasio), siendo un excelente material para ser utilizado como fertilizante o convertirse en un contamínate.

Digestión y metabolismo de hidratos de carbono

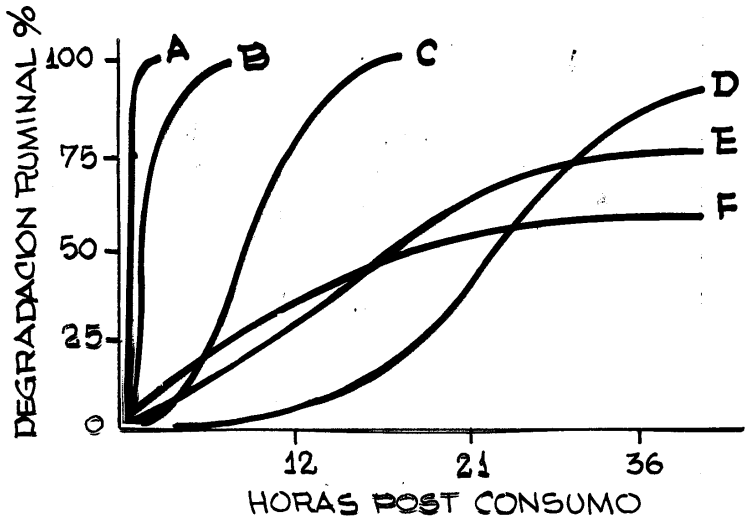
Tipos de hidratos de carbono

Los hidratos de carbono son la principal fuente de energía, siendo además precursores para la síntesis de grasa y lactosa. La fibra es el principal hidrato de carbono disponible para los rumiantes y utilizado por los microorganismos del rumen para la obtención de energía para su crecimiento, generando a través de productos de desecho para estos, energía disponible para el animal en la forma de AGV. La fibra es un alimento voluminoso que, por sus características químicas, tiene un tiempo de retención ruminal elevado, donde la celulosa y la hemicelulosa son fermentados. A medida que la planta madura, el contenido de lignina de la fibra se incrementa y la extensión de la digestión ruminal de la celulosa y hemicelulosa disminuye. Como se comentó previamente, la fibra larga o efectiva proveniente del forraje es necesaria para la estimulación de la rumia y la producción de saliva. La rumia es el principal factor en la disminución del tamaño de partículas ruminales aumentando la tasa de fermentación de la fibra, activando los movimientos ruminales y el flujo de saliva al rumen. Las dietas deficientes en fibra efectiva resultan generalmente en una disminución en la concentración en grasa butirosa de la leche (Cuadro 3), pudiendo generar problemas digestivos como la acidosis, desplazamiento de abomaso, etc.

Otra de las fuentes de hidratos de carbono disponible en la alimentación son los denominados no estructurales, como los solubles y el almidón. Estos son rápidamente, y en muchos casos completamente, fermentados a nivel ruminal. El suministro de hidratos de carbono no estructurales incrementa la densidad energética de la dieta, lo cual en líneas generales mejora el consumo total de energía y es determinante de la producción de proteína bacteriana ruminal (consumo total de MO fermentecible). Sin embargo, los consumos elevados de hidratos de carbono no estructurales disminuyen los tiempos de rumia afectando la digestibilidad de la fibra por una disminución del pH ruminal. Por lo comentando, el balance entre los tipo de carbohidratos suministrados es esencial en la alimentación para una producción eficiente (Figura 2).

Producción de AGV

Durante el proceso fermentativo los microorganismos ruminales generan gases (metano y dióxido de carbono), calor de fermentación, ácidos grasos volátiles y protoplasma microbiano (MO microbiana). Los AGV generados son el acético (2 átomos de carbono), propiónico (3 átomos de carbono) y butírico (4 átomos de carbono). Estos tres ácidos representan, para dietas normales, más del 95% de los ácidos generados. En este proceso fermentativo se producen, en cantidades menores, los denominados iso- ácidos, provenientes en general de la degradación de aminoácidos ramificados (Figura 3). Estos iso-ácidos son estimuladores del crecimiento bacteriano ya que las mismas están imposibilitadas de sintetizar este tipo de cadena carbonada. Existen en el mercado aditivos carbonados con estos iso-ácidos como promotores de la actividad bacteriana.



A: azúcares solubles**; B:** pectina, almidón rápido, celulosa rápida**; C:** almidón lento**; D:** celulosa cristalina**; E:** pared celular de Timoty**; F:** pared celular de alfalfa**.**

Figura 2: *Patrones fermentativos de diferentes carbohidratos en el tiempo.*

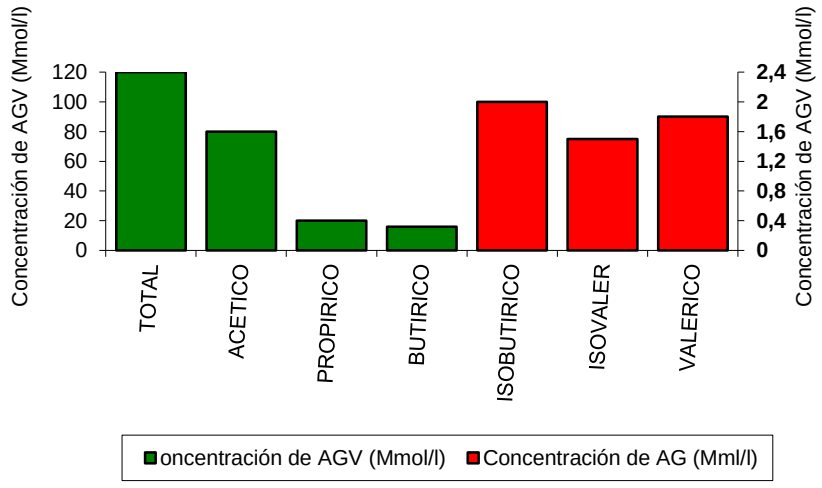


Figura 3: *Concentración de AGV (mmol/l de licor ruminal).*

Los gases producidos son eliminados por eructación, perdiéndose la energía encerrada en el gas metano. El calor de fermentación, proveniente de las ineficiencias del proceso fermentativo, permite el mantenimiento de la temperatura corporal durante el tiempo frío y debe ser disipado, y con gasto de energía, en otras estaciones del año. Los AGV, productos finales del proceso fermentativo, son absorbidos a través de la pared ruminal. La mayor parte del acetato y propionato son transportados al hígado, mientras que casi la totalidad del butírico es convertido en su pasaje por la

pared ruminal a B-hidroxibutirato (cuerpo cetónico). Los cuerpos cetónicos pueden ser usados como energía por la mayoría de los tejidos. En condiciones normales los cuerpos cetónicos provienen del butírico, aunque en lactancia temprana pueden originarse en la movilización del tejido adiposo, originando la enfermedad metabólica denominada cetosis.

Producción de glucosa en el hígado

La mayoría del propinado es convertido a glucosa en el hígado. En adición, el hígado puede usar aminoácidos para la síntesis de glucosa (gluconeogénesis). Este es un proceso esencial ya que la cantidad de glucosa absorbida a nivel intestinal es en general baja y altamente dependiente de la dieta suministrada. El funcionamiento del hígado y el sustrato necesario para el proceso de síntesis es fundamental, ya que una vaca que produce 30 litros de leche requiere aproximadamente 1,5 kg de glucosa para la síntesis de lactosa, más 0,5 kg para abastecer la demanda de otros tejidos. Vacas que consumen cantidades importantes de almidón pasante (sorgos, maíz) obtienen parte de la glucosa necearía de la absorción intestinal, disminuyendo la demanda de síntesis hepática.

El lactato es otro precursor de glucosa hepática. El ácido láctico se encuentra en ensilajes bien conservados y se genera a nivel ruminal en el proceso fermentativo cuando se alimenta a la vaca con un exceso de almidón altamente fermentecible en rumen, siendo un proceso indeseable pues puede llevar a una situación de acidosis.

Síntesis de lactosa y grasa en la glándula mamaria

Durante la lactación la glándula mamaria tiene una alta demanda de glucosa para la síntesis de lactosa. La cantidad de lactosa sintetizada en la ubre está altamente asociada a la cantidad de leche producida por día. La concentración de lactosa en leche es relativamente constante, alrededor de 4,5%, ya que es el principal componente osmótico de la leche. Por esto, la producción de leche está fuertemente influenciada por la cantidad de glucosa que puede lograrse a través del proceso de síntesis (propiónico) más lo disponible por absorción intestinal.

La estructura central de la síntesis de grasa butirosa es el glicerol, proveniente también de la glucosa. Acetato y B-hidroxibutirato son utilizados para la síntesis de ácidos grasos saturados de cadena corta que contienen de 4 a 16 átomos de carbono (50 % del ácido de 16 carbonos es sintetizado en glándula). Aproximadamente el 50% de la grasa de la leche es sintetizada en la glándula mamaria, el otro 50% proviene de los lípidos de la dieta y de la movilización, siendo en su mayoría poliinsaturados o monoinsaturados de cadena larga, de más de 18 átomos de carbono.

La energía requerida para el proceso de síntesis de lactosa y grasa proviene del acetato y glucosa, esta última también provee de los cofactores reducidos para la síntesis de ácidos grasos (ciclo de las pentosas).

Efecto de la dieta en la fermentación ruminal y composición de la leche

El tipo de hidratos de carbono suministrado en la dieta afecta la cantidad (mmol) y la relación de los AGV producidos en el rumen, especialmente la de acético: propiónico. La población microbiana fermenta los carbohidratos en dietas lecheras con altos contenidos de forraje a, aproximadamente, 65% de ácido acético, 20% de propiónico y 15% de butírico. En este caso, la disponibilidad de acético y el balance hormonal del animal, permiten una alta concentración de grasa en leche. Sin embargo, la cantidad de propiónico producido podría limitar la cantidad de leche generada, por una deficiencia de precursores para la síntesis de glucosa, especialmente en lactancia temprana.

Los hidratos de carbonos no estructurales, presentes primariamente en los concentrados, promueven la producción de propiónico, mientras que los estructurales estimulan la producción del acético. Esto está influenciado por la flora que se desarrolla a nivel ruminal: con granos flora amilolítica (degrada el almidón), con forrajes flora celulolítica (promueve la digestión de la celulosa). En adición a lo dicho, la producción total de AGV es mayor en dietas ricas en hidratos de carbono no estructurales ya que el proceso fermentativo es más rápido (tasa de digestión), y más completo (extensión de la digestión).

Cuando se suministra una dieta rica en granos aumenta la concentración de AGV (producción), incrementándose el propiónico por sobre el acético. En esta situación, o cuando se suministran forrajes pero finamente picados (sin fibra efectiva), el porcentaje de acético disminuye por debajo del 40%, mientras que el propiónico puede incrementarse por encima del 30%. Ante esta situación la producción total de leche puede incrementase, dado que hay una disponibilidad mayor de glucosa originada en la síntesis hepática utilizando como sustrato al propiónico, con una posible caída en la concentración de grasa debido a la menor disponibilidad de acetato y menor movilización desde los tejidos de reservas, asociados generalmente a una mayor concentración de insulina. Esto origina un flujo de la energía hacía el tejido adiposo, con una mayor deposición de grasa y ganancia de peso.

Un exceso de suministro de concentrados en la dieta por períodos prolongados puede derivar en vacas gordas, especialmente al parto (estado corporal 4–4,5), llevando a un deterioro en la salud del animal por distocias, desarrollo de hígado graso y cetosis. El caso inverso, es decir el suministro de dietas de baja densidad energética, mucho forraje y de baja calidad, limita el consumo total de energía, la producción de leche y proteína, produciéndose en la vaca una pérdida de estado corporal.

Como resumen, cambios en la proporción de forraje/concentrado en la dieta tiene un profundo efecto en la cantidad y proporción de los AGV que influencian:

- La producción de leche
- El porcentaje de grasa butirosa
- La eficiencia de conversión del alimento en leche
- El valor relativo de la dieta para la producción de leche o ganancia de peso vivo.

Digestión y metabolismo de las proteínas

Las proteínas proveen de los aminoácidos necesarios para el mantenimiento de las funciones esenciales como la reproducción, crecimiento y lactancia. Los monogástricos necesitan consumir los aminoácidos preformados, pero los rumiantes pueden generarlos, por simbiosis con los microorganismos ruminales, de fuentes de NNP, a través de un proceso de síntesis. Cuando una dieta es baja en nitrógeno, cantidades importantes de urea (que es normalmente excretada en la orina) es reciclada al rumen a través de la saliva o de la pared ruminal, siendo utilizada por los microorganismos ruminales para la síntesis de aminoácidos. En los monogástricos la urea es totalmente excretada en la orina.

Transformación de la proteína en el rumen

Las proteínas de la dieta son degradadas, en parte, en el rumen, generándose por hidrólisis aminoácidos y, por deaminación de estos, amonio y cadenas carbonadas (ramificadas y no ramificadas). El NNP consumido, más la urea reciclada a través de la saliva y de la pared ruminal, también contribuye al pool de amonio ruminal. Si la concentración de amonio ruminal es demasiado baja, habrá una deficiencia de nitrógeno para las bacterias ruminales, afectándose su crecimiento y la digestibilidad de la dieta. Si existe una concentración demasiado elevada, se producen pérdidas, toxicidad y, en los casos más extremos, la muerte de animal. Este puede ocurrir cuando se suministran dietas con urea como fuente de N, mal formuladas.

La población microbiana ruminal utiliza N para su crecimiento siendo, además, capaz de utilizar aminoácidos preformados. En muchos casos estos pueden actuar como promotores del crecimiento bacteriano, especialmente los ramificados. La extensión con que el amonio es utilizado por las bacterias para la síntesis de proteína microbiana es fuertemente dependiente de la disponibilidad de energía la cual es generada, fundamentalmente, de la fermentación de hidratos de carbono. Como promedio 20 g de proteína bacteriana es sintetizada por cada 100 g de MO fermentada en rumen. La síntesis de proteína bacteriana puede variar de menos de 400 g/día a más de 1500 g/día, dependiendo del consumo y de la digestibilidad de la dieta. La composición química de las bacterias ruminales es variable, asociado al tipo de dieta y al nivel de consumo del animal huésped. El rango de variación de los componentes es el siguiente: proteína de 38 a 55%, con una media de 47,5%; lípidos de 4 a 25% y una media de 7%; hidratos de carbono de 6 a 23%, con una media de 11,5%.

Como se comentó, parte de la proteína dietaria es degradada en rumen y parte pasa sin degradarse al intestino delgado (proteína no degradable ruminal). La resistencia a la degradación ruminal es dependiente de las características propias de cada proteína, estructura terciaria y enlaces de sulfuro. Hay proteínas de alta degradabilidad ruminal, como las del forraje que en muchos casos supera el 80% de degradación, y de baja degradabilidad como las proteínas de origen animal, que no superan el 30% de degradación (harinas de pescado y plumas). Las proteínas de origen vegetal, específicamente los subproductos industriales, son de mediana a alta

degradabilidad (harinas de girasol, soja, colza, etc.). Existen mecanismos para la protección de proteínas, como la utilización de formaldehído el uso de tanino. Otra forma de protección puede ser física, donde se somete al material a proteger al calor por un tiempo determinado (poroto de soja tostado).

La proteína bacteriana generada a través de este proceso de fermentación fluye al intestino delgado, haciendo un aporte importante de aminoácidos. Sin embargo, parte de las mismas son engolfadas por los protozoarios ruminales, reciclando N dentro del rumen. A nivel de abomaso comienza el proceso de digestión de las proteínas, tanto de origen dietario como de las bacterianas, por efecto de secreciones propias del animal. Del aporte de proteína microbiana el 90 a 95% es bacteriana y el resto es de protozoarios. Estos últimos cumplen su ciclo dentro del rumen y muy poco es lo que logra pasar al tracto digestivo posterior. En situaciones de pastoreo, del 60 al 80% de los aminoácidos absorbidos proviene de la proteína microbiana y el resto de la proteína pasante.

La composición aminoacídica de las bacterias es bastante constante, independientemente de la dieta consumida. Satisface la demanda de aminoácidos que tiene el rumiante, lo que significa que el valor biológico de esta proteína es alta (Cuadro 5).

Cuadro 5: *Comparación entre el perfil de aminoácidos esenciales de los microbios con los de la digesta duodenal con dos tipos de alimento y con los requeridos por un novillo.*

Aminoácidos	Microbios (a)	Digesta duodenal (b)		Requerimientos (c)
		Alfalfa	Granos	
Treonina	10,13	11,04	8,88	9,14
Valina	10,05	11,14	11,56	10,96
Total azufrados (Met+Cis)	7,78	6,72	7,26	8,05
Isoleucina	9,46	11,21	9,94	10,39
Leucina	14,30	17,58	19,99	16,01
Histidina	4,10	3,88	4,51	6,02
Lisina	15,29	13,80	12,10	16,52
Arginina	8,47	8,97	8,46	5,54
Total aromáticos (Fen+Tir)	17,47	19,02	17,32	15,09
Triptófano	2,93	No deter.	No deter.	2,26

a) *Composición típica de una mezcla de microorganismos*
b) *Perfil de AA que llegan al duodeno en animales alimentados con un mínimo del 75% de alfalfa (como heno o ensilaje), o de grano, sin adición de ninguna fuente de proteína verdadera.*
c) *Requerimientos de un novillo de 250 kg para mantenerse y ganar 1 kg/día*

Nitrógeno en heces

Aproximadamente el 80% de la proteína que alcanza el intestino delgado es digerida. Lo no digerido es eliminado en las heces. Otra fuente de N que se pierde en las heces corresponde a las secreciones enzimáticas intestinales y a la descamación de las células intestinales. Otra pérdida de N se debe a las bacterias originadas en intestino grueso, que depende de la cantidad de MO que puede ser fermentada en ese sitio, especialmente almidón no digerido de los granos. Como promedio, por cada kg de MS ingerida, se produce un incremento de 33 g de proteína endógena perdida en las heces.

Metabolismo hepático y reciclaje de urea

Cuando no hay suficiente energía fermentecible, o cuando la concentración proteica de la dieta y/o el consumo es excesivo, no todo el nitrógeno amoniacal(N-NH_3) disponible es utilizado para la síntesis bacteriana. El exceso de amonio es absorbido a través de la pared ruminal y es trasportado por la sangre al hígado. El hígado convierte este N a urea que se libera nuevamente en el torrente sanguíneo. Esta urea puede seguir dos vías: 1) Puede ser reciclado al rumen a través de la saliva o de la pared ruminal, y 2) Puede ser excretado en la orina por los riñones.

La urea que se recicla al rumen es convertida rápidamente a N-NH_3, sirviendo nuevamente como sustrato para la síntesis de proteína microbiana. La urea excretada en la orina es N perdido para el animal. Cuando el rumiante consume una dieta baja en proteína se vuelve sumamente eficiente en el uso del N, no existiendo prácticamente pérdidas en orina, ya que es reciclado al rumen con el objetivo de incrementar la concentración de N-NH_3, afectando positivamente al crecimiento bacteriano y a la tasa de digestión de la MO. De acuerdo a diversos autores, en dietas no deficientes en proteína aproximadamente el 15% del N consumido es reciclado al rumen. En dietas deficientes el reciclado proviene del N endógeno generado por el catabolismo de tejidos (pérdida de peso).

Síntesis de proteína de la leche

Durante la lactancia, la glándula mamaria necesita de cantidades importantes de aminoácidos para la síntesis de la proteína láctea, especialmente la caseína. El metabolismo de los aminoácidos en la glándula es complejo. Puede haber reconversión de un aminoácido en otro o puede ser oxidado para producir energía. La leche contiene aproximadamente 32 g de proteína por kg, existiendo variaciones importantes dentro y entre razas. Aproximadamente el 90% de la proteína en leche es caseína, encontrándose varias formas de esta proteína, que contribuyen al alto valor nutritivo de los productos lácteos (Cuadro 6).

Parte de las proteínas del suero también son sintetizadas en la glándula mamaria, utilizándose con este fin aminoácidos. La enzima alfa-lactoalbúmina es

esencial para la síntesis de lactosa y la beta-lactoglobulina es esencial para la formación de la cuajada en la fabricación del queso. Otras proteínas de la leche como las inmunoglobulinas son importantes durante el período de producción de calostro, ya que trasmiten inmunidad pasiva al ternero recién nacido. Estas proteínas no son sintetizadas en la glándula mamaria, son tomadas directamente de la sangre. Como se comentó, la concentración en el calostro es alta. La leche también contiene N no proteico como urea y otros compuestos, en menor cantidad.

Cuadro 6: *Proteínas de la leche.*

Proteína	Concentración (g/kg)
Caseínas	
α-caseína	14,0
β-caseína	6,2
χ-caseína	3,7
γ-caseína	1,2
Proteína del suero	
Inmunoglobulinas[1]	0,6
α- Lactoalbúmina	0,7
β- Lactoglobulinas	0,3

[1] *Aumentan con la mastitis*

Proteína verdadera y NNP en la ración de vacas lecheras

Las recomendaciones de concentración de proteína bruta (PB) en las dietas de vacas lecheras varían desde un 12% para vacas secas, hasta más de 18% para vacas en la primera fase de la lactancia. Para vacas produciendo 20 a 25 l/día, 16% de PB en la dieta aparece como adecuado, siendo factible proveerla con la mayoría de los forrajes y concentrados. Sin embargo, a medida que la producción de leche se incrementa, la provisión de proteína a nivel duodenal de origen microbiano comienza a ser insuficiente, haciéndose necesario la provisión en la dieta de proteínas pasantes, como las de origen animal (harina de pescado, de plumas, etc., o de origen vegetal pero protegidas).

También es posible la utilización de NNP cuando la dieta base contiene 12% de PB o menos. La fuente de NNP más conocida es la urea. Sin embargo, esta debe ser usada con precaución ya que consumida en exceso o sin acostumbramiento, puede llevar a la muerte por intoxicación. Las dietas donde se recomienda el uso de la urea o el NNP, son las de alta concentración energética, con abundante almidón en su formulación. Estas dietas tienen granos de cereales, melazas, pulpa de remolacha azucarera, ensilaje de maíz, etc. La urea nunca debe ser agregada a dietas con altas concentraciones de proteínas de alta degradabilidad ruminal, como es el caso de dietas pastoriles. En el caso de agregar urea, esta debiera ser limitada a no más de 150 a 200 g/vaca/día, muy bien mezclada con el resto de los integrantes de la dieta, sea esta TMR o PMR, considerando un período de acostumbramiento, para llegar a la dosis máxima establecida, de no menos de 10 días.

Metabolismo de lípidos en la vaca lechera

Tipos de lípidos

Las dietas que comúnmente consumen las vacas lecheras contienen entre 2 y 4% de lípidos. Sin embargo, estos son una parte importante de la misma ya que contribuyen directamente con aproximadamente el 50% de la grasa butirosa de la leche, siendo además el componente con mayor densidad energética de la ración. La concentración de lípidos es relativamente baja en forrajes, variando entre 4 y 9%, siendo alta en otros tipos de alimentos como las semillas de oleaginosas donde puede superar el 20% (semillas de algodón, soja, etc.).La forma en que se presentan los lípidos en los alimentos son las siguientes:

- Triglicéridos: se encuentran principalmente en los granos de los cereales, semillas de oleaginosas y en grasas animales.
- Glicolípidos: se encuentran principalmente en los forrajes (gramíneas y leguminosas). Estos tienen una estructura semejante a los triglicéridos, a excepción que uno de los tres ácidos grasos ha sido reemplazado por un hidrato de carbono (azúcar simple), usualmente galactosa. Cuando uno de los ácidos grasos es reemplazado por un fosfato, unido a otra estructura compleja, este lípido es conocido como fosfolípido. Los fosfolípidos se encuentran en muy baja concentración en los alimentos suministrados a los rumiantes, pero se encuentran en alta concentración en las bacterias ruminales.

Los ácidos grasos más comúnmente encontrados en los forrajes varían entre 14 y 18 átomos de carbono, siendo los saturados mirístico (C14), palmítico (C16) y esteárico (C18), y los insaturados palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3). El punto de fusión determina si el lípido se encuentra en forma líquida o sólida a temperatura ambiente. El punto de fusión está determinado primariamente por el grado de saturación y, en un menor grado, por el número de átomos de carbono, que constituyen su cadena. Los lípidos de los forrajes están típicamente constituidos por un 70 a 80% de ácidos graso insaturados, tendiendo a estar a temperatura ambiente en la forma líquida (aceites). Por otro lado, los lípidos de origen animal contienen de 40 a 50% de ácidos grasos saturados, permaneciendo a temperatura ambiente en estado sólido (grasas). El grado de instauración está relacionado con la digestibilidad de los mismos, y su efecto negativo sobre la población bacteriana.

Hidrólisis e hidrogenación de los lípidos en el rumen

En el rumen la mayoría de los lípidos son hidrolizados. La unión entre el glicerol y el ácido graso se rompen, dando origen al glicerol y a tres ácidos grasos. El glicerol es rápidamente fermentado, generándose un ácido graso volátil (propiónico, 3 átomos de carbono). Algunos de los ácidos grasos son utilizados por las bacterias para sintetizar fosfolípidos, necesario para que los microorganismos puedan sintetizar las membranas celulares.

Otra acción importante de los microorganismos ruminales es la hidrogenación de los ácidos grasos insaturados. Durante este proceso la doble ligadura es reemplazada por dos átomos de hidrogeno. Como ejemplo de esto, el proceso de hidrogenación convierte al ácido oleico en ácido esteárico. Cuando la hidrogenación es incompleta pueden formarse los CLA (ácidos grasos conjugados), que difieren en su configuración espacial. Estos CLA son componentes anticancerígenos que se encuentran en la leche y en la carne. Especialmente se encuentran en altas concentraciones en la leche producida en condiciones de pastoreo. El CLA que se considera con mayor actividad anticancerígena es el 18:2, 9-cis, 11-trans.

Los ácidos grasos libres en rumen actúan como verdaderas barreras, cubriendo la fibra e impidiendo un contacto íntimo entre ésta y las bacterias, lo que disminuye la fermentabilidad de los alimentos fibrosos. Dietas formuladas con más de 8% de lípidos pueden tener un efecto negativo en la producción de leche y en la concentración de grasa butirosa. Los lípidos poliinsaturados tienen un mayor efecto negativo que los lípidos saturados. Sin embargo, los lípidos pueden ser protegidos por diversos medios, como sales de calcio, punto de fusión, etc., con el fin de hacerlos inertes a nivel ruminal para que no interfieran en el proceso fermentativo. La cobertura de las semillas de oleaginosas naturalmente protegen, al menos en parte, los aceites que contienen o lo hacen disponibles en forma más lenta. Esto significa que por pasaje, parte de los mismos pueden alcanzar el intestino sin alteraciones. Los lípidos protegidos, cualquiera sea la vía de protección, son atacados (hidrolizados) en abomaso (medio ácido).

Absorción de lípidos en intestino

Los fosfolípidos de origen microbiano son digeridos en el intestino delgado, contribuyendo al pool de ácidos grasos que son absorbidos a través de la pared intestinal. La secreción biliar (producida por el hígado) y los jugos pancreáticos ricos en enzimas y bicarbonatos, se mezclan con el contenido del intestino delgado. Estas secreciones son importantes para lograr una adecuada absorción de los lípidos, lográndose la formación de micelas cuyos componentes pueden entrar a las células intestinales. Dentro de las células epiteliales del intestino, la mayor proporción de los ácidos grasos está unida al glicerol, formando un triacilglicerol. Los trigliceridos, ácidos grasos libres, colesterol y otras sustancias, son cubiertos con proteínas formando los quilomicrones. Los quilomicrones entran a los vasos linfáticos llegando posteriormente al torrente sanguíneo. En contraposición a la mayoría de los nutrientes absorbidos en el tracto intestinal, los lípidos entran a la circulación general en forma directa, sin pasar por hígado, por lo que pueden ser usados por cualquier tejido.

Utilización de lípidos de la dieta por la glándula mamaria

Aproximadamente el 50% de la grasa de la leche es tomada directamente por la glándula mamaria del torrente sanguíneo. Estos ácidos grasos provienen de los quilomicrones formados durante el proceso de absorción. Un incremento en ácidos

grasos de cadena larga (mayor de 16 átomos de carbono) en la dieta incrementa la secreción de estos en la leche, produciéndose una inhibición parcial de la síntesis de ácidos grasos de cadena corta (menos de 16 átomos de carbono) en la glándula. Es por esto que cuando se genera una caída de grasa en leche por falta de fibra efectiva, el suministro de grasa en la dieta solo revierte esta situación en forma parcial.

El rol del hígado en la movilización de lípidos

Durante períodos de subnutrición o en la primera fase de la lactancia, la demanda de energía para mantenimiento y producción supera el consumo de energía. Para compensar esta deficiencia se moviliza tejido corporal, en gran medida lípidos (85%), con el objetivo de proveer de la energía faltante. Los ácidos grasos provenientes de la hidrolisis de los triglicéridos del adipocito son liberados al torrente sanguíneo. Esta movilización proviene principalmente de la grasa subcutánea, abdominal y perirrenal. Los ácidos grasos movilizados son tomados por el hígado, donde pueden ser usados como fuente de energía o convertidos a cuerpos cetónicos y liberados en sangre y utilizados como energía en otros tejidos. El hígado no tiene una alta capacidad de síntesis y de exportación de grasas, por lo que existe una gran movilización desde los adipocitos (gran pérdida de peso). Cuando un exceso de ácidos grasos se deposita en el hígado como triglicéridos dentro de las células hepáticas, se produce el denominado hígado graso. Esta grasa depositada en el hígado favorece la aparición de enfermedades metabólicas, especialmente en lactancia temprana.

Uso de lípidos en la alimentación de la vaca lechera

Los lípidos se caracterizan por tener una concentración energética mayor que los hidratos de carbono y las proteínas. Como regla tienen 2,25 veces más energía que los hidratos de carbono. Además de su mayor concentración energética, se consideran alimentos fríos ya que durante el proceso de digestión y metabolismo producen menos calor que las proteínas y los hidratos de carbono. La utilización de grasa en la alimentación podría traer una serie de beneficios:

- un incremento en la densidad energética de la dieta, importante durante la primera fase de la lactancia, cuando existe una limitación al consumo.
- se podría disminuir el uso de concentrados ricos en almidón durante la primera fase de la lactancia, responsables de acidosis y de problemas de consumo, cuando la relación grano: forraje es muy alta.
- en zonas de mucho calor se podría disminuir el stress por temperatura.

El consumo y la producción de leche pueden variar fuertemente, asociada al tipo de grasas o aceites utilizados en la formulación de la dieta. El consumo de estas grasas no debe superar 1,5kg/día. El consumo total de lípidos, como porcentaje de la dieta consumida, debe encontrarse entre el 7-8%, dado que consumos mayores pueden provocar efectos negativos. Sin embargo, la bibliografía en general indica que las máximas respuestas productivas se encuentran cuando el consumo de lípidos se encuentra entre 5 y 6% de la MS total consumida. En muchos casos, ante el consumo

de estas grasas, se ha encontrado una disminución en la concentración de proteína y caídas en el consumo total de MS, pero no necesariamente en el consumo de energía.

Términos y su definición

Absorción: pasaje de los productos de la digestión y de otros compuestos simples desde el tracto digestivo al torrente sanguíneo (glucosa, aminoácidos, AGV, etc.).

Buffer: compuestos secretados en la saliva, o añadidos a la dieta, que ayudan en el mantenimiento de la estabilidad ruminal (menor amplitud en la variación del pH).

Digestión: proceso de partición de moléculas o partículas complejas en simples. Puede ser cumplido en diferentes etapas, por la acción de varias enzimas. Una vez absorbidas como moléculas simples son utilizadas por el organismo.

Metabolismo: se refiere a los cambios que sufre un producto final de la digestión absorbido, durante el proceso de utilización por el organismo. Se divide en anabolismo y catabolismo.

Fermentación: la transformación producida en ausencia de oxígeno por la microflora ruminal de hidratos de carbono y otros componentes a AGV, ácido láctico, gases, etc., con generación de MO microbiana y energía.

Nutrición Animal Aplicada

EFECTO DEL pH SOBRE LA DIGESTIÓN RUMINAL

Francisco STEFAÑUK
INTA EEA Balcarce
franciscostefanuk@yahoo.com.ar

El objetivo del presente trabajo es proporcionar ideas teóricas sobre los efectos que causa una menor digestibilidad de la materia seca en el rumen, lo cual se puede expresar en una disminución de la respuesta productiva de los animales.

En los rumiantes, el pH del rumen desciende después de la alimentación por un período de pocas horas, para luego incrementarse por la remoción de los ácidos grasos volátiles (AGV), ya sea por absorción o por pasaje al tracto gastrointestinal posterior, y por los efectos de otros factores como la salivación y rumia. Por ejemplo, en dietas donde más del 45% de la materia seca (MS) de la ración lo constituyen alimentos concentrados (granos), el pH oscila entre 6,6 (antes de la alimentación) y 5,3-5,5 por los procesos de fermentación intensivos posterior a la alimentación. El tiempo que el pH del rumen permanece por debajo de 6 es el principal inconveniente para lograr una óptima digestión ruminal de la MS.

Para Mertens (2010), la ecuación de Van Soest (Goering y Van Soest, 1970) describe la relación matemática de la digestibilidad de la MS (DMS), la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN) y la digestibilidad de su complemento, los solubles en detergente neutro (SDN = 100 - FDN). La ecuación mencionada es:

$$DMS = (FDN \times DFDN) + (0{,}98 \times SDN) - 12{,}9$$

La ecuación se puede reorganizar para demostrar que:

$$DMS = 87{,}1 - (0{,}98 - DFDN) \times FDN$$

Debido a que la DFDN es menor a 0,98, esta ecuación indica una relación negativa entre la DMS y la FDN. También sugiere que si se conoce la concentración de FDN y su digestibilidad, se describe mejor la variación que más afecta la DMS, variable ésta relacionada con la energía del alimento disponible para el animal.

La celulosa es el polímero más abundante en la naturaleza y los rumiantes, para poder degradarla, han establecido simbiosis con numerosos microorganismos ruminales. Dentro de estos, se encuentra las bacterias celulíticas (BC) como *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus*, las cuales generalmente son considerados los microorganismos celulolíticos más predominantes en el rumen (Weimer, 1996). El proceso de digestión activa de celulosa implica la adhesión de los microorganismos a través de una estructura extra celular de glicoproteínas denominada glicocáliz, que protege a las BC de protozoos y de las

enzimas bactericidas, en la superficie de los alimentos para comenzar la digestión por las enzimas celulasas (Weimer, 1996). Las barreras que impiden la adhesión de las BC son las características físicas de la celulosa y las ambientales del rumen (Weimer, 1996; Russell y Wilson, 1996; Mouriño *et al*., 2001). La estructura de la pared celular limita el acceso del contenido celular del alimento a las BC, siendo un paso necesario la hidrólisis enzimática. Dentro de los efectos ambientales del rumen, el más importante es el pH. Las BC no pueden resistir las condiciones temporales de pH bajo para desarrollar un crecimiento poblacional exponencial. El pH menor a 6 limita el crecimiento de las bacterias sobre la celulosa y celobiosa. Además de provocar una disminución de celulasas *per se*, las bacterias celulolíticas no pueden crecer con un pH bajo intracelular, ya que un aumento en el gradiente de pH conduce a toxicidad con aniones (Russell y Wilson, 1996). Resumiendo, para lograr una correcta degradación de la FDN de los alimentos, son necesarios tres pasos: 1) la adhesión de las BC sobre los alimentos, 2) el crecimiento exponencial de las mismas y 3) una hidrólisis enzimática de los alimentos.

Retomando el patrón del pH después de la alimentación, se puede afirmar que el pH disminuye después de la misma. Ahora bien, ¿cuál es la problemática en el descenso del pH? El principal inconveniente es el tiempo que permanece por debajo de 6, debido principalmente a la inhibición del crecimiento exponencial de las BC que limita la digestibilidad ruminal de la FDN.

Numerosos modelos matemáticos han sido empleados para determinar la cinética de la digestión de la FDN en los rumiantes. Uno de los más empleados es el de McDonald (1981), que incorpora a otro modelo, el descripto por Orskov y McDonald (1979) el concepto de “lag time”. Si bien la traducción de “lag time” es tiempo de retraso, una comprensión de su significado es más importante: expresa el tiempo en el que comienza la digestión de la FDN en el rumen por parte de las BC. La mayoría de las publicaciones mencionan distintos tiempos de “lag time” para los alimentos.

A continuación se describe la ecuación para poder relacionar otro efecto que afecta la digestibilidad de la FDN. La ecuación no lineal de la cinética de digestión ruminal de la FDN en el modelo de McDonald (1981) es la siguiente:

$$y = a + b\ (1-e^{-[kd*(t-tr)]})$$

Dónde:

y = digestibilidad (%) en tiempo t; a = fracción soluble (FS, %); b = fracción digestible (FD, %); e = base de logaritmo natural; kd = tasa fraccional de digestión (%/hora); t= tiempo de incubación (horas) y tr =tiempo de retraso (horas).

La digestión efectiva de la FDN (DEFDN) se calcula con la siguiente ecuación, que agrega a la ecuación de McDonald la tasa de pasaje (kp, %/hora) del retículo rumen:

$$DEFDN = a+ (b\ kd/(kd +kp))e^{(-((kd+kp)tr))})$$

La tasa de pasaje determina el tiempo que permanece un alimento en el rumen, lo cual afecta la DEFDN. En los estudios *in vitro* se la puede considerar como la inversa del tiempo de incubación de los alimentos. Por ejemplo, para un tiempo de incubación de 48 horas, la tasa de pasaje (kp) será: (1/48)* 100 = 2,08 %/hora.

En un estudio *in vitro* realizado por Grant y Mertens (1992) donde incubaron distintos alimentos a pH constante de 6,8 y 5,8, se observó que el "lag time" de la FDN de un ensilaje de planta entera de maíz aumentó de 6,9 a 11,9 horas al disminuir el pH, mientras que la tasa de digestión disminuyó de 6,7 a 4,1 %/hora. En estudios *in vivo,* Yang *et al*. (2002) observaron que la disminución del pH ruminal de 6,18 a 5,78 se asoció a un aumento de la tasa de pasaje del retículo rumen de 2,5 a 3,4 %/hora, con una disminución de la digestibilidad de la FDN en el rumen de 40 a 37% y en el total del tracto gastrointestinal de 52 a 42%. Resultados similares a este estudio fueron obtenidos por Zebeli *et al*. (2007), quienes informaron que un incremento en la tasa de pasaje del rumen de 2,7 a 4 %/hora disminuyó la digestibilidad total de la FDN en el tracto gastrointestinal de 55 a 50%. La digestibilidad de la FDN en el total del tracto gastrointestinal, según Zebeli *et al.* (2008), depende del pH ruminal y la tasa de pasaje del contenido del retículo rumen, explicando ambas variables el 62% de la variación.

A través de un ejemplo práctico se muestra la influencia del "lag time" y de la tasa de digestión en la digestibilidad de la FDN:

Ejemplo: se evalúan dos alimentos con la misma cantidad de FDN (47,7%), pero con distintos tiempos de "lag time" y tasas de digestión. Utilizando los valores de "lag time" (6,9 y 11,9 horas) y las tasas de digestión (6,7 y 4,1 %/hora) del trabajo de Grant y Mertens (1992), y manteniendo constante la fracción soluble y digestible, se obtiene dos cinéticas de digestión diferenciales (Figura 1).

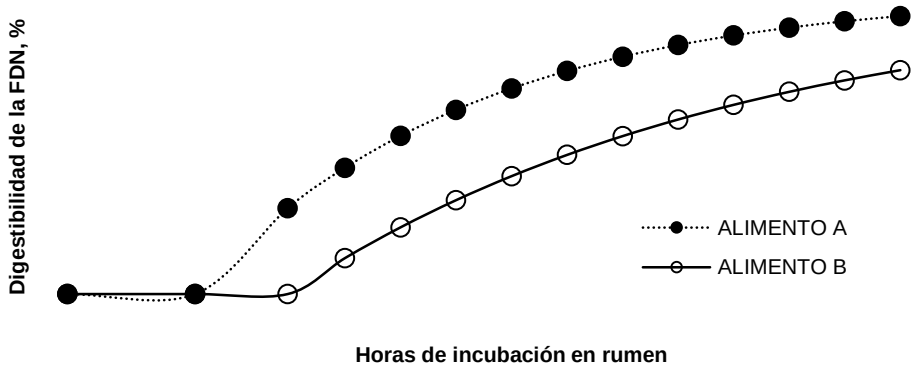


Figura 1. *Digestibilidad de la FDN de dos alimentos (A y B) en distintas horas de incubación en rumen, con igual fracción soluble y fracción digestible, pero con distinto "lag time" y tasa de digestión.*

La Figura 1 permite observar que a las 24 horas de incubación el alimento A, con menor "lag time" y mayor tasa de digestión, presentó más digestión de la FDN que el alimento B, con mayor "lag time" y menor tasa de digestión. Cuando en el análisis se incluyó al modelo la tasa de pasaje en el retículo rumen, se obtuvo la respuesta que muestra la Figura 2.

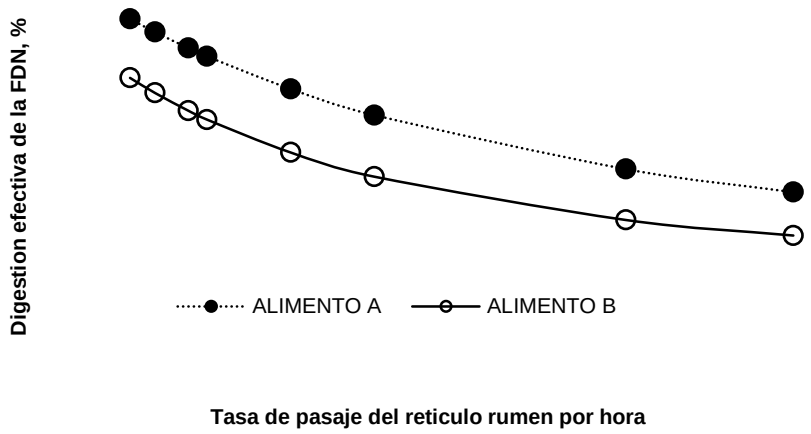


Figura 2: *Digestibilidad efectiva de la FDN de dos alimentos (A y B) a distintas tasas de pasaje en el retículo rumen.*

Se observa que a una tasa de pasaje de 4 %/hora, que equivale a un tiempo de retención en retículo rumen de 24 horas, la digestión efectiva de la FDN del alimento A fue de 31% y la del alimento B de 24%. Si en este ejemplo se aplica la ecuación de Van Soest (Goering y Van Soest, 1970), se obtiene las siguientes digestibilidades de la FDN:

ALIMENTO A: DMS = 87,1 – (0,98 – 0,31) x 47,7 = 55,15%

ALIMENTO B: DMS = 87,1 – (0,98 – 0,24) x 47,7 = 51,57%

Como se observa, la diferencia en la digestibilidad de la FDN entre los dos alimentos es de 3,58 unidades porcentuales. Ahora bien, esto sucede si la tasa de pasaje es la misma para ambos. Los trabajos de Yang *et al*. (2002) y Zebeli *et al*. (2007) han encontrado que el aumentar el tiempo en que el pH permanece por debajo de 6, la tasa de pasaje de los alimentos por retículo rumen aumenta. Si consideramos que la tasa de pasaje del alimento A es de 2%/hora (48 horas de retención) y del alimento B es de 4%/hora (24 horas de retención), la digestibilidad de la FDN para el alimento A es de 35 % y del B de 24 %. Al aplicar la misma ecuación:

ALIMENTO A: DMS = 87,1 – (0,98 – 0,39) x 47,7 = 59,02%

ALIMENTO B: DMS = 87,1 – (0,98 – 0,24) x 47,7 = 51,57%

La diferencia en la digestión entre el alimento A y el B sería de 7,45 unidades porcentuales. Este valor es similar a lo reportado por Zebeli *et al*. (2007) y algo inferior

a lo descripto por Yang *et al*. (2002). Sintetizando, tiempos de más de 4 horas por debajo de pH 6 pueden aumentar el "lag time" y la tasa de pasaje retículo rumen. Si bien, en términos porcentuales la disminución de la digestibilidad es pequeña, el impacto mayor se debería al aumento de la tasa de pasaje de los alimentos por el tracto gastrointestinal.

Consideraciones finales

Este tipo de análisis debe ser considerado en alimentos que posean altas concentraciones de FDN, ya que a menores concentraciones de FDN el impacto en la digestibilidad es menor. El tiempo de "lag time" de los alimentos debe ser considerado ya que establece el momento en el cual empiezan a degradarse los alimentos en el rumen, este es el que más influye en el resultado final.

Bibliografía

GOERING, H.K. and VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook N° 379 ARS-USDA, Washington, DC.

GRANT, R.J. and MERTENS, D R. 1992. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. Journal of Dairy Science. 75:2762–2768.

MCDONALD, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. Journal of Agricultural Science 96: 251-256.

MERTENS, D.R. 2010. NDF and DMI – has anything changed?
[enlinea]<http//www.ansci.cornell.educnconf2010proceedingsCNC2010.18.Mertens.pdf>
[Consulta: 5 setiembre 2011]

MOURIÑO, F., AKKARAWONGSA, R. and WEIMER, P.J. 2001. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminal microorganisms in vitro. Journal of Dairy Science. 84:848–859.

ORSKOV, E.R. and MCDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen form incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science. 92:499-5003.

RUSSELL, J.B. and WILSON, D.B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? Journal of Dairy Science. 79:1503-1509.

WIEMER, P.J. 1996. Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster? Journal of Dairy Science 79:1496-1502.

YANG, W.Z., BEAUCHEMIN, K.A. and RODE, L.M. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion. Journal of Dairy Science.

85:1958–1968.

ZEBELI, Q., TAFAJ, M., WEBER, I, DIJKSTRA, J., STEINGASS, H. and DROCHNER, W. 2007. Effects of varying dietary forage particle size in two concentrate levels on chewing activity, ruminal mat characteristics, and passage in dairy cows. Journal of Dairy Science. 90:1929–1942.

ZEBELI, Q., DIJKSTRA, J., TAFAJ, M., STEINGASS, H., AMETAJ, B.N. and DROCHNER, W. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. Journal of Dairy Science. 91:2046–2066.

ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DEL ANÁLISIS DE ALIMENTOS PARA RUMIANTES

María Susana GUAITA
INTA EEA Balcarce
guaita.maria@inta.gob.ar

Introducción

En el Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de la Calidad de Forrajes del INTA EEA Balcarce, se realizan análisis de alimentos para rumiantes desde hace más de 35 años. Las muestras que se analizan son de procedencia variada: de establecimientos del área de influencia del INTA enviadas por productores y asesores, de ensayos de investigación, de laboratorios zonales y de empresas agroalimentarias, entre otras.

Los análisis químicos y químico-biológicos de forrajes que se realizan rutinariamente son: materia seca, materia orgánica, digestibilidad de la materia seca, digestibilidad de la fibra en detergente neutro, proteína bruta (nitrógeno total), carbohidratos solubles en agua, almidón, fibras en detergentes neutro y ácido, componentes de la pared celular (lignina, celulosa, sílice, hemicelulosa, cenizas insolubles), nitrógeno insoluble en detergente ácido, proteína soluble, proteína verdadera, extracto etéreo y pH, calculándose también la energía metabolizable.

El conocimiento de la composición química de los alimentos es un componente importante, junto con el consumo de materia seca y los requerimientos nutricionales del ganado, de la formulación de raciones para bovinos de carne y leche. Es por ello que en el año 2005 se confeccionaron las Tablas de Composición Química de Alimentos para Rumiantes, con datos originados en el laboratorio, y que condensaron toda la información disponible fundamentalmente de alimentos regionales.

Composición de los alimentos

Los alimentos están compuestos por agua más otros ingredientes que constituyen la materia seca. La materia seca está conformada por componentes orgánicos (materia orgánica) e inorgánicos (minerales).Dentro de la materia orgánica se encuentran los compuestos nitrogenados, los lípidos, los carbohidratos, las vitaminas, otros componentes que incluyen lignina, toxinas, hormonas, sustancias que contribuyen al sabor, el olor, el color. La materia inorgánica comprende elementos esenciales (macro y microelementos), y elementos no esenciales.

Existen diversos métodos analíticos para determinar la composición de los alimentos. Es importante tener un conocimiento de los mismos ya que, según cuál sea

el utilizado, puede tener implicancias en los resultados obtenidos. El profesional asesor debería conocer los alcances y las limitaciones básicos de los mismos. A continuación se describen brevemente los análisis que se realizan en el laboratorio de la EEA Balcarce.

Análisis químicos y químico-biológicos

Materia seca

Es la determinación más común que se realiza en los laboratorios de análisis de alimentos, pero no por ello la menos importante. Por el contrario, es una de las más relevantes ya que es la que permite expresar y comparar la composición de nutrientes de un alimento. Su determinación consiste en secar una muestra en una estufa con circulación de aire, hasta que toda el agua se haya evaporado. Para no alterar la composición química y las determinaciones químico-biológicas, se debe secar a 60º C hasta peso constante, lo que sucede generalmente a las 48 horas.

Para una determinación rápida del porcentaje de materia seca de una muestra, también se puede utilizar el horno a microondas, teniendo la precaución de que la muestra no se queme.

Materia orgánica

El residuo inorgánico que se obtiene después de incinerar completamente el alimento en un horno llamado mufla, a 500-600 ºC, son las cenizas. Restando al contenido de materia seca la cantidad de cenizas, se obtiene la materia orgánica. Valores muy altos de ceniza en un alimento pueden estar indicando contaminación con tierra o algún otro tipo de adulteración.

Proteína bruta

Se la define como el contenido de nitrógeno (N) de una muestra, determinado por Kjeldahl u otro método reconocidamente confiable, multiplicado por un factor que es para la mayoría de los forrajes, pero no para todos, 6,25. Se aplica este factor porque las proteínas tienen, en promedio, 16% de nitrógeno (N). Aunque existen valores específicos para cada proteína, la necesidad de estandarización hace que se utilice 6,25. La proteína bruta incluye todas las formas de N: proteico más no proteico. En el laboratorio de INTA Balcarce se utiliza un analizador automático, que basado en la técnica de Dumas, incinera la muestra y lee el N total de la misma.

Proteína bruta soluble

La solubilidad de la proteína dentro del rumen es uno de los factores que más incide en su degradabilidad. Cuanto mayor es la solubilidad, mayor es la degradabilidad ruminal. Inversamente, la proteína menos soluble puede escapar a la degradabilidad en el rumen y ser digerida en el tracto digestivo posterior. Hay que tener en cuenta que no necesariamente toda la proteína que escapa a la degradación ruminal es mejor que la proteína bacteriana.

Proteína verdadera

Estima el N que forma parte de las proteínas y separa aquél que está como N en otros compuestos. Se coagula la proteína en agua caliente y se estima el N retenido en el forraje.

Fibra en detergente neutro (FDN)

Cuantifica los componentes de la pared celular vegetal: celulosa, hemicelulosa y lignina. La muestra de un alimento es tratada con detergente neutro y éste solubiliza el contenido celular y la pectina. El residuo obtenido representa la pared celular. Debido a que la FDN representa la matriz fibrosa insoluble total, está relacionada con el llenado, el pasaje y el consumo, y por lo tanto su conocimiento es de necesidad en el balance de raciones.

Fibra en detergente ácido (FDA)

La muestra de alimento es tratada con una solución detergente ácido y esto solubiliza la hemicelulosa. El residuo restante representa la celulosa más la lignina y sílice. Por lo tanto, la hemicelulosa se calcula por la diferencia entre la FDN y la FDA. La FDA se correlaciona inversamente con la digestibilidad.

Nitrógeno insoluble en detergente ácido como proporción del nitrógeno total (NIDA)

El NIDA es un estimador de la cantidad de nitrógeno total que ha sufrido daño por calor o como resultado de la reacción de Maillard, en la cual las proteínas forman compuestos con los azúcares. La fracción NIDA es virtualmente indigestible.

Lignina

Es una sustancia compleja, formada por polímeros de ácidos fenólicos. Se une en enlaces cruzados a la celulosa y a la hemicelulosa para conferir rigidez estructural a la pared celular, a medida que las plantas maduran. Es completamente indigestible y

es considerado un componente de anticalidad. Su presencia restringe el acceso de los microorganismos a la celulosa y a la hemicelulosa y por lo tanto reduce la tasa y la extensión de la digestión.

Almidón

Es el carbohidrato de reserva cuantitativamente más importante. Algunas veces se lo clasifica con los carbohidratos solubles, debido a su solubilidad parcial en agua caliente. Su estructura presenta dos tipos de polímeros: la amilosa y la amilopectina. La amilosa conforma entre 10 y 30% del almidón total y la amilopectina entre 70 y 90%. En el laboratorio, se determina almidón por el método de la hidrólisis enzimática y determinación de glucosa.

Carbohidratos solubles en agua

Representan la parte más rápidamente digestible de los carbohidratos no estructurales o de reserva y que son solubles en agua. Comprende monosacáridos, oligosacáridos, solamente la parte soluble del almidón y también un componente de la pared celular: la pectina. Su determinación tiene relevancia en gramíneas de origen templado, ya que acumulan fructanos (polímeros de fructosa) en vez de almidón. Poseen un potencial de fermentación rápida y total en el rumen.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca: digestibilidad por incubación del alimento en licor ruminal

Cuando un rumiante ingiere un alimento, una parte de la materia ingerida pasa a través del tracto digestivo y se elimina en las heces. Las heces, además, contienen bacterias y productos endógenos del metabolismo. La *digestibilidad aparente* de un alimento puede ser considerada el balance entre el alimento menos las heces, pero la *digestibilidad verdadera* es el balance entre el alimento y el residuo del alimento que está en las heces, excluyendo los productos endógenos metabólicos. Existen varias maneras de estimar la digestibilidad de un forraje. La determinación *in vivo* implica manipular animales, requiere mano de obra y se pueden evaluar pocos alimentos.

Los procedimientos *in vitro* simulan la fermentación anaeróbica ruminal, en la que el sustrato es incubado con saliva artificial y fluido ruminal. Uno de los más utilizados para predecir la digestibilidad *in vivo* es el de Tilley y Terry. Involucra 48 horas de incubación con saliva y microorganismos del rumen, seguido de 48 horas de digestión con pepsina, simulando la digestión que sucede en el animal. El residuo está compuesto por pared celular no digerida y restos de bacterias.

Una modificación del procedimiento tradicional consiste en tratar el residuo de las primeras 48 horas de incubación con una solución detergente neutro para que, de esta forma, eliminar la materia de origen metabólico que está en ese residuo. El

residuo obtenido consiste solamente de pared celular no digerida. De esta forma, se puede estimar la digestibilidad verdadera. Si a la digestibilidad verdadera se le resta un valor metabólico se obtiene una estimación de la digestibilidad aparente.

La digestibilidad se puede realizar de una manera rápida y reconocida mediante la utilización de un equipo incubador que simplifica la operatividad. Consiste en una cámara incubadora que permanece a temperatura ruminal y en la cual rotan 4 frascos de vidrio. En cada frasco se colocan hasta 24 bolsitas de porosidad estándar que contienen el alimento seco y molido y se incuban durante 48 horas con saliva artificial y fluido ruminal, en condiciones de anaerobiosis. El residuo de la bolsita obtenido luego de la incubación es procesado, para obtener el residuo fibroso indigestible.

La extensión del tiempo de incubación reportará diferentes digestibilidades. En la bibliografía y en los laboratorios el tiempo de incubación está estandarizado en 48 horas. Sin embargo, numerosos trabajos discuten acerca del tiempo de incubación para determinar la digestibilidad del alimento. La digestibilidad, para un mismo alimento, está estrechamente correlacionada, entre los diferentes horarios y aumenta con tiempos más prolongados de incubación.

Digestibilidad *in vitro* de la fibra en detergente neutro (DIVFDN)

Los forrajes pueden tener similares concentraciones de FDN, pero de diferente digestibilidad. Esto tiene importantes implicancias en el consumo y la producción. Se ha demostrado, en vacas lecheras, que por cada punto de incremento en la digestibilidad de la FDN, hay 0,37 lb de incremento en el consumo de materia seca y 0,55 lb de incremento en la producción de leche.

Nuevamente, para la determinación de la digestibilidad de la FDN se pone en consideración el tiempo de incubación. En la bibliografía se realizan comparaciones de 30 *vs.* 48 horas de incubación, aunque también se utiliza menos tiempo (16 y 24 horas). Una incubación a 30 horas tiene la ventaja de representar mejor la digestibilidad de la FDN a un nivel de consumo de mantenimiento pero la desventaja es que, a menor tiempo de incubación, los valores son menos repetibles. Si bien puede haber varios puntos de diferencia en la DIVFDN, esto no se refleja tal cual en la digestibilidad de la materia seca ya que la digestión de la fibra es solamente una parte de los múltiples factores que influyen en la digestibilidad de la materia seca y, por lo tanto, de la predicción de energía de un alimento. El aspecto práctico de conocer el valor de la digestibilidad de la FDN es que permite identificar forrajes con mayor potencial para incrementar el consumo y la producción de leche, particularmente en el caso de vacas lecheras de alta producción.

Extracto etéreo

Para la obtención de la "grasa bruta" se usan solventes convencionales. Particularmente en el laboratorio se utiliza éter de petróleo, en un equipo extractor de

grasa. El extracto etéreo es un grupo de compuestos lipídicos insolubles en agua y solubles en éter. El éter extrae ácidos grasos, pero también otras sustancias como ceras y aceites esenciales

Predicción de la energía metabolizable

Para la mayoría de los alimentos, la energía metabolizable se calcula a partir de la digestibilidad del alimento ingresado, utilizando valores de 4,4 Mcal/kg de materia seca de energía bruta y 0,82 de conversión a energía metabolizable. Existen diferentes ecuaciones en la bibliografía que se pueden utilizar para predecir el valor energético de los alimentos y que utilizan los resultados de diferentes análisis de laboratorio. La aplicación de las mismas presenta numerosas limitaciones pero desde el PROMEFA (Programa para el Mejoramiento de la Evaluación de Forrajes y Alimentos, CISNA, UBA) han consensuado y seleccionado un grupo de ecuaciones que podrías ser utilizadas para diferentes tipos de alimentos. Algunas de esas ecuaciones son:

Para forrajes con más de 35% de FDN (forrajes con baja concentración energética en general), y para pasturas y verdeos:

Ecuación sumativa de Van Soest (Goering y Van Soest, 1970):

EM (Mcal/kg MS)=
3,6 x (100-%FDN) x 0,98 + %FDN x (1,473-0,789 $\log_{10}$ (%LDA/%FDA x 100))-12,9

--- o ---

Para gramíneas y leguminosas:

Ecuación de Rohweder et al.: EM (Mcal/kg MS) = 3,20 – 0,028 x %FDA

Ecuación de McLeod y Minson (1976): EM (Mcal/kg MS) = 3,6 x (92,3 – 0,91 x %FDA)

--- o ---

Para ensilajes de maíz de planta entera:

Ecuación de Schmidt et al.(1976): EM (Mcal/kg MS)= 3,16- (0,025x %FDA)

--- o ---

Para alimentos energéticos:

Grano de maíz entero, ecuación de Pennsylvania State:
EM (Mcal/kg MS) = 3,32-0,055x %FDA

Concentrados, ecuación de Menke y Steingass (1988)
EM (Mcal/kg MS) = 3,5- 0,035 x %FDA

--- o ---

Las tablas de alimentos

Las tablas de composición de alimentos consisten en presentar, tabulados, los valores de referencia de diversos análisis de alimentos para rumiantes. Cuanto mayor es la descripción del forraje que se informa, más valiosa es la información que aporta. Son una herramienta muy útil, pero de ninguna manera reemplaza al análisis químico-biológico realizado sobre un alimento en particular. La Tabla de Alimentos de la EEA Balcarce posee información de 119 alimentos, con el promedio de los valores obtenidos en cada análisis, la desviación estándar, los valores mínimo y máximo hallados, el número de muestras analizadas y el coeficiente de variación.

Además, existen otras tablas nacionales e internacionales que aportan información de análisis que no son de rutina en los laboratorios, como el de proteína degradable y no degradable en el rumen., vitaminas, minerales y fibra detergente neutro efectiva.

Bibliografía

Guaita, M.S. y Fernández, H.H. 2005. Tablas de composición química de alimentos para rumiantes. Publicaciones Regionales INTA. 60 p.

Jaurena, G. 2007. Modelos propuestos para predecir la concentración energética de los alimentos para rumiantes. PROMEFA. Programa para el Mejoramiento de la Evaluación de Forrajes y Alimentos. CISNA. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 3p.

Oba, M. and Allen, M.S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82:589-596.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant (2nd Ed.), Cornell Univ. Press, 476 p.

SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Alberto Daniel GARCIARENA
INTA EEA Balcarce
garciarena.alberto@inta.gob.ar

En los últimos años se han aumentado los esfuerzos destinados al estudio de las características nutricionales de los subproductos de la agroindustria, ya sea para la producción de carne o leche. El propósito es tratar de disminuir la utilización de granos que podrían ser destinados a consumo humano, teniendo en cuenta que aproximadamente la tercera parte de los cereales producidos en el mundo son consumidos por animales domésticos.

Para un país exportador de granos, como lo es el nuestro, la utilización eficiente de los subproductos de la agroindustria permite aumentar los saldos exportables. Por otra parte, las industrias que procesan los productos agropecuarios deben encontrar un destino final para los subproductos, que cumpla con dos requisitos mínimos. Por un lado, que no sea contaminante del ambiente y, por otro, que los costos de procesamiento y transporte sean cubiertos por el precio de venta de los mismos.

Los subproductos de la agroindustria presentan una amplia gama de calidad. A modo de ejemplo, se puede citar como de muy baja calidad a las cáscaras de semilla de girasol y la cáscara de arroz. En estos subproductos se conjuga una baja disponibilidad energética y un muy bajo contenido de proteínas, por lo que han sido habitualmente utilizados como sustrato para la cama de pollos barrilleros. Como subproductos de mejor calidad se tienen los afrechillos en general, ya sea de trigo, maíz o arroz, que tienen aceptable concentración energética y contenido de proteínas. Otros, como las pulpas de citrus o las harinas de plumas, tienen alta disponibilidad energía o proteínas, respectivamente.

Existe una alta variabilidad en la composición química de los distintos subproductos disponibles en el mercado, y si bien algunos de ellos, como la malta húmeda, son muy regulares en su composición porque los procesos industriales que los generan están altamente controlados, otros pueden presentar una variación importante entre partidas, por lo que resulta imperioso conocer perfectamente los aportes nutricionales al momento de formular las raciones.

Es improbable que un subproducto sea el alimento base de los animales independientemente de la categoría y del sistema de producción de que se trate. En una producción convencional, el alimento base es la pastura y/o verdeo, y en un feedlot o tambo estabulado el alimento base, generalmente, es el silo de maíz y granos de cereales. De esta manera los subproductos son utilizados como sustitutos parciales y/o correctores de las deficiencias del sistema para un objetivo planteado.

La utilización de un subproducto determinado va a depender de:

- La disponibilidad y composición del alimento base.
- La categoría (edad, nivel de producción, etc.) de los animales a racionar.
- El precio y disponibilidad del subproducto.
- Características del alimento, en cuanto a facilidad de almacenamiento y formas de suministro.
- La composición del subproducto a utilizar (concentración energética, proteínas, fibra, etc.).
- La calidad de los componentes (sitio de digestión de la energía, aportes de proteínas by-pass, cantidad de fibra efectiva, etc.).
- La posibilidad de que el subproducto cambie alguna de las características de otro alimento poco apetecible.

En cuanto a disponibilidad y composición del alimento base (forrajeras para los sistemas pastoriles) son variables de fácil cuantificación, las que deben ser relacionadas con la cantidad y categoría de los animales en producción.

Los recursos forrajeros para la producción de carne son muy diversos y, a menudo, presentan déficits nutricionales que es necesario corregir con algún suplemento energético o proteico. Por ejemplo, en otoño las pasturas y verdeos presentan deficiencias energéticas debido a la baja radiación solar y una alta acumulación de proteínas en formas solubles, por lo que el suplemento ideal sería aquel que presente una alta cantidad de carbohidratos fermentecibles en el rumen.

Los vacunos presentan distintos requerimientos nutricionales, dependiendo fundamentalmente del momento del ciclo productivo (vaquillona, vaca, vaca de refugo) y del objetivo de producción planteado. En los esquemas de producción de carne, cría, invernada o feedlot es necesario categorizar a la hacienda dado que, por ejemplo, los requerimientos proteicos de terneros de destete precoz son superiores a los de destete convencional, o bien el nivel de suplementación energética para que un vacuno engorde un kilogramo por día sobre un pastizal natural va a ser muy superior al de un vacuno al cual se le fija una tasa de ganancia diaria de peso de 400 gramos.

Debemos considerar si un subproducto se puede utilizar tal cual se lo obtiene o es ineludible realizar algún tipo de procesamiento. Un caso típico es el de las plumas, si bien estas tienen un alto contenido proteico (80%), son prácticamente indigestibles. Luego de un proceso de temperatura, presión y vapor al que son sometidas, y a la molienda posterior, gran parte de esta proteína está disponible para ser digerida.

Otros subproductos, si bien presentan una alta digestibilidad de la proteína y disponibilidad energética, tienen como limitante el elevado contenido de agua que encarece el transporte y dificulta el almacenamiento y conservación. Dentro de este tipo de alimentos se encuentra la levadura de cerveza, que sale de las fábricas con un contenido aproximado de materia seca del 13%. En este sentido, las empresas que producen este alimento lo secan por spray, obteniendo así un polvo blanquecino de gran utilidad en la cría y recría de terneros Holando. La malta húmeda y la pulpa de citrus presentan contenidos de agua del orden del 70%, motivo por el cual es imperioso almacenarlas en condiciones de anaerobiosis impidiendo fermentaciones no

deseadas. Esta anaerobiosis se consigue con el tapado y sellado hermético del silo en el cual se conserva; de esta forma, el alimento se puede preservar por un año o más.

Algunos alimentos derivados de la agroindustria, como el afrecho de arroz, deben ser conservados en ambientes secos para impedir procesos de enranciamiento. Este subproducto presenta cantidades importantes de lípidos (10 a 20%); estos aceites, en condiciones subóptimas de almacenamiento, son hidrolizados a ácidos grasos libres y posteriormente oxidados (enranciamiento). Estas alteraciones químicas y organolépticas producen rechazos en el consumo de los animales, aun cuando no representen ningún peligro para su salud.

Otro subproducto de amplia difusión en la producción de carne, fundamentalmente en el norte del país, es la semilla de algodón. En este caso, dos consideraciones son muy importantes: en primer lugar, la semilla resultante de la primer zafra suele estar húmeda con el consiguiente peligro de desarrollo de hongos del género Aspergillus (productores de aflatoxinas). Si bien son necesarios niveles altos de contaminación para producir toxicidad (aflatoxicosis), es conocido que la exposición crónica a niveles más bajos afecta la eficiencia productiva. En segundo lugar, al ser un alimento altamente palatable y poseer alto contenido de lípidos, suelen presentarse intoxicaciones por elevados consumos. En este caso debe tenerse en cuenta que no conviene racionar en comederos colectivos con altos niveles de suministro por animal y por día, debido a que hay animales que consumen más que otros y en esos casos el consumo se puede duplicar. Una forma de obviar este inconveniente es suministrar la semilla mezclada con otro alimento de características diferentes, como por ejemplo heno picado o ensilaje.

La melaza de caña resulta un subproducto muy interesante ya que se la puede utilizar como suplemento, saborizante y/o aditivo para los silos de praderas. Algunas categorías, fundamentalmente los animales jóvenes, se manifiestan reacias a consumir rápidamente algunos alimentos; en estos casos bastará con rociarlo con una pequeña cantidad de melaza, mejorando la palatabilidad de la mezcla.

Cuando se establece la necesidad de suplementar, es importante conocer el aporte del alimento base y los requerimientos de los animales. Una vez determinados los aportes a realizar por medio de la suplementación, se debe tener en cuenta que muchos subproductos pueden aportar simultáneamente energía y proteína, tal el caso de la malta húmeda o la semilla de algodón. Otros subproductos, en cambio, son carentes de algún nutriente. Por ejemplo, cuando se suplementa con altas cantidades de afrecho de trigo o arroz se debe considerar que este subproducto es carente de calcio, razón por la cual, en algunas categorías, es necesario adicionar sales de calcio (por ejemplo, conchilla molida).

En el Cuadro 1 se presentan las principales características de los subproductos más difundidos. Claramente se puede visualizar que hay diversos alimentos que varían ampliamente en cuanto a sus contenidos energéticos y proteicos siendo algunos, como la cáscara de arroz, altamente indigestibles y no recomendados para la alimentación de rumiantes.

Cuadro 1: *Subproductos de la agroindustria. Valores de referencia*

Subproducto	Materia seca	Digestibilidad	Proteína	FDN
	(%)			
Cáscara de arroz	87-90	5-8	3-5	85-88
Afrecho de arroz	88-91	65-70	14-18	25-30
Afrecho de trigo	87-90	70-75	15-20	28-35
Afrecho de maíz	87-90	80-84	8-10	8-10
Cáscara de papas	13-15	85-90	16-20	20-25
Pulpa de citrus	17-19	85-90	7-8	20-28
Melaza	70-75	90-94	8-10	5
Semilla de algodón	85-90	*	24-28	40-45
Cama de pollos	78-82	40-45	20-25	60-65
Malta húmeda	26-30	63-68	28-30	60-65
Pellet (harina) de girasol	93-95	58-62	30-36	48-52
Pellet (harina) de soja	92-93	88-92	40-44	32-36
Cebada de clasificación	86-89	80-85	13-15	24-28
Harina de plumas	92-95	54-58	78-80	1

**: La semilla de algodón posee una alta concentración de energía metabolizable, aproximadamente 3,8 Mcal/kg MS.*

Sin lugar a dudas, el listado de subproductos de posible utilización para los rumiantes es muy extenso. Algunos, por sus elevados contenidos de agua, tienen una mayor oportunidad en zonas cercanas a su producción, como las cáscaras de papas, pero hay que tener en cuenta que muchas empresas transportistas cuentan con fletes baratos o “de retorno” que hacen posible disminuir los costos efectivos del flete.

Por último, se puede decir que no hay mejores o peores subproductos, sino que el conjunto de factores enumerados precedentemente hace que algunos se adecuen mejor que otros para un determinado objetivo, y que el conocimiento acabado de las características de un alimento es de fundamental importancia a la hora de formular raciones. En este sentido el INTA Balcarce cuenta con un importante laboratorio al servicio de la producción, donde se realizan análisis de alimentos para rumiantes.

INVERNADA

41

OBTENCIÓN DE CARNES DE CALIDAD EN SISTEMAS PASTORILES

Enrique PAVAN
INTA EEA Balcarce
pavan.enrique@inta.gob.ar

Para que un sistema productivo pueda ser sustentable ecológica y socialmente, debe serlo también económicamente. En general, los sistemas productivos buscan maximizar su rentabilidad incrementando los ingresos a través de un aumento de producción, optimizando los egresos por unidad de producto. Otra alternativa para mantener la competitividad del sistema productivo es la de incrementar sus ingresos a través del agregado de valor al producto que se obtiene.

En la actualidad, gracias al desarrollo de sistemas de trazabilidad, es posible diferenciar *commodities*, como la carne vacuna, y generar *specialties* según su origen, sistema de producción, y/o calidad. Además, los sistemas de trazabilidad permitirían retribuir al productor en base a la calidad del producto que genera o a cuánto pagan los consumidores por sus productos. Dado que existe una población de consumidores dispuestos a pagar un precio mayor si obtiene la calidad que buscan, la diferenciación de las *commodities* en productos de distintas calidades permitirá obtener un mayor valor por cada producto.

La cadena de carne vacuna no escapa a esta realidad, distintos sistemas de producción generan carne con calidades diferentes, por las cuales hay consumidores dispuestos a pagar un sobreprecio si se les garantiza la calidad que buscan. En el presente trabajo se describen brevemente los principales atributos de la carne que definen su calidad y los factores que influyen sobre los mismos, para finalizar mencionando algunos aspectos que deberían ser considerados en sistemas pastoriles de producción de carne vacuna.

Calidad de la carne

Cuando se habla de calidad de carne cada consumidor tendrá su propia definición, pues cada consumidor le otorga distinta importancia relativa a los atributos que definen la calidad. A grandes rasgos estos atributos o características pueden agruparse en: (a) propiedades nutricionales, (b) propiedades nutracéuticas, y (c) características organolépticas. Utilizando estos atributos el consumidor define la calidad de la carne en dos momentos: al decidir la compra y al degustar el corte comprado.

En la definición de la compra el consumidor considera las características organolépticas asociadas con lo visual, olfativo, o ambas, que le permitan predecir aquellas características que definen la calidad al momento de degustar la carne. A su

vez, una proporción creciente de consumidores al momento de definir la compra también consideran, además de las propiedades nutricionales de la carne, el efecto que la misma tiene sobre la salud (cantidad y composición de su grasa).

Color de la carne

El color de la carne es el principal factor utilizado por los consumidores al momento de definir la compra, inclinándose en general por carne que no presente un color oscuro. El color de la carne depende en primera instancia del contenido y estado químico de la mioglobina. El contenido de mioglobina se incrementa con la edad de los animales, pasando de un color rosado en terneros mamones (2 mg/g) a un rojo cereza en animales jóvenes (8 mg/g), o a un rojo más oscuro en animales adultos (18 mg/g). Según su estado químico la carne puede presentar un color rojo (oximioglobina), púrpura (deoximioglobina) o marrón (metamioglobina). A su vez, independientemente del contenido de mioglobina, el color de la carne depende de su valor de pH. Cuanto mayor sea el pH de la carne más oscuro será su color; cortes con pH superiores a seis se denominan cortes oscuros. Dado que el pH de la carne es función del contenido de glucógeno muscular pre-faena (mayor glucógeno, menor pH), para reducir la incidencia de cortes oscuros se debe buscar de maximizar el contenido de glucógeno muscular a la faena.

Aceptabilidad de la carne

La terneza y el sabor son las dos características organolépticas que más influyen sobre la aceptabilidad de la carne durante su degustación. A diferencia de lo que ocurre con la terneza, para la cual hay un acuerdo generalizado entre los consumidores de que una mayor terneza implica mayor calidad, las opiniones respecto al sabor son variadas. En términos generales existen dos sabores “bien” definidos (no todos los consumidores pueden percibir la diferencia) por las características de la dieta que se utilizó durante el engorde de los animales. Dado que hay consumidores que prefieren uno u otro sabor característico, no es posible decir en términos generales que un sabor sea mejor que el otro.

El consumidor en general considera que la aceptabilidad de la carne está directamente asociada con su contenido de grasa intramuscular. Sin embargo, esta creencia popular es solo parcialmente cierta. Si bien la terneza esta positivamente asociada con el contenido de grasa intramuscular cuando se evalúan grandes rangos de engrasamiento, el grado de asociación es bajo. Sólo el 5-10% de la variación en terneza se explica por variaciones en el contenido de grasa intramuscular. La aceptabilidad del bife ancho o angosto no mejora si su contenido de grasa intramuscular es superior al 3%, en tanto que la aceptabilidad de cortes de los cuartos delantero y trasero son totalmente independientes del contenido de grasa intramuscular. En tanto que el sabor no sería afectado por el contenido de grasa intramuscular. A continuación se describirá brevemente los principales determinantes de la terneza y el sabor de la carne.

Terneza

Los principales factores que definen el nivel de terneza son (a) el contenido y solubilidad del colágeno, (b) el largo de los sarcómeros, y (c) la actividad de las enzimas proteolíticas. La importancia relativa de cada uno de estos factores dependerá principalmente del músculo/corte considerado. Por su alto contenido de colágeno, el largo de sarcómero y la actividad de proteolítica pierden importancia en músculos como el peceto. En músculos con menor contenido de colágeno adquieren mayor importancia los otros dos factores. En el lomo la terneza está garantizada pues presenta sarcómeros muy largos (consecuencia de la forma en que se cuelgan las reses durante las primeras 24 horas *posmortem*), en tanto que la terneza del músculo *longissimus* (bife) dependerá tanto del largo del sarcómero como de la actividad protelolítica *postmortem*. Sin embargo, el impacto que cada uno de estos factores tenga sobre la terneza de cada músculo, en especial sobre los de menor contenido de colágeno, dependerá de las condiciones de faena y aquellas previas a la faena.

En general, a medida que el animal envejece aumenta la cantidad de colágeno y disminuye su solubilidad. Sin embargo, dada la mayor importancia relativa del largo de sarcómero y de la proteólisis *posmortem* en ciertos músculos, la carne de animales de mayor edad no necesariamente será menos tierna. Así, al incrementar la edad del animal de 6 a 18 meses no se observó relación entre la terneza de bifes del músculo *longissimus* y su contenido de colágeno. En tanto que en animales de un rango de edad menor (15-18 meses) si se observó un efecto negativo de la madurez sobre la terneza, cuando se evaluaron músculos que se caracterizan por poseer un mayor contenido de colágeno.

En músculos no tensionados, o en aquellos en que la contracción no está limitada, el largo de sarcómero depende de las velocidades relativas de descenso del pH y la temperatura muscular. Si cuando el pH muscular alcanza un valor de 6 la temperatura muscular se encuentra por debajo de los 10 ºC, se produce un acortamiento excesivo de los sarcómeros que se traduce en menor terneza de la carne. En consecuencia, para evitar este efecto negativo sobre la terneza se deberá buscar de reducir la velocidad de enfriamiento de los músculos, incrementar la velocidad de descenso del pH, o ambas cosas a la vez. Espesores de grasa dorsal de 7 mm aportarían suficiente protección a la carcasa para evitar los efectos negativos de un enfriamiento muy rápido; también la velocidad de enfriado disminuirá a mayores pesos de las carcasa. La velocidad de descenso del pH muscular puede aumentarse incrementando el contenido de glucógeno muscular a la faena.

Con todo, el nivel de terneza inicial (posrigor) definido por el acortamiento de los sarcómeros, puede mejorar sustancialmente si se permite la acción de las enzimas proteolíticas (calpaínas). Entre otros factores, la actividad de estas enzimas es influenciada por el largo del sarcómero y por el pH muscular posrigor (pH_u). Se ha observado que la actividad de las enzimas proteolíticas disminuye al acortarse el largo de los sarcómeros y con valores relativamente altos de pH_u (6 y 6,5). En consecuencia, para maximizar la actividad de las enzimas proteolíticas *posmortem* se debe buscar de minimizar el acortamiento de los sarcómeros y, también en este caso, maximizar el contenido de glucógeno muscular a la faena.

Si bien el efecto que distintos ritmos de ganancia de peso tienen sobre la actividad de estas enzimas, y en consecuencia sobre la terneza, no son concluyentes, y algunos resultados indican que la terneza de la carne no sería influenciada directamente por diferencias en ganancia de peso debidas al manejo, si podría ser influenciada por diferencias de ganancia de peso asociada al genotipo animal. Hay otras evidencias que indican que la actividad *posmortem* de las enzimas proteolíticas podría ser influenciada por el patrón de crecimiento de los animales. Se observó una menor actividad de estas enzimas, y una menor terneza en la carne, en animales que realizaron un crecimiento compensatorio luego de un período de restricción, respecto a aquella proveniente de animales no restringidos y con menores ganancias de peso previo a la faena.

Sabor

Como se mencionó anteriormente, el sabor de la carne no depende de la cantidad de grasa intramuscular; el principal determinante del sabor es la composición de la grasa intramuscular. La distinta proporción de sus ácidos grasos es lo que modifica el tipo y cantidad de compuestos volátiles que se generan a partir de su oxidación y reacción con otros compuestos de la carne (proteínas, minerales, etc.). La interacción de estos compuestos volátiles con los compuestos volátiles son los que definen el sabor.

El sabor característico de la carne proveniente de animales terminados en sistemas pastoriles está asociado a productos derivados de la oxidación del ácido linolénico (C18:3 n-3) y de la clorofila, en tanto que el sabor característico de la carne proveniente de animales alimentados a base de maíz estaría asociado con productos derivados de la oxidación de los ácidos linoleico (C18:2 n-6) y oleico (C18:1 n-9). Como se verá más abajo, en ambos casos estos ácidos grasos están asociados con la dieta del animal.

Propiedades nutracéuticas

En el mercado mundial existe una cantidad creciente de consumidores que se preocupan por el efecto que los alimentos tienen sobre su salud. Así, en muchos casos los beneficios que aporta el consumo de carne vacuna por su alto valor nutricional son enmascarados por su relativamente alto contenido de ácidos grasos saturados (AGS), potencialmente hipercolesterolémicos. Sin embargo, en la actualidad se sabe que no todas las grasas saturadas tiene este efecto negativo y que su proporción en la carne puede ser modificada con la alimentación del animal, la genética y el manejo. Por otra parte, en países como la Argentina donde el consumo *per cápita* de carnes vacuna es alto y el de pescado bajo, la carne vacuna realiza un importante aporte a la dieta de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3. Dados los efectos benéficos que estos ácidos grasos tienen para la salud, la Organización Mundial de la Salud recomienda incrementar su consumo y mantener la relación de AGPI dietarios n-6: n-3 por debajo de 4.

La carne de proveniente de sistemas pastoriles se caracteriza por ser más magra, contener menor proporción de ácidos hipercolesterolémicos (ácido palmítico), mayor proporción de AGPI n-3 y menor relación de AGPI n-6: n-3 que la de animales

provenientes de sistemas de engorde a corral. Esta diferencia se da básicamente por la distinta concentración energética de las dietas y la distinta composición de ácidos grasos de sus componentes. A diferencia de los cereales y oleaginosas, en los que el principal ácido graso es el linoleico (C18:2 n-6), el principal ácido graso en las pasturas es el linolénico (C18:3 n-3). Si bien estos ácidos grasos en el rumen son convertidos a ácido esteárico (C18:0), la porción que escapa del rumen sin ser alterado es suficiente para modificar la composición de la grasa de la carne.

Conceptos básicos para obtener carne de calidad en sistemas pastoriles

La composición de ácidos grasos de la carne vacuna producida en condiciones pastoriles le otorga a esta un valor agregado; sin embargo, no muchos consumidores están dispuestos a pagar un precio diferencial por este producto si sus características organolépticas no los satisfacen. Por lo tanto, a través de las distintas tecnologías que se aplican en el sistema de producción, se debe buscar de garantizarle al consumidor tanto las características nutracéuticas como las organolépticas.

Si bien el sabor de la carne proveniente de sistemas pastoriles se podría modificar, esto alteraría su característico perfil de ácidos grasos. El sabor de la carne de sistemas pastoriles es una característica propia y distintiva de este tipo de carne que debe conservarse. En cambio, dado que tanto el color y la terneza son independientes de otros atributos característicos de la carne de sistemas pastoriles y presentan un patrón bien definido de preferencia por parte de los consumidores, se debe trabajar para poder garantizarle al consumidor la calidad deseada sobre estas dos características. Con el objetivo de contribuir a un mejor nivel de terneza se deberá contar con nutrientes en cantidad y calidad durante todo el período de engorde para alcanzar el peso de faena con un adecuado nivel de engrasamiento en el menor tiempo posible (15-18 meses de edad), evitando períodos de restricción y de aumento compensatorio. El nivel de engrasamiento adecuado estaría definido por un nivel mínimo de grasa intramuscular de 3% y un espesor de grasa dorsal de 7 mm. Este espesor de grasa dorsal brindaría la aislación necesaria para evitar un excesivo acortamiento por frío.

Para promover una mayor acción *posmortem* de las enzimas proteolíticas y un adecuado color de la carne, se debe enviar a faena animales con la mayor concentración de glucógeno muscular posible. En general, por la diferente concentración energética de las dietas utilizadas, la concentración de glucógeno muscular es menor en animales provenientes de sistemas pastoriles que en aquellos provenientes de sistemas de engorde a corral. Por esto la incidencia de cortes oscuros (pH muscular > 6,0) es mayor en carcasas provenientes de sistemas pastoriles. A su vez, por la estacionalidad en la oferta de pasturas tanto en cantidad y calidad, en sistemas pastoriles existe una mayor variación estacional de la concentración de glucógeno muscular que en sistemas de engorde a corral. Es así que en sistemas pastoriles se deberá buscar de incrementar el contenido de glucógeno muscular y reducir su estacionalidad para poder garantizar un determinado nivel de calidad de la carne a lo largo de todo el año. Para lograr esto se deberá contar con alternativas para poder ofrecer dietas en cantidad y calidad en las distintas estaciones del año.

Los nutrientes necesarios para garantizar un adecuado nivel de terneza y color de la carne proveniente de sistemas pastoriles a lo largo de todo el año pueden ser aportados con adecuadas estrategias de suplementación. Sin embargo, el desafío es hacerlo sin alterar o mejorando las características propias de la carne proveniente de estos sistemas de producción. Es así que para minimizar el uso de suplementos se hace imprescindible aportar la mayor cantidad de estos nutrientes a través de las pasturas.

Para maximizar el contenido de AGPI n-3 en la carne proveniente de sistemas pastoriles, y contrarrestar posibles efectos negativos de los suplementos sobre la relación de AGPI n-6: n-3, se debe incrementar el consumo de AGPI n-3 de la pastura y la proporción de los mismos que escapa a la biohidrogenación ruminal. En este sentido se deberá considerar que:

- El ácido linolénico (C18:3 n-3) se encuentra principalmente formando parte de las membranas de los cloroplastos y la concentración de cloroplastos es función de la actividad fotosintética de las hojas. De este modo, tecnologías que incrementen la actividad fotosintética de la canopia incrementarían su contenido de ácido linolénico.
- la composición de ácidos grasos de las membranas celulares varía con la estación del año. La proporción de ácido linolénico disminuye en estaciones cálidas.
- la concentración de ácido linolénico es mayor en pasturas de climas templados que en aquellas adaptadas a climas subtropicales.
- la conservación de pasturas como heno o ensilaje disminuye su contenido de AGPI, principalmente como consecuencia de su gran susceptibilidad a la oxidación. Si bien las pérdidas serían menores en un ensilaje que en un heno, las pérdidas en el ensilaje pueden continuar durante su suministro.
- para incrementar el aporte de AGPI n-3 por parte de las pasturas se debe minimizar su tiempo de permanencia en el rumen con el fin de reducir la biohidrogenación ruminal. Forrajes de alta calidad (bajo contenido de FDN y/o FDN de alta degradabilidad ruminal) permitirán que una mayor cantidad de AGPI n-3 llegue al intestino y esté disponible para su absorción, tanto por un mayor consumo y escape a la biohidrogenación ruminal.

Finalmente, dado que la competitividad del sistema de producción dependerá tanto del valor del producto que se obtenga como del costo con el que se obtiene, las tecnologías que apunten a generar un producto con valor agregado deberán ser consideradas conjuntamente con aquellas que dirigidas a optimizar el nivel de producción general del sistema. Esto es tecnologías de pasturas que permitan:

(a) incrementar el aporte de nutrientes de las pasturas por unidad de superficie.
   - *Mayor volumen o cantidad de forraje, no necesariamente implica mayor cantidad de nutrientes*.

(b) optimizar la conversión de estos nutrientes en carne.
   - *Fertilizaciones estratégicas (producir nutrientes cuando hacen falta)*
   - *Cadenas forrajeras (producir nutrientes cuando hacen falta)*

- *Reservas de forraje (reducir pérdida de nutrientes, favorecer la producción futura)*
- *Suplementación estratégica (complementación de nutrientes)*

Comentarios finales

La carne proveniente de sistemas pastoriles, por las características que le confieren las pasturas, tiene propiedades organolépticas y nutracéuticas propias que la hacen un producto diferente, por el cual hay consumidores dispuestos a pagar un precio adicional. Sin embargo, esto requiere dejar de producir un *commodity* (novillos/novillitos gordos, carne) para empezar a producir un producto diferenciado con valor agregado en origen. Para que este producto sea competitivo en el mercado las tecnologías, no sólo las de pasturas, deben estar orientadas a poder garantizar la calidad del producto al menor costo de producción posible durante todo el año.

FACTORES QUE AFECTAN EL VALOR NUTRITIVO DEL GRANO DE SORGO

María Delfina MONTIEL
INTA EEA Balcarce
montiel.maria@inta.gob.ar

Introducción

Los granos de sorgo y maíz son de gran importancia para uso forrajero en el país. Si bien el grano de maíz posee un mayor contenido energético que el de sorgo (Rooney y Pflugfelder, 1986), el cultivo de sorgo posee importantes ventajas agronómicas en cuanto a su rusticidad y plasticidad que lo hace adaptable a diferentes zonas y, por ende, constituye la única alternativa presente en varias regiones del país.

Los genotipos de sorgo varían en los contenidos de almidón, tipos de proteínas, contenido de taninos, estructura del endosperma, y en la digestibilidad *in vitro* del grano, lo cual se traduce en diferencias en las ganancias de peso (Streeter et al., 1990a). Los granos de sorgo poseen una alta variación en la concentración de taninos en su testa, lo que les confieren, bajo determinadas condiciones, resistencia al consumo por los pájaros. Sin embargo, los sorgos con alto contenido de taninos tienen una tasa de digestión más lenta que aquellos que no poseen esta característica (Hungtington, 1997). De acuerdo a la estructura del endosperma, los granos de sorgo pueden clasificarse en vítreos y harinosos. El endosperma vítreo posee una matriz proteica más compleja y continua que le otorga mayor dureza respecto al endosperma harinoso (Rooney y Pflugfelder, 1986). Por lo tanto, la estructura del endosperma y la presencia de taninos determinan aspectos físicos y químicos del grano que podrían afectar la digestión del mismo. A través del procesamiento o la elección del híbrido se conseguiría modificar estos factores para mejorar su aprovechamiento por parte del animal.

Constitución y composición de los granos de sorgo

Los granos de cereales, tales como el sorgo y el maíz, son considerados granos desnudos puesto que pierden las envolturas durante la cosecha. Estos granos están constituidos por tres componentes: una capa protectora que los recubre o pericarpio, el embrión o germen y el tejido de almacenamiento o endosperma. De los tres componentes, la mayor proporción del peso del grano la constituye el endosperma, el cual puede variar entre un 80 a 85%, mientras que el germen oscila entre 7 y 12% y el pericarpio no supera el 8%.

El endosperma está conformado por áreas bien diferenciadas: una córnea o vítrea y otra harinosa, las que a su vez están rodeadas por una zona periférica o sub-aleurona denominada endosperma periférico. La proporción en la que se encuentran cada una de dichas áreas varía según el híbrido que se considere y repercute sobre su digestión, ya que cuanto más harinoso es el grano más digestible resulta el mismo.

Los endospermas, tanto vítreos como harinosos, están compuestos por gránulos de almidón, la matriz proteica y los cuerpos proteicos. La proporción de cada uno de ellos, como así también su tamaño, depende del lugar en donde se ubiquen (porción vítrea como harinosa). La naturaleza y la composición química de la matriz proteica tienen un profundo efecto sobre las características físicas del endosperma y la exposición de los gránulos de almidón a la digestión enzimática. Por ejemplo, en el endosperma vítreo la matriz proteica es continua y deja poco expuesto los gránulos de almidón al ataque bacteriano, razón por la cual resulta menos digestible que el harinoso.

Los granos de sorgo generalmente tienen una mayor proporción de endosperma periférico que el maíz. La zona del endosperma periférico es extremadamente dura, densa y resistente a la entrada del agua. Dicha área está compuesta de varias capas de células que contienen mayor cantidad de cuerpos proteicos y gránulos de almidón más pequeños que los del endosperma córneo propiamente dicho. Como consecuencia de la alta concentración de cuerpos proteicos en el área periférica, el almidón prácticamente no está disponible para la degradación enzimática (Sullins y Rooney, 1975). La alteración de esta zona es la que generaría la respuesta al procesamiento y el consecuente aumento en la digestión de los nutrientes. Si bien el grano de maíz también presenta endosperma periférico, el hecho de estar más desarrollado en el sorgo determinaría la menor digestión promedio de éste respecto del grano de maíz (Rooney y Pfulgfelder, 1986).

Efecto del genotipo sobre el aprovechamiento del grano de sorgo

El grano de sorgo ha sido tradicionalmente considerado de menor calidad respecto al de maíz (Herrera-Saldana et al., 1990) debido a su composición química altamente variable, a la presencia del endosperma periférico más desarrollado, así como también a la existencia de factores de anticalidad como los taninos. La variabilidad en su composición química puede ser atribuida en parte a las diversas condiciones ambientales a las que puede ser sometido durante su crecimiento y maduración ya que es un cultivo, que a diferencia del maíz, tiene una mayor adaptación respecto al clima y al suelo. Por esta razón, Stock (1999) indicó que los híbridos de sorgo parecen ser más variables en la digestibilidad, tanto *in vitro* como *in vivo*, y en la tasa de digestión del almidón que los híbridos de maíz.

Varios autores han evaluado la variación en la composición química de los granos atribuida al genotipo y hallaron que los mismos siempre diferían en al menos un atributo. Como se puede observar en el Cuadro 1, las diferencias más comunes se presentaron en el contenido de proteína bruta, pero también en la cantidad de almidón y taninos (Montiel y Elizalde, 2004).

Cuadro 1: *Evaluaciones de las diferencias genotípicas en la composición química del grano de sorgo.*

Referencia	N° de genotipos	PB	Alm.	Taninos	Cen.	FDA	Lípidos
Maxson *et al*. (1971)	7	*	*	-	*	-	n.s.
Hibberd *et al*. (1982)	9	*	*	*	-	-	-
Cagampang y Kirleis (1984)	15	*	-	-	*	-	*
Hibberd *et al.* (1985)	3	*	*	*	*	-	-
Hahn y Rooney (1986)	5	*	*	-	-	-	-
Banda-Nyirenda *et al*. (1987)	11	*	*	*	*	*	*
Arteaga y Bertorelli (1989)	6	*	-	*	*	*	*
Streeter *et al*. (1990a)	4	*	n.s.	*	-	-	-
Streeter *et al*. (1990b)	4	*	n.s.	-	-	n.s.	-
Streeter *et al*. (1991)	6	*	*	*	-	n.s.	-
Wester *et al*. (1992)	48	-	*	-	-	-	-

PB: proteína bruta; Alm.: almidón; Cen.: cenizas; FDA: fibra detergente ácido.
*******: Nivel de probabilidad P<0.05; n.s.: no significativo; -, parámetro no evaluado por los autores en ese trabajo.*

No sólo la composición química de los granos de sorgo está altamente influenciada por el genotipo, sino también la textura del endosperma (harinoso, intermedio y córneo) y el tipo (normal, heterowaxy y waxy). Es por ello que las diferencias estructurales de los granos no sólo pueden influir en la dureza de los mismos y la composición química, sino que también repercutirían en su comportamiento tanto *in vivo* como *in vitro* y en el subsiguiente aprovechamiento por los animales. Diferencias en la degradabilidad ruminal de la materia seca entre genotipos de sorgo fueron demostradas por Miller *et al*. (1972), quienes informaron valores que oscilan entre 56 y 81% entre genotipos de sorgos con diferentes texturas y tipos de endospermas. Además, Montiel (2003) comparó la digestión de 14 híbridos de sorgos y cuatro genotipos de maíz hallando un amplio rango en la digestión de la materia seca y el almidón. Las diferencias entre los híbridos ubicados en los extremos del ranking fueron de 31,4 y 51,5% en la digestión de la materia seca y el almidón, respectivamente. Además, en dicho ensayo se detectaron similares digestiones entre algunos genotipos de sorgo y maíces (Cuadro 2). Estos datos indican que existe variabilidad entre los híbridos de sorgo comerciales disponibles y que pueden ser identificados genotipos que presenten una mayor degradabilidad a nivel ruminal, lo cual repercutiría en su valor alimenticio.

Cuadro 2: *Ranking de degradabilidad in situ de los híbridos y test de blanqueo (T.B.).*

Híbridos	DMS (%)	T. B.	Híbridos	Dalm (%)	T. B.
Z8515 (maíz dentado)	88.5a	-	Morgan 306 (maíz semiflint)	93.7 a	-
Morgan 306 (maíz semiflint)	88.1 ab	-	Z8515 (maíz dentado)	93.4a	-
Rubí (maíz flint)	84.3abc	-	Rubí (maíz flint)	89.9a	-
SPS3901 (maíz semidentado)	81.5 abcd	-	SPS3901 (maíz semidentado)	86.8 ab	-
P8118	78.0 abcde	No	ProINTA 352	80.8abc	No
ProINTA 352	76.9 abcdef	No	P8118	79.9 abc	No
ACA 550	75.1 abcdef	No	ProINTA 341	79.5abc	No
P8232	73.8 abcdef	No	ACA 550	79.5abc	No
ProINTA 341	70.7 bcdef	No	P8232	78.1abc	No
MS2	69.6 cdef	No	MS2	77.7abc	No
MS3	66.8 cdef	No	P8586	75.9abc	No
Relámpago 55R	66.1 def	Si	MS3	68.2bcd	No
P8586	65.2def	No	Telen	67.3bcd	Si
DA48	61.8ef	Si	DA49	63.9cd	Si
Telen	61.2ef	Si	A9904	61.6cd	Si
A9904	60.7ef	Si	ProINTA Blanco	61.6cd	No
DA49	59.8 f	Si	DA48	59.9cd	Si
ProINTA Blanco	58.9f	No	Relámpago55R	53.3d	Si
EEM	*5.32*		*EEM*	*6.23*	

DMS: degradabilidad de la materia seca. Dalm: degradabilidad del almidón.
Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).
Test de blanqueo: test que se utiliza para detectar la presencia o no de la testa pigmentada. No: sin testa pigmentada (sorgo sin o bajo tanino), Si: con testa pigmentada (sorgo alto tanino).
EEM: error estándar de la media.

Las diferencias en digestión entre los genotipos tienen un impacto directo sobre la performance animal. Wester *et al.* (1992) evaluaron el efecto sobre la performance animal de novillos alimentados con dietas que contenían un 80% de granos de sorgo que diferían en las tasas de desaparición *in situ* del almidón (Cuadro 3). Las principales diferencias en performance la hallaron entre el híbrido de más rápida tasa de desaparición del almidón *vs.* el de tasa más lenta, ya que los animales alimentados con el primero presentaron un aumento diario del peso vivo 9% superior respecto a los otros. Por otro lado, a pesar de no hallar diferencias en el consumo y la eficiencia de conversión, detectaron una fuerte correlación positiva (r = 0.97) entre la eficiencia de conversión y la tasa de desaparición del almidón. Esto indicaría que la tasa de desaparición del almidón, la cual es dependiente del genotipo, tiene un importante efecto sobre la eficiencia de conversión del alimento.

Cuadro 3: *Efecto del híbrido de sorgo sobre la performance de novillos alimentados a corral con dietas basadas en 80% de grano de sorgo.*

Variables	Híbridos de sorgo			
	A	B	C	D
Tasa de desaparición almidón (%/hora)	7.0 [a]	6.8 [b]	6.6 [bc]	6.5 [c]
Consumo diario de materia seca (kg/día)	9.92	9.48	10.07	9.57
Aumento diario de peso vivo (kg)	1.33 [a]	1.24 [ab]	1.30 [ab]	1.22 [c]
Eficiencia de conversión (ganancia/alimento)	0.135	0.131	0.129	0.128

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas (P<0.1)
A y D: híbridos con rápida y lenta tasas de desaparición in vitro del almidón respectivamente.
B y C: híbridos con tasas de desaparición intermedias.

Efecto del contenido de taninos sobre el aprovechamiento del grano de sorgo

En el grano de sorgo existen compuestos fenólicos que pueden afectar su color, apariencia y calidad nutricional. Dichos compuestos pueden ser clasificados en base a su composición química en tres grupos: ácidos fenólicos, flavonoides y taninos (Hahn et al., 1984). Los ácidos fenólicos no tienen efecto sobre la calidad nutricional del grano, solo pueden causar un color indeseable en los alimentos cuando son procesados bajo condiciones alcalinas. Al igual que los ácidos fenólicos, los flavonoides, en el caso en que se hallen presentes, no parecen tener efectos sobre la digestibilidad ni en la palatabilidad de los granos.

Desde el punto de vista de la producción de granos, los taninos otorgan ventajas agronómicas como la resistencia a la depredación por pájaros cuando la carga de estos últimos no es alta y, en algunos casos, al daño por mohos e insectos. Además, les

confieren una calidad favorable de almacenamiento al grano, y una mayor resistencia al deterioro ambiental. Al mismo tiempo, los taninos tienen un impacto negativo en el grano de sorgo como alimento, ya que presentan un efecto antinutricional. Dicho efecto es causado por la formación del complejo proteína-tanino, el cual ocasiona una disminución en el aprovechamiento del grano por los animales al verse disminuida su digestibilidad y, por lo tanto, la disponibilidad de nitrógeno para los microorganismos del rumen. Esto último acarrea también una importante disminución en la digestión del almidón.

Los efectos antinutricionales de los taninos incluyen la disminución de la digestibilidad de las proteínas y la eficiencia de utilización de los nutrientes desde un 3 a un 15% (Waniska, 2000). La presencia de taninos en el grano también puede afectar la degradabilidad del almidón. Esto fue hallado por Hibberd *et al.* (1982) y Streeter *et al.* (1990b) quienes, a través de la producción de gas *in vitro*, observaron una menor disponibilidad del almidón en aquellos genotipos con alta concentración de taninos (Figura 1). Además, esos mismos autores junto con Hibberd *et al.* (1985), también hallaron una disminución en la desaparición *in vitro* de la materia seca a medida que aumentaba el nivel de taninos en los granos (Figura 1). Similares resultados fueron hallados por Montiel *et al.* (2003) quienes también obtuvieron una depresión en la degradabilidad de la materia seca, proteína bruta y el almidón de 7, 29 y 14%, respectivamente, con genotipos altos en taninos.

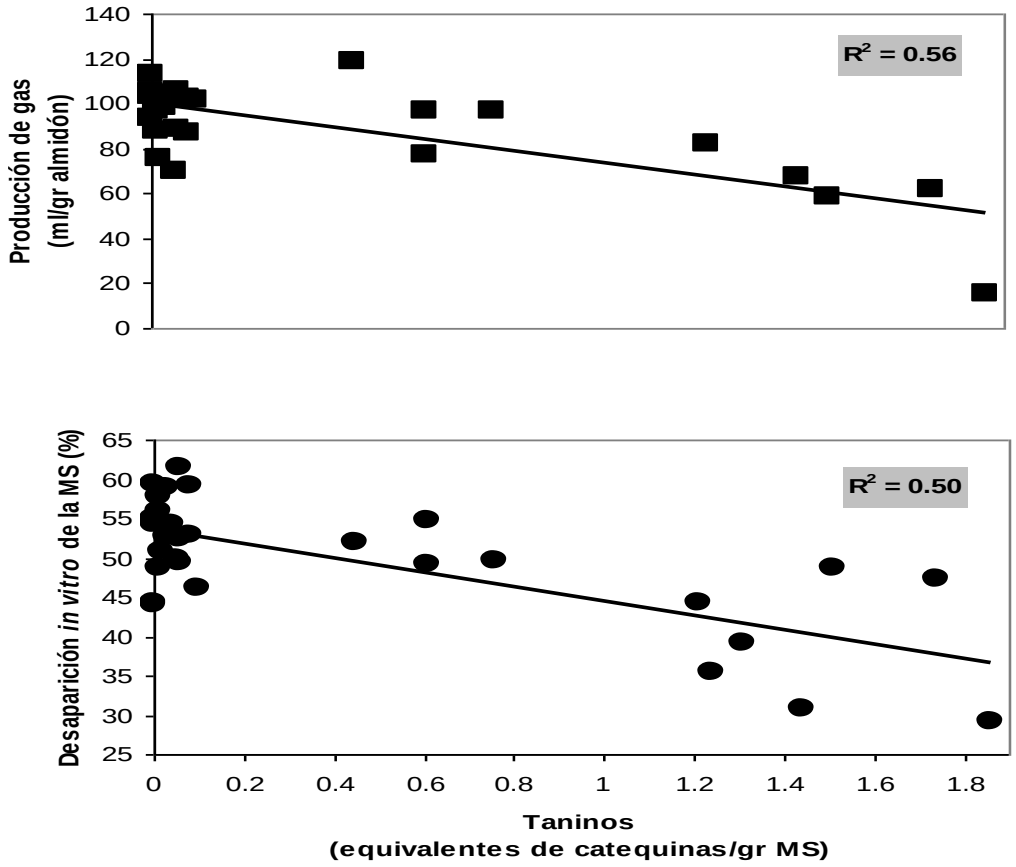


Figura 1: *Relación entre el contenido de taninos en el grano de sorgo con la producción de gas y la desaparición in vitro de la materia seca.*

Los taninos del sorgo deterioran la eficiencia de conversión en bovinos. Maxson *et al.* (1973) observaron que los novillos alimentados *ad libitum* con sorgos con alto contenido de taninos debieron consumir 2.38 kg más de grano para alcanzar la misma ganancia de peso que los alimentados con sorgos que no eran antipájaros (Cuadro 4).

Cuadro 4: *Performance de novillos alimentados ad libitum con sorgos con y sin taninos (78% de la ración).*

Dietas	Sorgo sin taninos	Sorgo con taninos
Peso inicial (kg)	325	317
Peso final (kg)	469	444
Ganancia diaria (kg/animal)	1.16	1.01
Consumo diario (kg/animal/día)	8.95	10.2
Eficiencia de conversión (kg alimento/kg ganado)	7.62	10

Referencia: Maxson et al. (1973).

La presencia de taninos, además de los factores antes citados, es determinante de las diferencias entre los granos de sorgo y de maíz. Mitzner *et al.* (1994) efectuaron un estudio que tuvo como objetivo comparar el efecto de la utilización de los granos de sorgo bajo en taninos o maíz sobre la performance de vacas lecheras en lactancia temprana. Dichos autores hallaron que los granos de sorgo y de maíz tuvieron similares efectos sobre la producción de leche y la composición de la misma, lo que indicaría que genotipos de sorgos con bajo contenido de taninos podrían presentar una similar performance alimenticia que el grano de maíz (Cuadro 5).

Cuadro 5: *Performance de vacas lecheras en lactancia temprana.*

Variables	Dietas				ES
	SMF	SR	MMF	MR	
Consumo (kg MS/día)	24	25.1	23.2	23.4	0.1
Producción leche (kg/día)	37.3	35.1	36.5	34.4	0.2
Grasa de la leche (%)	3.29	3.65	3.50	3.64	0.03
Proteína de la leche (%)	3.15	3.07	3.09	3.28	0.02
Sólidos no grasos de la leche (%)	8.85	8.79	8.75	8.99	0.02
Leche corregida por sólidos (kg/día)	33.8	32.9	34.5	32.7	0.1

SMF: grano de sorgo molido fino, SR: grano de sorgo rolado, MMF: grano de maíz molido fino, MR: grano de maíz rolado. ES: error estándar. Adaptado de Mitzner et al. (1994).

No sólo en producción de leche han sido comparados los granos de sorgo y maíz. Schake *et al.* (1976) engordaron novillos con dietas basadas en granos de sorgo *vs.* granos de maíz procesados de igual forma (*steam flaked*) e integraron las dietas en igual proporción. Dichos autores hallaron que si bien los animales alimentados con maíz tuvieron una mayor ganancia de peso y mejor eficiencia de conversión, la diferencia entre los mismos no fue significativa (Cuadro 6). Estos últimos dos trabajos confirman la teoría de que ciertos tipos de sorgos pueden sostener una performance animal similar o levemente inferior a la de los maíces, mientras que otros, por ejemplo los altos en taninos, resultan en una pobre performance productiva.

Cuadro 6: *Performance de novillos engordados a corral con dietas basadas en grano de maíz o sorgo.*

Variables	Tratamientos				ES
	Maíz		Sorgo		
Repetición	I	II	I	II	
N° de novillos	100	100	100	100	
Peso inicial (kg)	245	249	249	250	1.1
Peso final (kg)	472	471	471	470	1.8
Ganancia diaria de peso (kg/animal/día)	1.41	1.38	1.37	1.36	0.04
Promedio ganancia (kg/animal/día)	1.39		1.37		
Consumo diario (kg/animal/día)	11.6	11.3	11.6	11.1	
Eficiencia de conversión (kg consumido/ kg ganado)	8.2		8.3		

Adaptado de Schake et al. (1976).

Efecto del procesamiento sobre el aprovechamiento del grano de sorgo

El principal efecto del procesado de los granos es alterar el sitio de digestión del almidón pasándolo desde el intestino hacia el rumen, con un consecuente incremento adicional en el porcentaje digerido en ambos sitios. El almidón de los granos de sorgo es generalmente considerado como menos accesible a la degradación enzimática del animal que el de otros granos. Por lo tanto, cualquier mejora en la digestión ruminal del grano a través del procesamiento aumentaría la eficiencia de utilización aumentando la tasa de digestión del almidón, la cual varía inversamente con el tamaño de la partícula del grano.

Procesamiento a través del molido

Un grano entero con el pericarpio intacto es muy resistente a la digestión ruminal. Por lo tanto, para el caso particular del grano de sorgo, donde la ruptura por

masticación es muy escasa (5 a 22% del grano entero, dependiendo del peso del animal), es indispensable su procesamiento para alimentar bovinos de cualquier categoría y así obtener una elevada digestibilidad. Un método de procesamiento tan simple como el molido produce la ruptura de la cubierta seminal, reduce el tamaño de partículas e incrementa la superficie del área para la digestión. En el Cuadro 7 se presenta una recopilación de trabajos donde se determinó la degradabilidad *in situ* de sorgos que fueron incubados enteros y molidos. Como se puede apreciar, un simple procesado como el molido aumentó en todos los casos la degradabilidad ruminal aproximadamente tres veces respecto al entero. Además, la digestión del grano entero en el mejor de los casos no superó el 20%.

Cuadro 7: *Resumen de la digestión ruminal in situ del grano de sorgo incubado entero y molido.*

Referencias	Tiempo de incubación (hs)	Degradación ruminal (%)	
		Entero	Molido
Miller *et al.* (1972)	48	19.7	60
Nordin y Campling (1976)	48	17	51
Stritzler *et al.* (1982)	48	10	90
Pieroni (2000)	20	14.3	46.4

Strizler *et al.* (1982), utilizando novillos de 250 kg de peso promedio alimentados con granos de sorgo entero, hallaron que aproximadamente la mitad de los granos consumidos se excretaron enteros en las heces. Sin embargo, el peso promedio de los granos eliminados fue menor que el de los granos ingeridos, aunque dicha diferencia fue de solo 6.5%. En otro trabajo se encontró que en vacas alimentadas con granos de sorgo enteros, el 30% de los mismos eran eliminados enteros en las heces, motivo por el cual es importante procesar el grano para su mejor aprovechamiento en vacunos (Ørskov, 1986). Si bien existen procesos físicos y químicos de complejidad variable que pueden mejorar las características nutricionales de los granos, en el país se recurre casi exclusivamente al molido, quebrado, aplastado y ensilado húmedo de los mismos, es decir que se utilizan procesamientos menos enérgicos respecto a otros países.

El sorgo presenta una alta respuesta al procesamiento en relación a otros granos como el maíz. Stock y Mader (1987), basándose en diez experimentos, hallaron que el grano de sorgo finamente molido mejora la eficiencia de conversión en un 5% respecto a uno molido más grueso, ya que aumenta la ganancia de peso vivo de los animales y a su vez disminuye el consumo (Cuadro 8). Esto indica que en el caso particular del grano de sorgo se justifica utilizar métodos de procesamiento más enérgicos, aún dentro de los procesamientos mecánicos.

Cuadro 8: *Efecto del tamaño de molido en granos de sorgo sobre la performance de novillitos.*

Variables	Molido fino *vs.* molido grueso[1]
Ganancia diaria de peso vivo (%[2])	+ 1
Consumo diario (%[2])	- 6
Eficiencia de conversión (%[2])	+ 5

[1] Testigo. [2] Porcentaje de mejora respecto al testigo. N° de ensayos: 10. Adaptado de Stock y Mader (1987)

Procesamiento a través del ensilado del grano húmedo

El sorgo cosechado con alto contenido de humedad (25 a 35%), aplastado y posteriormente ensilado, es una tecnología en creciente aumento en los sistemas de producción de carne y leche, principalmente en zonas o lotes marginales para la siembra del maíz y/o cuando por razones de un menor costo económico resulta más rentable el sorgo. Cuando el grano de sorgo alcanza el 35% de humedad se produce la madurez fisiológica (momento en el cual se interrumpe la comunicación entre la planta y el grano), y se caracteriza por presentar el máximo peso seco, con la cantidad más elevada de azúcares totales (carbohidratos) y nitrógeno. Desde el punto de vista de la calidad nutritiva, el almidón de los granos húmedos tiene una tasa de digestión mayor, dada por la mayor accesibilidad de las enzimas a los gránulos de almidón. Si la energía metabolizable (EM) de un grano de sorgo seco es de 2,90 Mcal EM/kg MS, la misma puede aumentar al cosecharlo húmedo a un nivel de 3,19 Mcal EM/kg MS (Owens *et al.,* 1997). Esto se debe a que cuando la humedad del grano está por encima del 30%, el almidón se encuentra en un estado totalmente amorfo lo que lo convierte en altamente digestible tanto en el rumen como en el intestino. Además, la matriz proteica que rodea a los gránulos de almidón se encuentra en forma discontinua, por lo tanto no constituye una barrera para el ataque de los microorganismos ruminales.

Conjuntamente con la mejora desde el punto de vista nutricional, la cosecha anticipada del grano respecto a cuándo se cosecha seco, presenta otras ventajas tales como: a) liberación anticipada del lote, b) ahorros del flete y del secado del grano, c) disminución de pérdidas en la cosecha, sobre todo en sorgos bajo taninos donde el ataque de los pájaros ocurre cuando el grano esta duro, y d) mayor calidad del rastrojo que queda debido a que el mismo aún está verde al momento de la cosecha.

El ensilaje de grano húmedo de sorgo (GHS) también puede ser utilizado como componente principal de la dieta en un sistema más intensificado de producción de carne como el engorde a corral. En la EEA del INTA Concepción del Uruguay evaluaron la performance de terneros alimentados con una dieta que contenía 80% de grano de sorgo seco molido (SM) o GHS. Las ganancias diarias de peso y las eficiencias de conversión fueron de 1,007 y 0,985 kg/día y 5,7 y 4,8 kg alimento/kg ganado para los animales que comieron SM y GHS, respectivamente. La mejora en la eficiencia de

conversión al alimentar con GHS se debió a que los animales consumieron 1 kg menos de ración (4,7 kg/animal/día) respecto a los que comieron SM (5,8 kg/animal/día).

La presencia de taninos también disminuye el aprovechamiento de los GHS, reduciendo la respuesta productiva de vacas lecheras. En la EEA Rafaela, Romero *et al.* (2001) hallaron que altos contenidos de taninos en los granos de sorgo pueden disminuir la producción de leche en aproximadamente 7%, sin afectar la composición química de la misma.

La producción de carne también se puede ver afectada por el contenido de taninos del GHS. Montiel *et al.* (2006a) evaluaron el efecto del contenido de taninos y la estructura del endosperma del GHS en el engorde a corral de terneras. Los animales fueron engordados a corral con una dieta que contenía un 70% de GHS y los híbridos utilizados presentaban las siguientes características: ProINTA Blanco (sorgo blanco sin taninos), ACA 559 (sorgo alto tanino y con endosperma vítreo, ATV) y ACA 558 (sorgo alto tanino y con endosperma harinoso, ATH). Dichos autores hallaron que la eficiencia productiva de los animales estuvo altamente influenciada por el contenido de tanino de grano, ya que los animales alimentados con el sorgo blanco (sin taninos) fueron los que presentaron la mayor ganancia de peso (ADPV) y mejor eficiencia de conversión (EC) con los menores consumos (CMS, Cuadro 9). Esto indicaría que los taninos influyen en forma negativa en la eficiencia de conversión del alimento en carne.

Cuadro 9: *Parámetros productivos de terneras alimentadas con grano húmedo de sorgo y de calidad de los híbridos.*

Parámetros	Ítem	Blanco	ATV	ATH
Productivos	CMS (kg/d)	6.4	7.4	6.7
	ADPV (kg/d)	1.15	1.08	0.96
	EC (kg alimento/kg ganado)	5.5	6.8	6.9
Calidad	Energía metabolizable (Mcal EM/kg MS)	2.92	2.79	2.78
	Digestibilidad materia seca (%)	81	77.4	76.9
	Proteína bruta (%)	7	6.5	6.4
	Almidón (%)	66.2	60.8	63.7

Cuando por diversas razones no se pueden cultivar sorgos con bajo contenido de taninos y/o blancos, se debe recurrir a métodos que disminuyan el efecto negativo de los taninos sobre la digestión del grano. Entre ellos se puede recurrir al agregado de urea en el grano inmediatamente después de la cosecha y previo al embolsado. Este tratamiento ha sido probado en el engorde a corral de terneras alimentadas con una dieta de un ensilaje de GHS tratado con un 1,4% de urea en base a la materia seca del

grano, y comparado con el ensilaje de grano húmedo de maíz (Montiel *et al.*, 2006b). En dicho ensayo la dieta estuvo compuesta principalmente por grano húmedo (70% dieta), ensilaje de maíz (11%) y expeller de girasol (18%). Con el agregado de urea se mejoró la calidad del GHS, aumentando el nivel de proteína y la energía metabolizable. Además, las terneras que consumieron el grano con urea presentaron mayores consumos y similares ganancias de peso respecto a las que consumieron maíz (Cuadro 10). Otro beneficio observado al aplicar urea al grano húmedo fue el excelente estado de conservación del grano bajo condiciones de anaerobiosis, evidenciado por la ausencia de formación de hongos. Por último, cabe aclarar que no se presentaron problemas en el consumo del GHS con urea, teniendo una total aceptación por los animales.

Cuadro 10: *Parámetros productivos y de calidad de los GHS con y sin urea y maíz en la alimentación de terneras.*

Parámetros	Ítem	Sorgo con urea	Sorgo sin urea	Maíz
Productivos	CMS (kg/d)	6.7	6.1	6.2
	ADPV (kg/d)	0.89	0.77	0.84
	EC (kg alimento/kg ganado)	7.6	8.0	7.4
Calidad	Energía metabolizable (Mcal EM/kg MS)	2.79	2.64	3.12
	Proteína bruta (%)	9.7	7.6	7.2
	Almidón (%)	61.2	60.3	68.4

El procesamiento del grano a través del ensilado con alto contenido de humedad, eligiendo genotipos con bajos niveles de taninos o en su defecto tratándolos con urea, son alternativas válidas a tener en cuenta al momento de evaluar el uso de sorgo como alimento para bovinos en cualquier sistema de producción.

Consideraciones finales

Existe una amplia variabilidad en la digestión de los granos de sorgo dada por el genotipo y el contenido de taninos. Es por ello que la utilización de un valor de digestión obtenido de una tabla puede subestimar o sobreestimar el valor nutricional del mismo. Por esa razón sería importante realizar algún análisis de calidad (digestibilidad, almidón, proteína bruta, taninos) para poder estimar de mejor manera su valor alimenticio.

Debido a su estructura (presencia del endosperma periférico) y a su tamaño pequeño, el procesado en los granos de sorgo resulta indispensable para aumentar su

digestión. El endosperma periférico representa una dura barrera para el ingreso de las bacterias ruminales y el tamaño del grano hace que sean escasas las chances de ser masticado por animal.

Los taninos condensados son factores de anticalidad del grano. De ser posible se deberían utilizar granos que no posean o presenten un bajo contenido de taninos. En caso contrario, existen métodos como el ensilado del grano húmedo con urea que permiten mejorar sustancialmente la calidad de los mismos.

Los granos de sorgo presentan una importante respuesta al procesamiento, y el ensilado del grano con alto contenido de humedad mejora la digestibilidad respecto al grano molido.

Bibliografía

HAHN, D. H., ROONEY, L. W., EARP, C. F. 1984. Tannins and phenols of sorghum. Cereal Foods World. 26:776-779.

HERRERA-SALDANA, R. E., HUBER, J. T., POORE, M. H. 1990.Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. J. Dairy Sci. 73:2386-2393.

HIBBERD, C. A., WAGNER, D. G., HINTZ, R. L., GRIFFIN, D.D. 1985. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. J. Anim. Sci. 61:702-712.

HIBBERD, C. A., WAGNER, D. G., SCHEMM, R. L., MITCHELL, E. D. Jr., HINTZ, R. L., WEIBEL, D. E. 1982. Nutritive characteristics of different varieties of sorghum and corn grain. J. Anim. Sci. 55:665-672.

HUNTINGTON, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. J. Anim. Sci. 75:852-867.

MAXSON, W. E., SHIRLEY, R. L., BERTRAND, J. E., PALMER, A. Z. 1973. Energy values of corn, bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. J. Anim. Sci. 37:1451-1457.

MILLER, F. R., LOWREY, R. S., MONSON, W. G., BURTON, G. W., CRUZADO, H. J. 1972. Estimates of dry matter digestibility differences in grain of some *Sorghum bicolor* (L.) Moench varieties. Crop Sci. 12:563-566.

MITZNER, K. C., OWEN, F. G., GRANT, R. J. 1994. Comparison of sorghum and corn grains in early and mid lactation diets for dairy cows. J. DairySci. 77:1044-1051.

MONTIEL, M. D. 2003. Degradabilidad ruminal del grano de sorgo en vacunos. Efectos del genotipo y del procesamiento. Tesis Magister Scientiae. FCA UNMdP – EEA INTA Balcarce, Argentina. 103 pp.

MONTIEL, M. D.; ELIZALDE, J. C. 2004. Factores que afectan la utilización ruminal del grano se sorgo en vacunos. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 24, n° 1-2: 1-20.

MONTIEL, M. D.; ELIZALDE, J. C.; DEPETRIS, G. J.; SANTINI, F. J.; GIORDA, L.; VILLARREAL, E.L. 2006a. Respuesta productiva de terneras alimentadas a corral con grano húmedo de sorgo con y sin taninos y de diferentes texturas de endosperma. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 26, Supl. 1:90-91.

MONTIEL, M. D.; DEPETRIS, G. J.; SANTINI, F. J.; CHICATÚN, A.; VILLAREAL, E. L. 2006b. Performance of feedlot heifers fed either high-tammom high moisture sorghum treated with urea compared with high moisture corn. J. Anim. Sci., Vol. 84, Suppl. 1/ J. Dairy Sci., Vol. 89, Suppl. 1: 219.

MONTIEL, M.D.; ELIZALDE, J. C.; GIORDA, L.; SANTINI, F. J. 2003. Efecto de los taninos condensados sobre la degradabilidad ruminal del grano de sorgo en vacunos. Rev. Agr. Prod. Anim. Vol 23, Supl. 1:42-43.

ØRSKOV, E. R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63:1624-1663.

OWENS, F. N., SECRIST, D. S., HILL, W. J., GILL, D. R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. J. Anim. Sci. 75: 868-879.

ROMERO, L. A., COMERÓN, E. A., BRUNO, O. A., CASTILLO, A. R., GAGGIOTTI, M. C. 2001. High moisture sorghum grain silage: effects of tannin content and urea treatment on the performance of dairy cows. XIX International Grassland Congress Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. ID#19-24.

ROONEY, L. W., PFULGFELDER, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci. 63:1067-1623.

SCHAKE, L. M., DRIEDGER, A., RIGGS, J. K., CLAMME, D. N. 1976. Corn and grain sorghum evaluation for beef cattle. J. Anim. Sci. 43:959-965.

STOCK, R. A. 1999. Nutritional benefits of specialty grain hybrids in beef feedlot diets. J. Anim. Sci. Vol. 77, Suppl. 2/J. Dairy Sci. Vol. 82, Suppl. 2:208-212.

STOCK, R. A., MADER, T. 1987.Grain sorghum processing for beef cattle. http://www.ianr.unl.edu/pubs/beef/g136.htm

STREETER, M. N., WAGNER, D. G., HIBBERD, C. A., MITCHELL, E. D. Jr., OLTJEN, J. W. 1990b. Effect of variety of sorghum grain on digestion and availability of dry matter and starch *in vitro*. Anim. Feed Sci. Technol. 29:279-287.

STREETER, M. N., WAGNER, D. G., HIBBERD, C. A., OWENS, F. N. 1990a. The effect of sorghum grain variety on site and extent of digestion in beef heifers. J. Anim. Sci. 68:1121-1132.

STRITZLER, N., GINGINS, M., SANTUCHO, G. 1982. Efecto del molido sobre la digestibilidad del grano de sorgo en bovinos. Prod. Anim. 9:3-7.

SULLINS, R. D., ROONEY, L. W. 1975. Light and scanning electron microscopic studies of waxy and nonwaxy endosperm sorghum varieties. Cereal Chem. 52:361-366.

WANISKA, R. D. 2000. Structure, phenolic compounds, and antifungal proteins of sorghum caryopses. Pag. 72-106. In: Technical and Institutional Options for Sorghum Grain Mold Management: Proceeding of an International Consultation, 18-19 May 2000, ICRISAT, Patancheru, India (Chandrashekar, A., Bandyopadhayay, R., and Hall, A. J., eds.). 299 pp.

WESTER, T. J., GRAMLICH, S. M., BRITTON, R. A., STOCK, R. A. 1992.Effect of grain sorghum hybrid on *in vitro* rate of starch disappearance and finishing performance of ruminants. J. Anim. Sci. 70: 2866-2876.

USO DEL ENSILAJE DE PLANTA ENTERA EN LA ALIMENTACIÓN DE VACUNOS PARA CARNE EN PASTOREO Y FEEDLOT

Gustavo DEPETRIS
INTA EEA Balcarce
depetris.gustavo@inta.gob.ar

Introducción

A medida que un sistema se intensifica los costos de alimentación se hacen más importantes como porcentaje del costo total. La alimentación es una parte sustancial del costo de los sistemas intensificados. Por ejemplo, en un sistema de alimentación a corral y en un sistema de producción de carne pastoril con suplementación, el 80% y el 40%, respectivamente, del costo total es alimentación (Allipe, 1998).

Además del recurso pastura como base de la producción de los sistemas pastoriles, es necesario pensar en la introducción de otros alimentos, para aumentar la producción individual y la productividad por hectárea. Esta tecnología deberá ser analizada no sólo en los aspectos que hacen a su implementación, sino a su inserción en el sistema de producción. Lógicamente, para hacer un uso correcto de estas tecnologías relacionadas con la nutrición, es necesario tener en cuenta cómo funciona la misma bajo el punto de vista fisiológico nutricional en las categorías de animales a alimentar y en la respuesta económica lograda.

Algunos conceptos a tener en cuenta

La alimentación de los animales de carne ha dejado de ser la aplicación de una serie de habilidades artesanales. En la actualidad la misma está basada en principios fisiológicos y nutricionales. Estos principios son los mismos para un sistema pastoril, que para un sistema de producción a corral. La diferencia radica en el plano nutricional que puede ser alcanzado con un sistema u otro, y en el efecto sobre los productos finales de la digestión que se logran en cada uno de estos. Las limitaciones del consumo también tendrán orígenes diferentes, en dietas con alto nivel de energía, será fisiológico, mientras en dietas pastoriles y suplementadas con forrajes conservados, la limitación al consumo estará relacionada con el contenido de fibra, que aumenta el tiempo de retención de los alimentos en el rumen por su baja tasa de digestión, lo que hace que el aporte de energía a nivel ruminal no sea adecuado para complementar pasturas de alta calidad (digestibilidad de 70%, contenido de PB de 18%). Esto es de fundamental importancia en los sistemas pastoriles de zonas templadas, donde las dietas suelen presentar desbalances energía/proteína y bajos contenidos de MS. Es necesario tener en cuenta que existen diferencias importantes en la dinámica de la digestión cuando se comparan distintos suplementos como el ensilaje de grano húmedo, ensilaje de maíz planta entera, de sorgo u otras gramíneas. Estas últimas tienen mayores variaciones en su composición química, alto contenido de fibra y fracciones indigestibles más elevadas.

Estos componentes que tienen que ver con la dinámica de digestión, producen diferentes niveles de sustitución del forraje respecto del concentrado. Cuanto mayor sea la calidad de la pastura mayor deberá ser la degradabilidad efectiva del almidón del suplemento a utilizar, con el objetivo de lograr un balance de nutrientes en el sistema ruminal.

Consideraciones para un buen ensilado

Es necesario tomar en cuenta algunos factores al momento de decidir por realizar un ensilado. Se podrían dividir en factores concernientes al cultivo, a la confección y a la extracción. En lo que respecta al cultivo es importante elegir adecuadamente el lote donde se va a realizar, adecuar la densidad de siembra, ya que en el caso de maíz altas densidades si bien nos pueden incrementar la producción de MS/ha, disminuirá la cantidad de grano y así su valor energético. En el caso del sorgo, presenta mayor plasticidad y compensa las bajas densidades por su habilidad de macollar; sin embargo hay que tener muy en cuenta las diferencias entre híbridos graníferos, o forrajeros. Todas las labores culturales como ser fertilización y control de malezas aseguraran tener un buen cultivo al momento de ensilado. La elección del híbrido es fundamental, tanto en buscar materiales adaptados a la zona y lote, como así también según los objetivos de producción.

En lo que respecta a la confección, esta es una etapa crítica y en la cual se deben extremar las precauciones ya que las pérdidas pueden ser muy grandes y se puede arruinar un cultivo que generaría un ensilaje de calidad. Juegan un rol fundamental el momento de cosecha, la inoculación, la compactación y la cobertura. Para poder dimensionar mejor esta etapa hay que tener en cuenta que el ensilado es un proceso de fermentación que va a depender primeramente del sustrato disponible para fermentar (momento de cosecha y estado del cultivo) y, en segundo lugar, de las condiciones de fermentación propiciadas durante el ensilado.

En el proceso de fermentación los microorganismos aeróbicos crecen sobre el forraje durante los estados tempranos de la fermentación. Las reacciones aeróbicas generan calor, CO_2 y agua en el silo, requiriéndose, por lo tanto, un ensilado rápido y un tapado adecuado para excluir lo más pronto posible el aire presente. Al desaparecer el aire (2 días) del silo y establecerse las condiciones de anaerobiosis, se favorece el desarrollo de las bacterias anaeróbicas benéficas. En primer lugar, las bacterias productoras de ácido acético disminuyen bruscamente el pH e incrementan la acidez del ensilaje. Al mismo tiempo disminuye la temperatura del ensilado y las bacterias productoras de ácido láctico se multiplican rápidamente y tienden a dominar la fermentación. Estas bacterias disminuyen aún más el pH (alrededor de 4), inhibiendo así el crecimiento microbiano y lográndose condiciones óptimas para la preservación del forraje. Estos procesos llevan de una a tres semanas, dependiendo del cultivo que va a ensilarse. Se debe tener en cuenta que cuanto más rápido se dé la fermentación, mayor cantidad de nutrientes se habrán conservado. El predominio del ácido láctico sobre otros ácidos asegura un ensilaje de calidad, ya que la fermentación láctica es más eficiente.

Momento de cosecha

El contenido de MS del material ensilado es frecuentemente la principal limitante de la preservación favorable del forraje. Cuando el material es cosechado con el grano en estado pastoso-duro aseguramos un ensilaje con bajo contenido de fibra indigestible y alta concentración energética. Mayor contenido de MS, si bien incrementa la cantidad de grano, dificultarán la compactación rápida de la masa ensilada, mientras que materiales con alto porcentaje de humedad, si bien presentan mayor contenido de azúcares solubles, el exceso de agua será un obstáculo sobre el proceso de fermentación y acidificación del material, diluyendo los ácidos formados y extendiendo con ello el proceso fermentativo. El lento descenso del pH de una masa ensilada con exceso de humedad favorecerá la intervención de microorganismos poco deseables en la fermentación, como las bacterias formadoras de butírico, *Clostridium* y otras. Las poblaciones del género *Clostridium* se encuentran presentes en la tierra y, cuando son las que dominan la fermentación, dan como resultado un ensilaje de color negro y olor rancio con un pH superior a 5. Otro problema que surge de ensilar un material con exceso de humedad son las pérdidas por lixiviación de azúcares, proteínas solubles y elementos minerales.

Un detalle a tener en cuenta, fundamentalmente cuando se trabaja con materiales con elevado contenido de MS (cultivos pasados o granos muy duros), es asegurar que la picadora quiebre o aplaste los granos de maíz o sorgo para facilitar su digestión a nivel ruminal al favorecer el ingreso y ataque de las bacterias del rumen, cumpliendo la función de suplemento energético. Cuando el grano no es partido es levemente atacado en el tracto digestivo y una elevada cantidad se pierde por bosteo. También es posible cortar la planta a una mayor altura (40 cm del suelo), impidiendo de esta manera llevar alta cantidad de fibra indigestible, incrementando el contenido de humedad y el valor energético del silo. En cuanto a la madurez óptima, las recomendaciones varían con los diferentes cultivos a ensilar. Una apropiada madurez asegura el suministro de una adecuada cantidad de azúcares fermentables para las bacterias del silo y el máximo valor nutritivo para la óptima alimentación del ganado. La madurez también tiene un gran impacto sobre la humedad en aquellos cultivos que no se preorean, como el maíz. Es esencial mantener una adecuada humedad para que se logre la óptima fermentación bacteriana que, además, permita la fácil exclusión del oxígeno del silo durante la confección.

La Inoculación ha permitido mejorar notablemente las características de calidad de los ensilajes. Sin embargo, esto no siempre se ha traducido en mejoras en el comportamiento productivo de los animales (Kung y Muck, 1997). Se indica que sólo el 30% de los ensilajes inoculados mejoran el consumo, y que la mejora en la ganancia y producción de leche sería de alrededor del 50% y 40% para inoculantes microbianos y enzimáticos, respectivamente. Estos resultados se deberían a que tanto en maíz como en sorgo, si las condiciones del cultivo y la confección se realizan apropiadamente, no sería necesario realizar la inoculación. Distinto es el caso del ensilaje de pasturas donde la caída del pH es más difícil y es necesario apurar el proceso fermentativo para evitar mayores pérdidas por respiración. Los inoculantes se pueden clasificar en:

1) Estimulantes de la fermentación (microbianos, enzimáticos),
2) Inhibidores de la fermentación (ácidos propiónico y fórmico),
3) Sustratos (melazas y urea).

Los inoculantes microbianos contienen una o más bacterias capaces de dominar la fermentación del ensilaje incrementando rápidamente la producción de ácido láctico y disminuyendo de esta forma el pH. Es necesario para que esto ocurra que existan sustratos (azúcares) a fermentar en el material ensilado y que las condiciones de humedad permitan un buen desarrollo de las bacterias inoculadas, ya que ensilajes muy secos no permiten un desarrollo importante de las bacterias. Este tipo de inoculantes es de los más utilizados y ha dado resultados positivos en ensilajes de pasturas y cereales de inviernos. Sin embargo, en el caso del maíz, los resultados no son tan contundentes.

Los inoculantes enzimáticos son proteínas que actúan sobre los procesos metabólicos, básicamente se caracterizan por digerir la fibra (celulasas y hemicelulasas) o el almidón. El concepto de utilizar enzimas fibrolíticas es que permitirían romper rápidamente las paredes celulares y dejar libres los azúcares solubles para ser fermentados por las bacterias LAB y disminuir el pH. Una rápida caída del pH limitaría la degradación y deaminación de las proteínas, reduciendo la producción de amonio en el ensilado. La segunda ventaja sería que la digestión parcial de las paredes celulares incrementaría la digestibilidad total de la fibra. Sin embargo, los resultados no son del todo favorables y posiblemente se deba a que varias celulasas necesitan pH de 4,5 y temperatura de 50ºC para expresar su mayor actividad. La humedad de material ensilado, así como la presencia de otras proteasas, podrían ser factores de inhibición de la actividad.

Los inhibidores de la fermentación (ácidos) tendrían por un lado el efecto de disminuir rápidamente el pH de ensilado e inhibir la multiplicación de mohos y levaduras responsables de la deterioración aeróbica. Es una alternativa usada cuando *a priori* podemos imaginar que el proceso fermentativo no va a ser el adecuado, ya sea por bajos contenido de azucares o altos contenidos de materia seca. También son utilizados durante la extracción del ensilado asperjándose sobre el frente de comida para evitar la proliferación fúngica. Tienen el inconveniente de ser corrosivos, los que lo hace difícil de manejar.

La utilización de melazas permitiría incrementar la cantidad de sustrato a fermentar por las bacterias LAB, acelerando el proceso fermentativo y caída del pH. Tienen el inconveniente de ser costosas y de difícil obtención. Por su parte, la utilización de urea actuaría como un inhibidor de la fermentación incrementando el pH e inhibiendo el desarrollo fúngico. El inconveniente es el posible rechazo (olor amoniacal) en el consumo por parte de los animales.

En conclusión, los inoculantes son herramientas que ayudan a mejorar la calidad de un ensilado, aunque nunca van a suplir las buenas prácticas de manejo.

Compactado y cobertura

El cultivo debe ser cosechado y almacenado en el silo lo más rápido posible. Es necesario conseguir una rápida eliminación de aire de la masa ensilada para limitar el proceso de respiración inicial y evitar fermentaciones aeróbicas putrefactivas que derivan en pérdidas de material por descomposición. Un llenado prolongado puede resultar en una excesiva respiración y, por lo tanto, incrementar las pérdidas del ensilaje. El compactado debe realizarse inmediatamente cuando el material es almacenado en silos bunker. Las ruedas del tractor son las más utilizadas para el pisado, debido a que ofrecen mayor peso por unidad de superficie en relación a otros rodados. Es necesario obtener una densidad mínima (250 kg MS/m^3) de compactación para disminuir las pérdidas de calidad durante el almacenaje. Como regla práctica se puede calcular un tiempo de compactado de 1-4 minutos/t MS según el peso del vehículo.

Para una adecuada preservación del ensilaje durante largos períodos, debe aislarse del ambiente atmosférico. Esto se consigue procurando la impermeabilidad de las paredes. El silo puede ser tapado con una cubierta que quede en estrecho contacto con el material para prevenir la penetración de aire y lluvia dentro del ensilaje. La protección que provee es altamente variable y depende de la técnica de sellado y de las propiedades físicas de la lona, que puede cambiar durante el almacenaje. Generalmente, las mayores pérdidas se dan en la parte superior, en las puntas y en los costados contra la pared. En los silos bolsas, si bien las pérdidas de material por fermentación son reducidas al mínimo, existe un mayor costo dado por la bolsa y el embolsado. La conservación del material en silos del tipo bunker o puente implica una menor erogación inicial de dinero, pero el nivel de pérdidas que se da durante el almacenamiento del forraje es el que determinará si es más conveniente incurrir en un mayor gasto al momento de la confección del silo o perder un monto mayor cuando el silo no fue bien confeccionado y tapado. El no tapado o mal tapado del silo no sólo implica las pérdidas de calidad observables en las capas superiores, sino que también existe disminución de calidad del material ensilado hasta los 75 cm de profundidad. Valores de digestibilidad del 35 y 65% en los primeros 25 y 50 cm en silos mal tapados, en comparación con el 60 y 70% en los correctamente tapados, hacen que el costo del tapado sea beneficioso.

Extracción y suministro

En el momento de apertura del silo y durante el suministro se produce un deterioro aeróbico ya que el ensilaje es expuesto al aire, cambia la composición química, pH y temperatura, y se alteran tanto la calidad como la cantidad de forraje. El material deteriorado se presenta normalmente de color blanco o descolorido, es menos consumido y, además, puede contener toxinas que causen trastornos a los animales, dependiendo del nivel de consumo. Para disminuir éstas pérdidas, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: extraer y suministrar diariamente sólo la cantidad a utilizar, utilizar algún sistema mecánico de extracción para evitar la remoción de la pared y la masa del silo (fresa). Tapar el extremo abierto cada vez que se extrae el material para evitar la entrada de oxígeno, tapar posibles roturas que puedan aparecer en distintas partes del material cobertor. Elegir el tipo de comedero más adaptado al

sistema, teniendo en cuenta las pérdidas que se generan con cada uno de los distintos tipos.

Criterios generales de uso de forrajes conservados

Ensilaje de maíz y sorgo

El valor nutritivo de los ensilajes está determinado por dos componentes: la cantidad, estado y textura del grano en la planta al momento de ensilar y el contenido y digestibilidad de la pared celular de la fracción vegetativa. A medida que avanza la madurez de la planta, aumenta el contenido de grano y disminuye la calidad de la fracción vegetativa, por lo que resulta de suma importancia combinar alta producción de grano sin perder demasiada calidad de la fracción fibrosa. En el sorgo granífero, el grano puede representar hasta el 51% de la masa a ensilar (Romero et al., 2004), razón por la cual la composición del grano es importante en la determinación de la calidad total del ensilaje y valen los mismas consideraciones que la alimentación con grano.

Respecto a la calidad de la fracción vegetativa, la cosecha temprana del cultivo permitiría optimizarla (Russell, 1986). Sin embargo, esta práctica no es conveniente ya que en estados tempranos (grano lechoso), a diferencia del maíz, el sorgo presenta contenidos de materia seca menores al 30% que predisponen a excesiva lixiviación, altas concentraciones de acético y etanol y una pobre preservación (Bolsen). Por tal motivo, el aporte energético de la porción fibrosa dependerá de cuanto de ésta se alcance a degradar en rumen por acción microbiana, proceso que está influido por la tasa de pasaje del alimento (Siciliano-Jones y St. Pierre, 1997) y la tasa de digestión de la misma. La lignina es indicada como el principal factor limitante de la degradación ruminal de la fracción fibrosa (Van Soest et al., 1994), ya que existe una correlación negativa entre la digestibilidad *in vitro* de la FDN y el contenido de lignina. Los sorgos que poseen el gen mutante nervadura marrón o Brown midrib (bmr) poseen un contenido reducido de lignina, así como una lignina de características diferente (Cherney et al., 1986). Esto permitiría que estos sorgos tengan una fracción potencialmente degradable mucho mayor.

Como se señaló anteriormente la degradabilidad de la fracción fibrosa está influenciada por la tasa de pasaje. Tamaños de picado más chicos mejoran la compactación de la masa ensilada y aceleran la generación de anaerobiosis, aumentando la calidad del ensilaje. No obstante, se ha observado que menores tamaños de picado aumentan los consumo de materia seca (Gregorini, 2001) debido a una mayor tasa de pasaje del alimento. Si bien un menor tamaño de partícula puede aumentar la degradabilidad *in situ* de la MS y de la FDN del ensilaje, esto podría disminuir la digestibilidad *in vivo* de la FDN. Este aspecto se da por que la FDN está constituida por dos fracciones: una potencialmente digestible (FPD) y una indigestible (FI). La FI desaparece del rumen sólo por pasaje, mientras que la FPD desaparece tanto por pasaje como por digestión. La digestibilidad de la FDN depende de la competencia entre la tasa de digestión y la tasa de pasaje, ya que por ser ambas tasas similares, el aumento de esta última afecta la primera. El agregado de heno o fibra larga es una forma de

aumentar la concentración de fibra efectiva sin necesidad de aumentar el tamaño de picado. El heno formaría una mata ruminal firme que retendría partículas para permitir una mejor digestión y aumentaría la rumia y la insalivación, mejorando el ambiente ruminal. Cuando el ensilaje de planta entera es de calidad (más de 65% de digestibilidad; menos de 48% de FDN; más de 30% de índice de cosecha) puede sustituir una importante cantidad de los concentrados tradicionalmente utilizados, para corregir desbalance de las pasturas y mantener altas producciones de leche o altas ganancias de peso vivo. Como se comentó, la calidad del ensilaje de maíz está relacionada con la concentración, digestibilidad y tasa de digestión de la pared celular (FDN) y con el contenido de grano en el momento de ensilar.

Objetivos de utilización de forrajes conservados

Entre los objetivos de utilización de los forrajes conservados podemos enumerar:

- corrección de desbalances nutricionales
- disponibilidad de alimentos ante situaciones adversas (falta de forraje, otros problemas)
- aumento de carga en sistemas intensificados
- alimentos varios para la preparación de dietas de animales de feedlot

Cada uno de estos objetivos tiene importancia relativa distinta, dependiendo del sistema de producción. En algunos casos puede cubrir al mismo tiempo más de un objetivo.

Ventajas y desventajas del uso de ensilajes de maíz y sorgo

Las principales ventajas son las siguientes:

1.- Alto nivel de producción por hectárea. A medida que se optimiza el uso de la tecnología disponible, se pueden lograr rendimientos de 50 a 60 toneladas de material verde por hectárea en condiciones de secano y buen año, habiéndose obtenido más de 90 toneladas de verde bajo riego. Si consideramos un contenido de materia seca del 30%, las producciones rondan los 15, 18 y 27 toneladas de MS/ha, respectivamente.

2.- Con estas producciones el costo por tonelada de materia seca es bajo ya que el mismo disminuye a medida que aumenta el rendimiento por hectárea.

3.- Si el ensilaje se realiza en el momento adecuado, el mismo es de mediana concentración de energía (2,45 Mcal EM/kg MS), aportada por el almidón del grano de alta digestibilidad y por la fibra. Este es el componente de estructura que impone restricciones al consumo, sobre todo si la velocidad de digestión es baja. La fibra (FDN) ocupa espacio en el rumen, que es liberando por digestión y pasaje, generando de esta manera la posibilidad de un nuevo consumo.

Las desventajas, o características menos favorables del ensilaje de maíz y sorgo son:

1.- Bajo contenido proteico (6 a 9% de PB). Esta característica incorporada como desventaja, no necesariamente es así, cuando se pretende corregir el exceso de PB de las pasturas de otoño-invierno.

2.- Necesidad de inversiones en maquinaria para la extracción, traslado y suministro.

Ejemplos de su uso como suplemento de pasturas

En un planteo de intensificación sobre pasturas o verdeos, si se utiliza una carga adecuada para aumentar la utilización del forraje en primavera, el déficit de forraje más pronunciado se presenta normalmente en el otoño-invierno. Cuando se utiliza el ensilaje de maíz para cubrir el déficit otoño-invernal, la respuesta productiva depende básicamente de la calidad y cantidad del ensilaje suministrado, y de la calidad y cantidad de pastura consumida y del balance proteico final de la dieta. Con la suplementación con ensilaje se logran dos efectos importantes: una sustitución del forraje desbalanceado por ensilaje de maíz, lo que significa un consumo total de proteína menor, y una mejor relación energía/proteína de la dieta consumida (Cuadro 1). El porcentaje de proteína de la dieta baja de 18% (pastura sola) a 14,2% PB, que es un contenido casi ideal para la categoría de terneros de destete. Cuando el aporte de la pastura es muy bajo (20% de la dieta total) la suplementación con ensilaje de maíz no es una alternativa adecuada debido a su bajo tenor proteico. En estos casos la suplementación con alguna fuente proteica sería necesaria para incrementar el porcentaje de proteína de la dieta y mejorar la ganancia de peso.

Cuadro 1: *Suplementación de pasturas con ensilaje de maíz.*

Variables	Relación pastura:ensilaje de maíz		
	20:80	**40:60**	**60:40**
Contenido proteico de la dieta total (%)	9,0	10,2	14,2
Digestibilidad de la dieta total (%)	63	65	67
Ganancia de peso (g/día)	465	930	1150

Uso del ensilaje de maíz para el mantenimiento de altas cargas

En los sistemas intensificados de invernada, uno de los pilares es el incremento de la producción y utilización del pasto. La fertilización de las pasturas permite una mayor producción en momentos del año donde no hay déficit. Por lo tanto, para poder aumentar la eficiencia de utilización del pasto de primavera es necesario implementar cargas altas durante ese período. Esta decisión acrecienta el déficit durante el otoño-invierno, el cual debe ser suplido con suplementos. Como se observa en el Cuadro 2, la utilización de ensilaje permite mantener altas cargas y altas ganancias de peso individual durante todo el ciclo logrando producciones promedio de carne de 800 kg/ha.

Cuadro 2: *Productividad de un sistema intensificado con inclusión de ensilaje de maíz.*

Variables	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Promedio
Carga animal (cab/ha)	5,5	4,5	4,5	4,7	5,0	4,8
Ensilaje maíz (kg/ha)	1665	1663	939	1037	1409	1342
ADPV (g/cab/día)	765	757	676	706	871	755
Productividad (kg/ha)	1217	806	869	933	870	939
Product. correg. (kg/ha)	1014	683	790	819	725	806

De igual forma, la suplementación con 40% de ensilaje de sorgo en estos sistemas permitió incrementar la carga animal en casi un 90%, con aumento de la producción de carne del orden del 60% (Cuadro 3).

Cuadro 3: *Productividad de un sistema con inclusión de ensilaje de maíz o de sorgo.*

Variables	Pastura	Ensilaje maíz	Ensilaje sorgo
Carga (cab/ha)	2,45	4,66	4,66
Carga (kg/ha)	593	1047	1095
Ganancia de peso vivo (kg/día)	0,948	0,913	0,923
Producción de carne en 115 días (kg/ha)	266	483	488
Producción corregida (kg/ha)	266	381	436

Sistema de engorde a corral en base a ensilaje de maíz o sorgo

Feedlot de ciclo completo

La utilización de ensilaje en dietas en una relación grano:forraje de 33:67, y con el mismo nivel de proteína bruta 16% (harina de girasol, 33% PB), difiriendo en la incorporación de un 12% de grano de maíz, base materia seca, permitió obtener durante todo el período de engorde valores de consumo de 6,54 y 6,78 kg/día de alimento, con una ganancia de peso promedio de 1,06 y 1,19 kg/día para las dietas sin grano y con grano, respectivamente. La eficiencia de conversión lograda fue en promedio para los dos tratamientos de 7,7 kg de alimento por kg de ganancia de peso, incluyendo en esta conversión el rechazo (aproximadamente 5%). Los animales se terminaron a un peso promedio de 370 kg en 170 días (Cuadro 4).

Este sistema de alimentación, en base a ensilaje de maíz, permitiría disminuir los costos de alimentación, ya que el alimento puede ser suministrado una vez por día, sin ocasionar ningún inconveniente digestivo (acidosis), como podría ocurrir en un feedlot en base a concentrados y subproductos industriales.

Cuadro 4: *Engorde a corral con silo de maíz.*

Variables	Valores
Peso Inicial (kg)	171
Peso Final (kg)	369
Días totales	169
ADPV (kg/día)	1,17
Espesor grasa dorsal (mm)	8,2

En el Cuadro 5 se muestran resultados de un feedlot de vaquillonas en base a ensilaje de maíz y suplementación proteica.

Cuadro 5: *Vaquillonas en engorde a corral con dietas a base de ensilaje de maíz con distintos niveles proteicos.*

Variables	Dietas (% de PB)		
	12	15	18
Consumo de MS (kg/an./día)	6,88 b	7,61 ab	8,60 a
Consumo de MS (% peso vivo)	2,91 c	3,12 b	3,49 a
GDPV (kg/an./día)	1,01 b	1,11 ab	1,18 a
Conversión (kg MS:GDPV)	6,81	6,86	7,29
Peso vivo final (kg/an.)	294,5	305,5	309,9

Letras diferentes en una misma fila significan diferencias significativas al 5%.

Feedlot de terminación

En ciertas circunstancias, la terminación de la invernada en sistemas pastoriles puede correr riesgos por motivos tales como condiciones climáticas desfavorables, altas cargas, etc., o por no lograr una correcta terminación, factor penalizado por el mercado con bajos precios. En estas situaciones, el encierre de animales con dietas a base de ensilaje y alguna fuente de proteína genera buenos resultados.

El Cuadro 6 muestra los datos de una experiencia donde se alimentaron novillos de distinto biotipo en terminación con ensilaje de maíz y el uso de dos fuentes proteicas, harina de girasol sola y harina de girasol más urea. Cuando se evaluó el efecto de la sustitución de la harina de girasol por urea se observó un aumento del consumo y una tendencia a menor ganancia diaria de peso vivo. Esta relación entre las variables condujo a una eficiencia de conversión significativamente diferente entre los tratamientos.

Cuadro 6: *Consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia y peso final de novillos en terminación consumiendo ensilaje de maíz y dos fuentes proteicas: harina de girasol (HG) y harina de girasol más urea (HG+U).*

Variables	Biotipo chico		Biotipo grande	
	HG	HG+U	HG	HG+U
Consumo de MS (kg/an./día)	8,42	9,45	11,54	13,94
Consumo de MS (% PV)	2,3	2,72	2,31	2,77
GDPV (kg/an./día)	1,36	1,30	1,68	1,44
Conversión (kg MS: GDPV)	6,19	7,27	6,87	9,68
Peso final (kg)	368,6	369,0	526,0	526,7

En terneras engordadas a corral con dietas compuestas por 73% de ensilaje, 26,5% harina de girasol y 0,5% de urea, se comparó el efecto de utilizar ensilaje de sorgo granífero alto en taninos (DK49 T) o maíz (DK780 S). En el Cuadro 7 se puede observar que no hubo diferencias en la ganancia de peso (GDPV), en el espesor de grasa dorsal (EGD) ni en la eficiencia de conversión (EC), aunque los animales consumieron más ensilaje de sorgo debido a que tuvo menor tamaño de picado.

Cuadro 7: *Comportamiento productivo de terneras alimentadas con ensilaje de maíz o sorgo (Depetris et al., 2007).*

Variables	Ensilaje de maíz	Ensilaje de sorgo	EEM	p=
Peso final (kg)	255	252	4,68	NS
GDPV (kg/día)	0,951	1,013	0,031	NS
Consumo (kg MS/día)	6,05	7,11	0,17	0,02
Consumo energía (Mcal EM/día)	13,96	13,30	0,31	NS
EC(kg/kg)	6,51	7,02	0,006	NS
EGD final (mm)	5,35	5,35	0,36	NS

Cuando se evaluó el ambiente ruminal de estos ensilajes se pudo observar que no hubo cambios en el pH ruminal, en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) ni en la concentración de nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$). Sin embargo, la desaparición de la materia seca, proteína y almidón a las 48 horas fue mayor para el ensilaje de maíz que el sorgo alto tanino (Cuadro 8).

El análisis de estos ensayos permite concluir que el ensilaje de sorgo presentó menor degradabilidad de la MS, proteína y almidón debido a la presencia de taninos. No obstante, su utilización equiparó la respuesta productiva del maíz, producto del menor tamaño de partícula. De esta forma, los animales consumieron más ensilaje por la mayor tasa de pasaje, obteniendo la energía de la fracción soluble y rápidamente degradable.

***Cuadro 8**: Ambiente ruminal y desaparición en rumen de ensilajes de maíz y sorgo (Adaptado de Coudert et al., 2004).*

Variables	Ensilaje de maíz	Ensilaje de sorgo	EEM	P=
pH ruminal	6.00	6.01	0.05	NS
$N\text{-}NH_3$(mg/dl)	17.2	19.3	3.96	NS
AGV totales (mmoles/ml)	93.6	90.4	4.4	NS
Acético	57.1	55.1	3.0	NS
Propiónico	20.4	20.4	0.04	NS
Butírico	10.8	10.2	0.6	NS
Fracción soluble MS (%)	15,1	20,1	4,9	NS
Desaparición MS 48 hs (%)	61,2	52,3	1,8	0,002
Desaparición almidón 48 hs (%)	86,5	74,2	3,4	0,02
Desaparición FDN 48 hs (%)	46,9	28,9	2,0	0,01

Como previamente se comentó, la calidad nutricional de los ensilajes está determinada por dos componentes: la cantidad y calidad del grano en la planta al momento de ensilar y el contenido y digestibilidad de la pared celular de la fracción vegetativa. A medida que avanza la madurez de la planta, aumenta el contenido de grano y disminuye la calidad de la fracción vegetativa, por lo que resulta de suma importancia combinar alta producción de grano sin perder calidad de la fracción fibrosa. La alimentación con ensilajes de sorgo blanco mejora la respuesta productiva respecto a la utilización de materiales con altos taninos, debido a la mayor digestibilidad del grano y posiblemente de la planta. A su vez, también logran mayor performance que los genotipos nervadura marrón (BMR), probablemente por el menor contenido de grano de estos últimos y el bajo aporte de energía ofrecido por la fracción fibrosa debido a un tiempo limitado de retención ruminal. El ensilaje de maíz superó en este caso a los

ensilajes de sorgo, debido al mayor contenido de almidón (Cuadro 9). Sin embargo, en otras experiencias, comparando sorgos altos en taninos y maíz, cuando el primero se picó más finamente igualó las ganancias de peso y la tasa de engrasamiento que el maíz, pero con una menor eficiencia de conversión generada por el mayor consumo.

Cuadro 9: *Respuesta productiva de terneras alimentadas con ensilajes de planta entera de maíz o distintos sorgos.*

Variables	Ensilaje de maíz	Ensilaje de sorgo		
		Blanco	BMR	Tanino
Ganancia de peso (kg/an/día)	0,785a	0,764a	0,687ab	0,597ab
Tasa de engrasamiento (mm/mes)	0,81a	0,46b	0,26b	0,31b
Consumo MS (kg/an/dia)	8,49	8,90	8,37	8,52
Conversión (kg alimento/kg ganancia)	10,7a	11,7a	12,2ab	14,2b

Los sorgos con altos niveles de taninos presentan menor degradabilidad de la materia seca y proteína a las 12 horas de incubación, y sólo a las 48 horas igualarían la digestibilidad que alcanzan otros materiales. Sin embargo, las dietas que contienen ensilajes no tendrían ese tiempo de permanencia en el rumen. Igual situación se da para el caso de los BMR: si bien presentan mayor digestibilidad *in vitro*, cuando se lo evaluó *in situ* no se observaron diferencias a las 24 horas y si recién a las 48 horas de incubación. Tampoco se observaron diferencias cuando se evaluó la digestibilidad *in vivo* en comparación con otros ensilajes, quedando muy poco clara la ventaja de su menor nivel de lignina. Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas de desaparición ruminal de la MS y del almidón de distintos tipos de ensilajes.

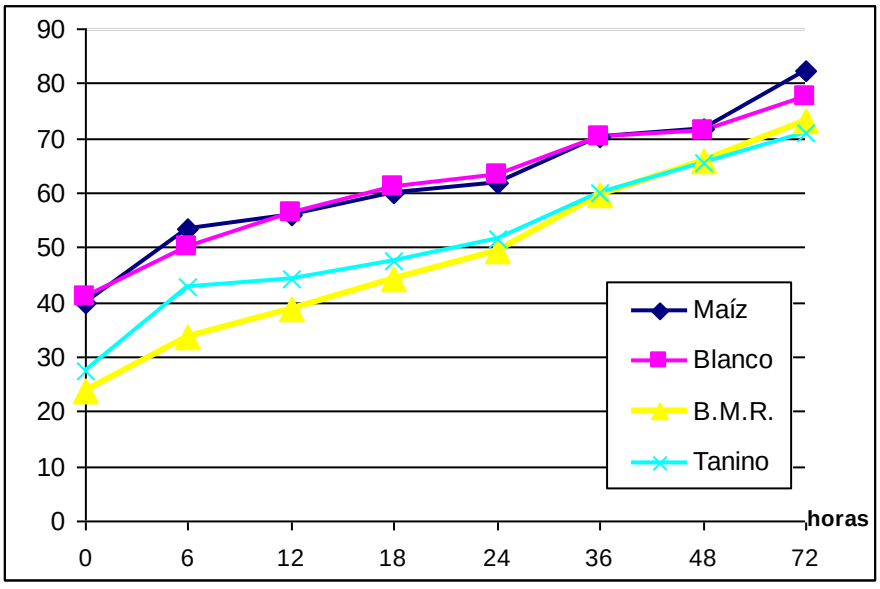


Figura 1: *Desaparición de la MS de ensilajes de planta entera de maíz y sorgo*.

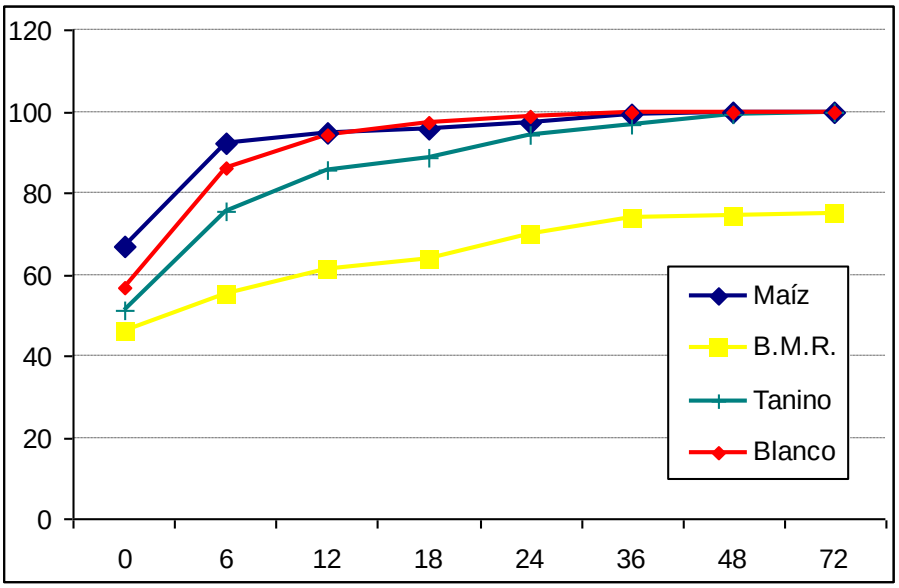


Figura 2: *Desaparición del almidón de ensilajes de planta entera de maíz y sorgo.*

Efecto del tamaño de picado en ensilajes de sorgo BMR

El tamaño de picado (TP) es un parámetro que influye en la calidad nutricional del material ensilado. Un picado muy fino puede afectar negativamente la digestibilidad y, por lo tanto, la eficiencia de utilización del alimento, en especial en los materiales BMR los cuales tendrían una mayor digestibilidad de la fibra. Por el contrario, el aumento en el TP incrementa el tiempo de retención en rumen posibilitando una mayor digestión del ensilaje. Para validar estas afirmaciones se realizó un ensayo en donde se evaluaron dos híbridos de sorgo BMR (DM y CH) con diferentes tamaños de picado (3 y 15 mm) sobre el comportamiento productivo de animales alimentados a corral (Cuadro 10). No se observaron efecto del híbrido sobre ninguna de las variables evaluadas. La eficiencia de conversión tampoco fue afectada por el tamaño de picado. En cambio, la ganancia de peso, el consumo y el engrasamiento fueron afectados por este factor de manera significativa, siendo estos mayores en los animales que consumieron el ensilaje picado a 3 mm. La interacción híbrido x picado (HxP) fue significativa para la tasa de engrasamiento (TE), siendo CH3mm mayor que CH15mm. Esta diferente respuesta se debería al menor contenido de almidón (9,55 *vs.* 18,65%) que se observó en el ensilaje CH15mm. El tamaño de picado no modificó la TE del híbrido DM. En estos dos genotipos el menor tamaño de picado aumentó la ganancia peso debido al mayor consumo, sin modificar la eficiencia de conversión (EC).

Cuadro 10: *Comportamiento productivo de novillos alimentados con ensilajes de sorgos BMR (Depetris et al., 2007).*

Variables	Híbrido DM		Híbrido CH		Efecto		EEM
	3 mm	15 mm	3 mm	15 mm	Picado	HxP	
ADPV (kg/día)	0,978	0,942	0,990	0,865	***	NS	0,031
EGD Final (mm)	6,05	5,93	6,63	5,70	*	NS	0,21
TE (mm/mes)	0,88	0,82	1,00	0,63	-	**	0,05
CMS (kg/día)	9,25	9,04	9,85	8,37	**	NS	0,28
EC (kg/kg)	9,46	9,60	9,95	9,71	NS	NS	0,29

EEM: Error estándar de la media

** p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,001; NS = diferencias no significativas*

Efecto del tamaño de picado y el agregado de fibra larga en ensilajes de sorgo BMR

Como en el ensayo descripto previamente se observó que el incremento del TP no afectó la respuesta productiva, se planteó un nuevo ensayo en donde se combinó el efecto del TP (5,8 *vs.* 9,4mm) con el agregado de fibra larga (0 y 10%) en la ración. Esto permitiría aumentar el tiempo de permanencia del forraje en el rumen y, por otro lado, generar un ambiente más favorable para la actividad celulolítica. Se pudo observar que el TP no afectó ninguna de las variables evaluadas, en cambio el agregado de heno afectó negativamente el comportamiento productivo (Cuadro 11).

Cuadro 11: *Comportamiento productivo de novillos alimentados con ensilajes de sorgos BMR (Alende et al., 2007).*

Dieta	Tamaño de picado		EEM	Nivel de heno		EEM	TPxNH
	Fino	Grueso		0%	10%		
CMS (kg/día)	5,39	5,18	0,035	5,43a	5,13b	0,035	NS
ADPV (kg/día)	0,71	0,63	0,027	0,78a	0,76b	0,027	NS
EC (kg/kg)	0,132	0,140	0,004	0,145a	0,128b	0,004	NS
TE (mm/mes)	0,08b	0,08	0,03	0,05	0,10	0,03	NS

Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas.

Conclusiones

No quedan dudas que los forrajes conservados forman parte de los sistemas de producción de carne de nuestro país. Estos deben ser confeccionados no sólo con el objetivo de incrementar la productividad por hectárea, a través de la carga, sino la de aumentar la producción individual (GDPV) a través de una adecuada calidad, que redunda en mayor consumo total, si se realiza una suplementación correcta. Para poder lograr estos objetivos es necesario tener en cuenta aspectos fundamentales desde el inicio del cultivo hasta el momento del suministro. Se puede observar que la utilización de híbridos de sorgo con alto contenido de taninos, en la forma de ensilaje de planta entera, afecta negativamente la respuesta productiva respecto a los sorgos que no tienen taninos y al maíz. En el caso de los sorgos blancos (sin taninos) presentarían similares digestiones que el maíz y la respuesta productiva estaría más definida por la proporción de grano (almidón) en el ensilaje. Con respecto a los híbridos que tienen el gen de nervadura marrón (BMR), si bien las conclusiones aun no son definitivas, creemos que no expresarían el potencial de mayor digestión de la fibra, ya que el tiempo de permanencia del ensilaje en rumen sería muy corto y el agregado de fibra larga afectaría claramente el ambiente ruminal y la respuesta productiva. En estos materiales seguiría siendo importante el contenido de grano y la cantidad de componentes altamente degradables.

"REQNOV" Y "REQNOV PLUS": PROGRAMAS QUE INTEGRAN ASPECTOS NUTRICIONALES, DE MANEJO Y ECONÓMICOS EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES

Héctor H. FERNÁNDEZ
INTA EEA Balcarce
fernandez.hector@inta.gob.ar

"One of the real needs in our experiment stations is for more of an interdisciplinary approach to the production problems of agriculture". Glenn J. Johnson (Interdisciplinary considerations in research on feed utilization by dairy cows. In: Nutritional and economic aspects of feed utilization by dairy cows. (Ed.) C.R. Hoglund, G. L. Johnson, C. Lassiter and L. McGilliard. Ames: Iowa State College Press, 1959)

Introducción

Los estudios relacionados con la nutrición y alimentación de bovinos en crecimiento y terminación nos presentan un panorama en el que existe una amplia gama de factores que influyen en la respuesta productiva, siendo alguno de ellos de gran impacto. Existen estudios relacionados con el uso de diversas reservas forrajeras (ensilajes, rollos, fardos), varias clases de subproductos, diferentes niveles de proteína bruta, degradable y no degradable en el rumen, y aún de aminoácidos pasantes, balances de cationes y aniones, aditivos, modificadores de la fermentación ruminal, etc. Todo un cúmulo de conceptos e información vinculados con la producción de carne. Dentro de ese contexto el productor debe tomar decisiones relacionadas con una adecuada alimentación y nutrición en un determinado marco económico. Debido a la gran superficie de nuestro país y sus diferentes ambientes, razas, sistemas de producción y la disponibilidad de distintas fuentes alimenticias, es muy difícil recomendar algún tipo de ración en especial que se adecue a todas las circunstancias productivas. La evaluación de las diferentes alternativas y la elección del mejor curso de acción representan la esencia del análisis de la toma de decisiones. Herramientas para analizar y tener en cuenta simultáneamente todos esos tipos de datos (provenientes del campo de la alimentación y nutrición, a los que se le suma información económica), son los programas del INTA "Reqnov" y "Reqnov Plus". El primero de ellos es un evaluador y el segundo usa como método para formular raciones la "programación lineal". En un pasado no muy distante, la programación lineal fue un campo altamente especializado que sólo podía ser practicado por aquellos que tuvieran acceso a una supercomputadora

y conocimientos avanzados de lenguajes de programación y matemática. Por medio de este poderoso instrumento de análisis y ayuda en la toma de decisiones se obtienen raciones de mínimo costo. Con este tipo de programas se pueden contestar preguntas tales como:

- ¿Cuánto pasto será consumido en una determinada pastura?
- ¿Cuál es el efecto sobre los requerimientos de cambios en el clima?
- ¿Cuál es la sustitución de grano por pastura en una dada condición?
- ¿Qué alimentos producir, comprar y en qué cantidades?
- ¿Cuál es el precio máximo que se está dispuesto a pagar por un alimento utilizado?
- ¿Por debajo de qué precio un alimento no seleccionado en la ración de mínimo costo sería incluido en la misma?

Preguntas de este tipo son respondidas teniendo en cuenta una gran cantidad de características de los alimentos, de los animales, del clima y de precio de los recursos utilizados. Estos tipos de programas son considerados como instrumentos integradores - sintetizadores - condensadores de información, que permiten en cuestión de segundos, teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, formular raciones y, con el Reqnov Plus, de mínimo costo. Inmediatamente se desprende de lo anterior que se puede responder innumerables veces a la pregunta "¿qué pasaría si?" de una manera racional y cuantitativa. Por ser la alimentación uno de los rubros más importante de los gastos variables, si se los reduce, mayores serán los ingresos y por lo tanto el beneficio económico del sistema de producción. El uso de los programas Reqnov y Reqnov Plus trae los siguientes beneficios:

- Hace uso de una poderosa metodología para organizar el pensamiento y la información en la toma de decisiones
- Hace explícito a los supuestos
- Permite realizar análisis de sensibilidad
- Es un camino expeditivo para explorar preguntas "¿qué pasaría sí...?"
- Es una vía objetiva de evaluar las consecuencias de decisiones alternativas
- Es menos caro analizar un problema de toma de decisión con un modelo
- Quizás el más importante de los beneficios, es que este tipo de modelo nos permite ganar en comprensión y profundidad acerca de los factores involucrados en la toma de decisión de la alimentación

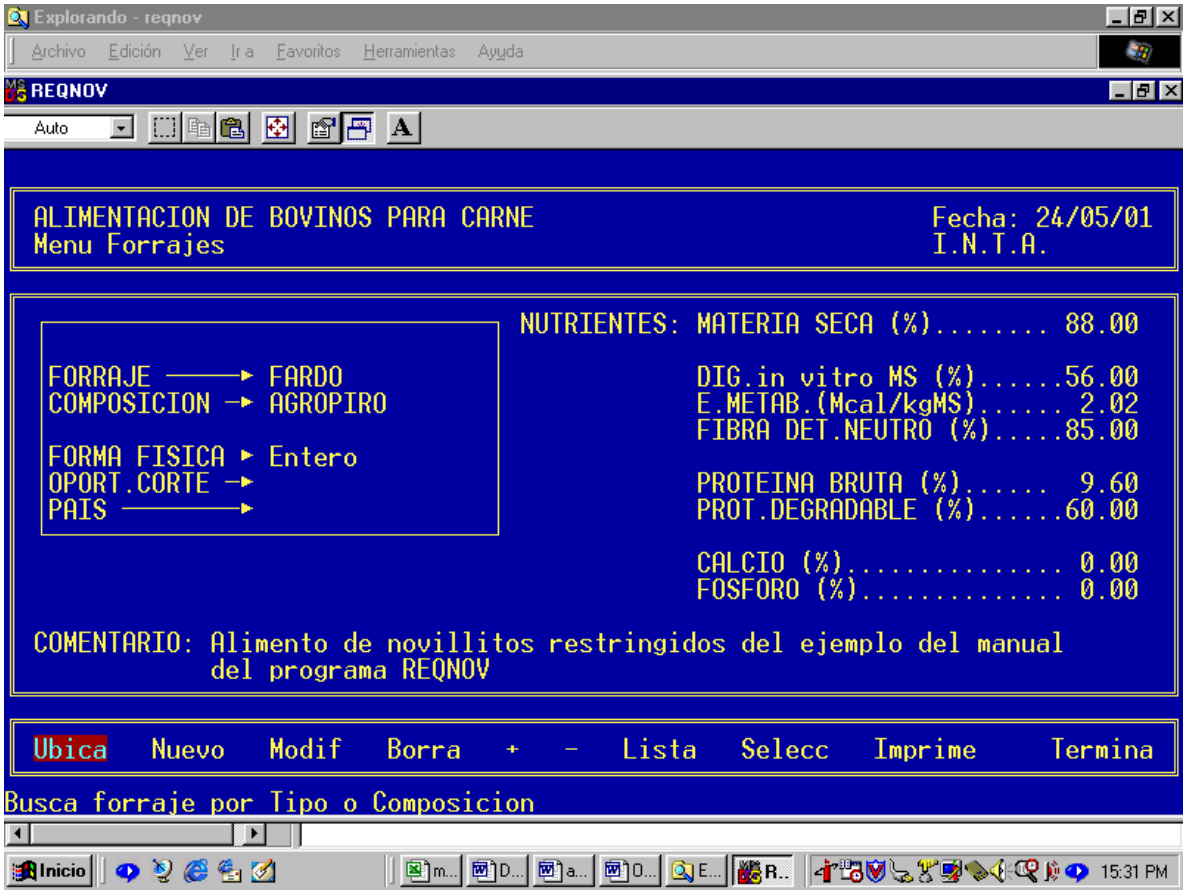
El uso de este tipo de herramientas de ayuda en la toma de decisiones permitió años atrás advertir acerca del bajo valor nutritivo de los ensilajes de maíz en la Argentina. En efecto, cuando esta reserva se ponía a competir con otros alimentos, dada su calidad y precio, en general no era seleccionada para formar parte de raciones de mínimo costo en vacas lecheras *(ver "Formulación de raciones de mínimo costo en vacas lecheras", Publicación Miscelánea N° 73, EEA Rafaela, 1996)*.

Reqnov

Este programa se comenzó a desarrollar con anterioridad al Reqnov Plus con el objetivo de facilitar a extensionistas, asesores, productores, estudiantes, etc., la evaluación de la alimentación de bovinos para carne. La premisa principal del programa fue que sea sumamente fácil de manejar por los usuarios. Para hacerlo "correr" (andar) sólo hay que hacer un acceso directo y hacer clic en su ícono luego de instalarlo. Esto es así ya que es un ejecutable directo y, por lo tanto, no necesita de ningún utilitario y por ende no es necesario aprender nada, además del manejo del programas en sí mismo.

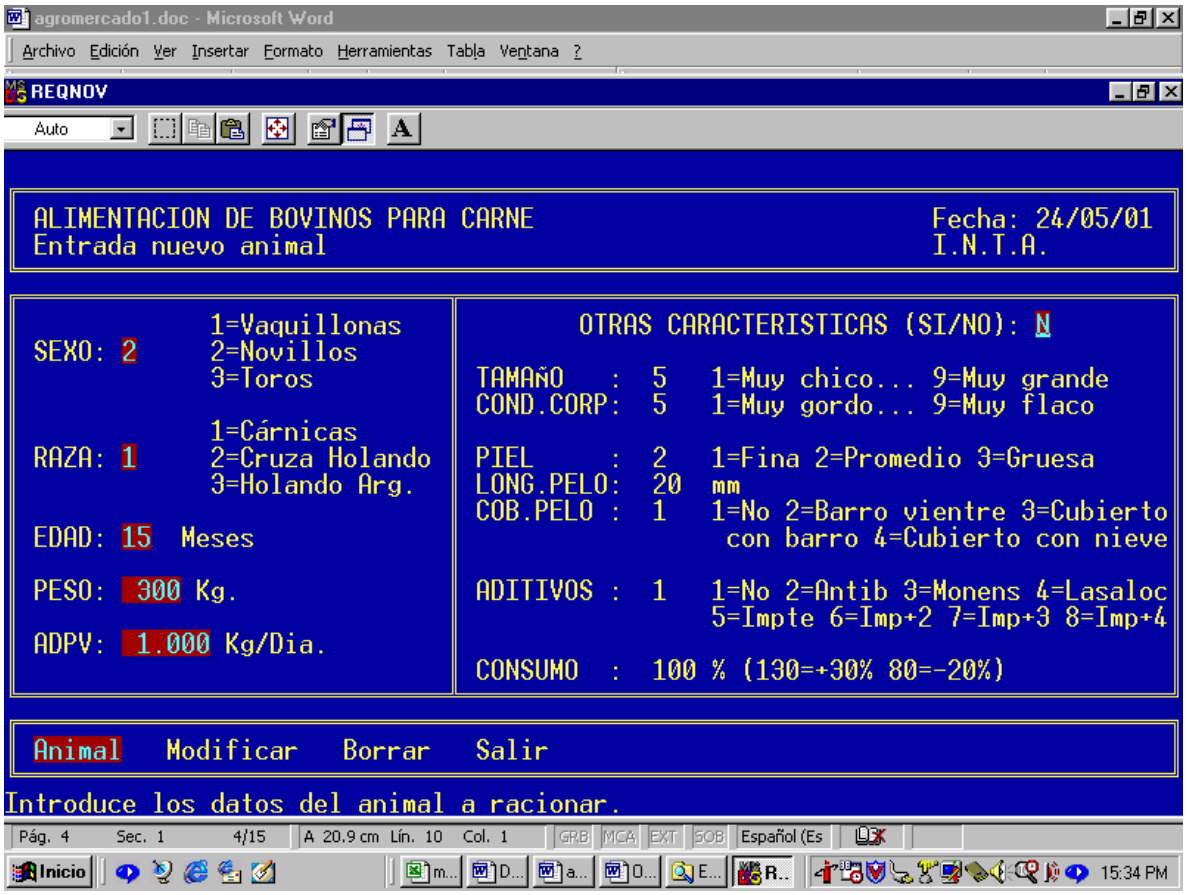
El programa contiene una base de datos en la cual se pueden introducir hasta 999 alimentos. La cantidad de alimentos que existen actualmente es de alrededor de 150, clasificados como pasturas, rollos, fardos, ensilajes, granos, subproductos y verdeos. También es factible borrar a los que no se necesitan más o modificarlos si fuese el caso. Es decir, considera lo que se conoce como ABM (altas, bajas y modificaciones). Otra opción del programa es la posibilidad de seleccionar alimentos que cumplan con determinados requisitos.

En los programas es factible trabajar los alimentos tanto sobre base seca como sobre base húmeda. Los diferentes ítems que se consideran son: energía metabolizable (Mcal/kg MS), proteína bruta (%), proteína degradable en el rumen (%), proteína no degradable (%), fibra detergente neutro (%), calcio (%) y fósforo (%). Además, es posible realizar en cada ficha de alimentos de la base de datos un comentario. Una opción de impresión permite obtener un listado de la base de datos de los alimentos.

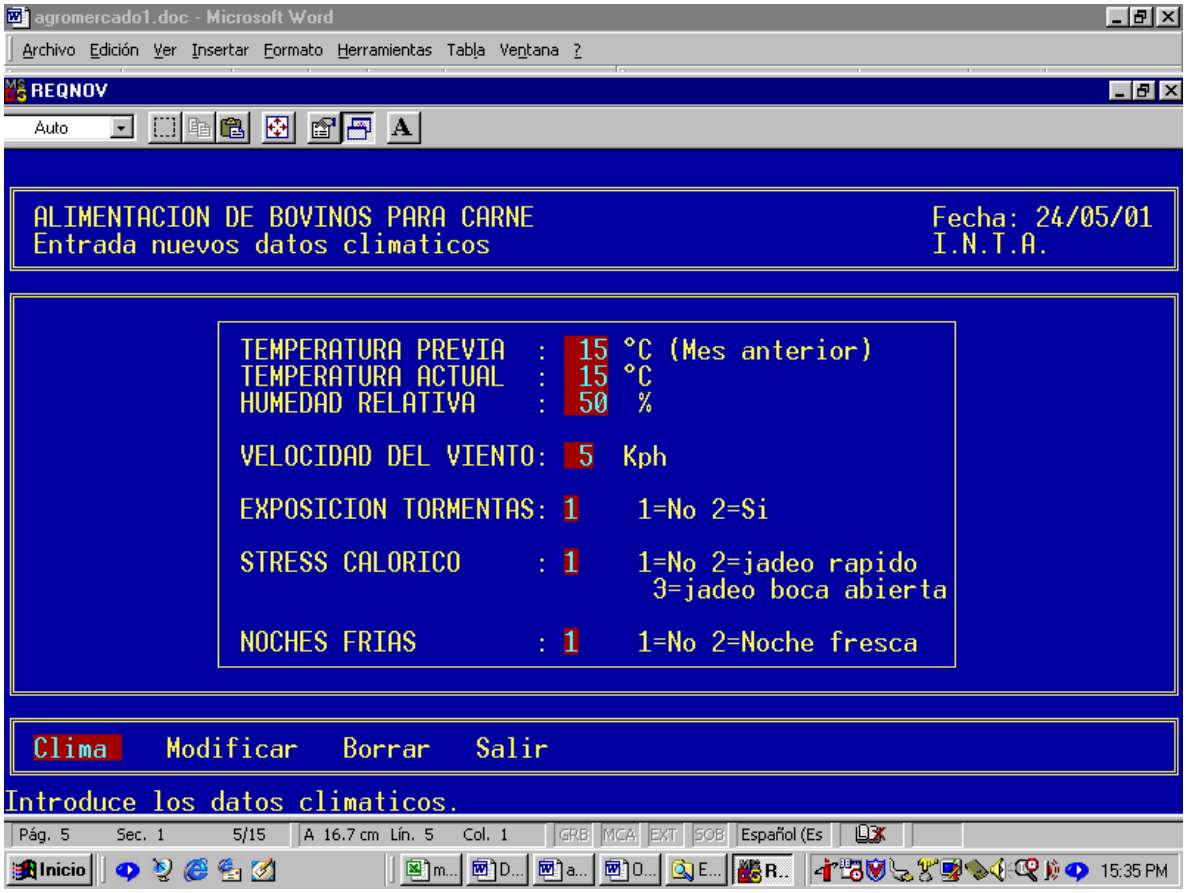


La opción que permite formular raciones considera características del animal, del clima, de la calidad de la ración y características de la pastura a partir de la cual se puede predecir el consumo en condiciones de pastoreo y luego estimar el costo energético de esta actividad.

Con respecto al animal (en el Reqnov) se tiene en cuenta el sexo, edad, raza, peso y aumento diario de peso. Otras características del animal que se pueden introducir son: tamaño corporal, condición corporal, cobertura del pelo y aditivos.

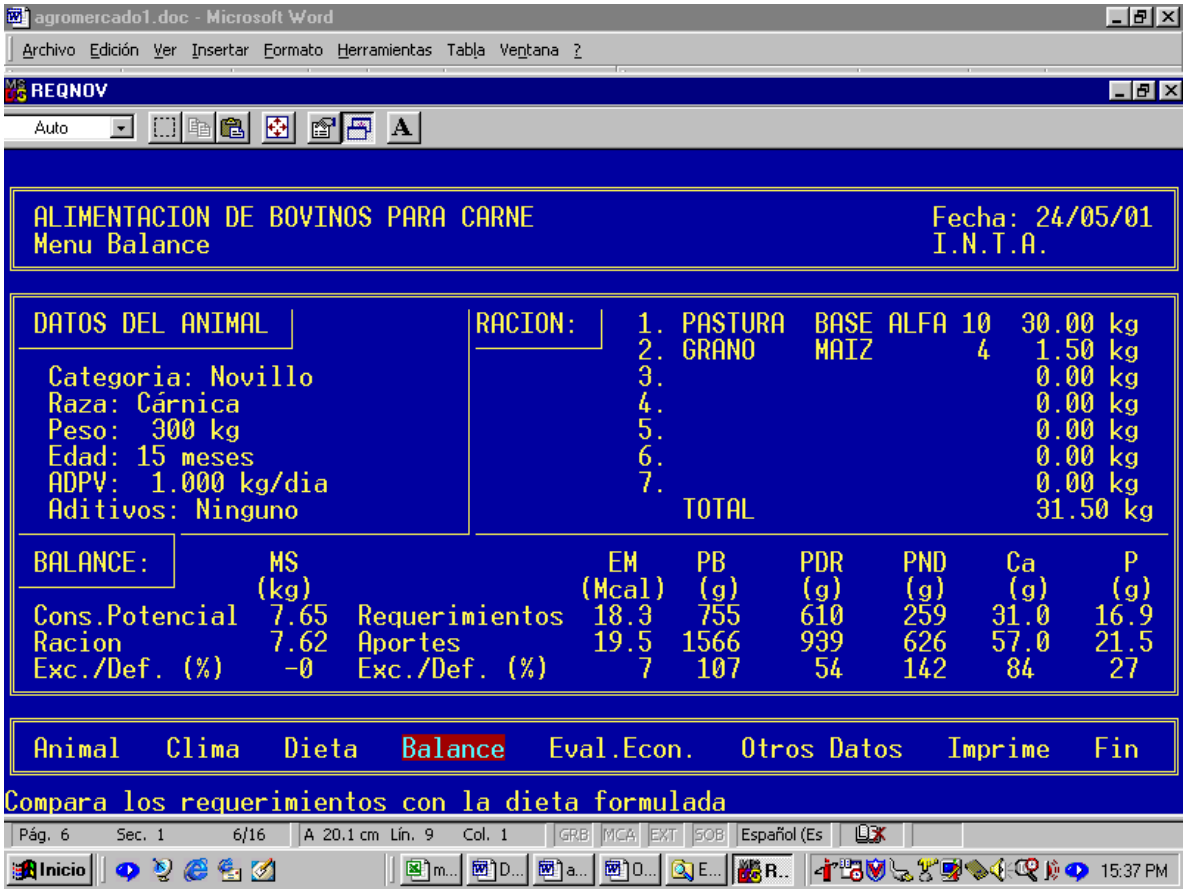


En la pantalla de entrada de datos climáticos se consideran la temperatura del mes previo, la actual, la velocidad del viento, la exposición a lluvias, si existe stress calórico y, si es verano, si refresca a la noche.

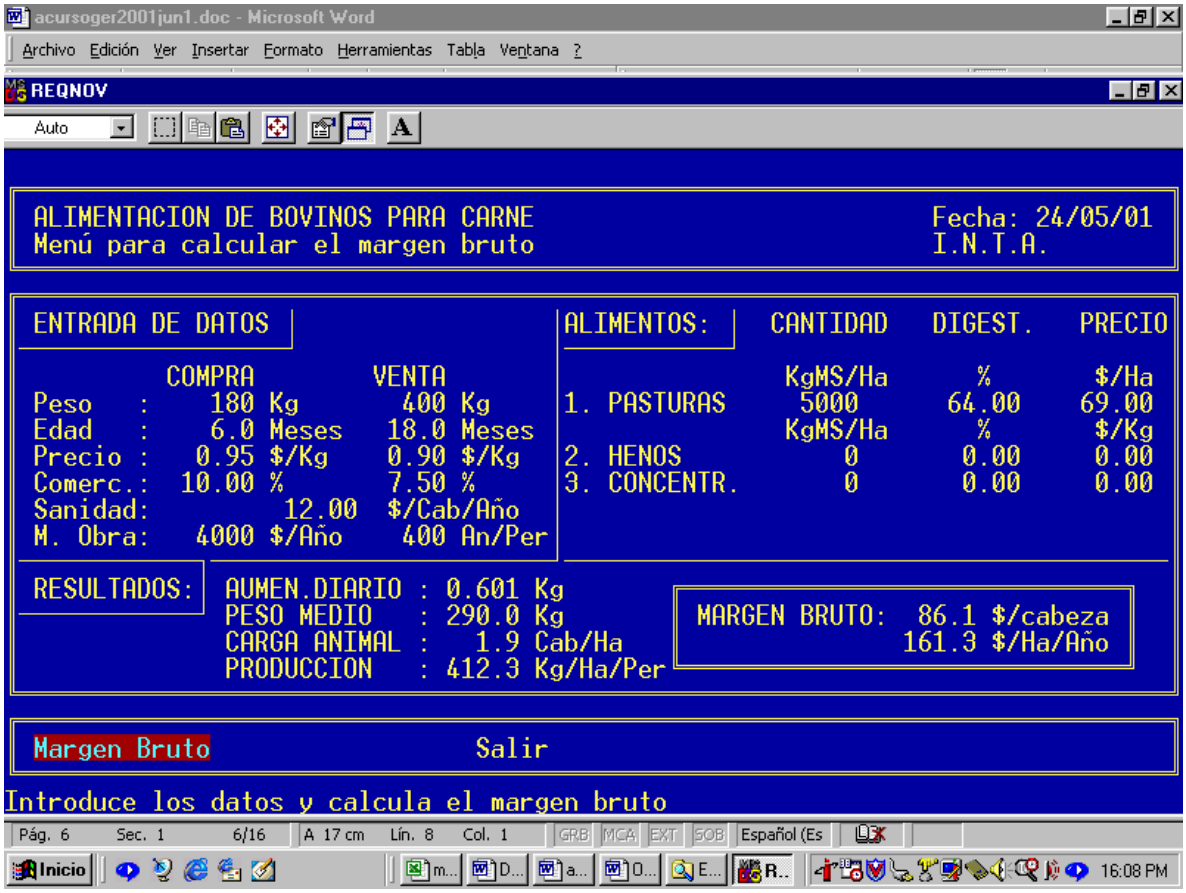


Una vez formulada la ración es posible determinar si es adecuada o no. Uno de sus mayores potenciales es poder analizar rápidamente, y tantas veces como se lo desee, "qué pasaría si". Con este tipo de programas realmente se dispone de mucho tiempo para pensar, tiempo que de otra manera habría que destinarlo a realizar cuentas. No muchas personas poseen tal paciencia.

El balance de lo requerido *versus* lo ofrecido es realizado en términos de consumo de materia seca, energía metabolizable, proteína bruta, proteína degradable en el rumen, proteína no degradable, calcio y fósforo.



Una opción muy interesante es la de la evaluación económica. Esta alternativa calcula el margen sobre los gastos de alimentación, el margen bruto de diferentes sistemas de producción y el costo de implantación y mantenimiento de pasturas y verdeos.



Los resultados pueden ser impresos de manera personalizada. Poseen un manual del usuario que lo guía por cada una de las opciones del programa de manera que cualquier persona que lo lea con atención pueda hacerlo andar. En el manual del usuario del Reqnov hay una sección de "Ejemplos de uso" en la que se analizan casos concretos de alimentación al mismo tiempo que se chequea la bondad de las predicciones.

Reqnov Plus

Análisis de casos

Con el objetivo de ejemplificar su uso y obtener respuestas a preguntas como las mencionadas anteriormente, se analizarán diversas situaciones de producción con el objetivo de mostrar la información suministrada por esta clase de herramienta de ayuda en la toma de decisiones relacionadas a la alimentación y nutrición.

Antes que nada conviene mencionar que los resultados de los casos analizados no deben ser interpretados como un consejo u opinión a favor o en contra de algún recurso alimenticio. Se trata solamente de un ejercicio en el que los resultados son válidos en esas particulares circunstancias y que pueden estar desligados de otros aspectos importantes desde el punto de vista del productor (maquinaria, instalaciones, mano de obra, etc.).

El uso de este programa se ejemplificará con la formulación de raciones en dos situaciones generales:

Situación 1. - Largo plazo
Situación 2. - Corto plazo

En cada uno de los casos analizados, un conjunto de forrajes, subproductos y granos están disponibles para ser "potencialmente" utilizados en la formulación de la ración de mínimo costo.

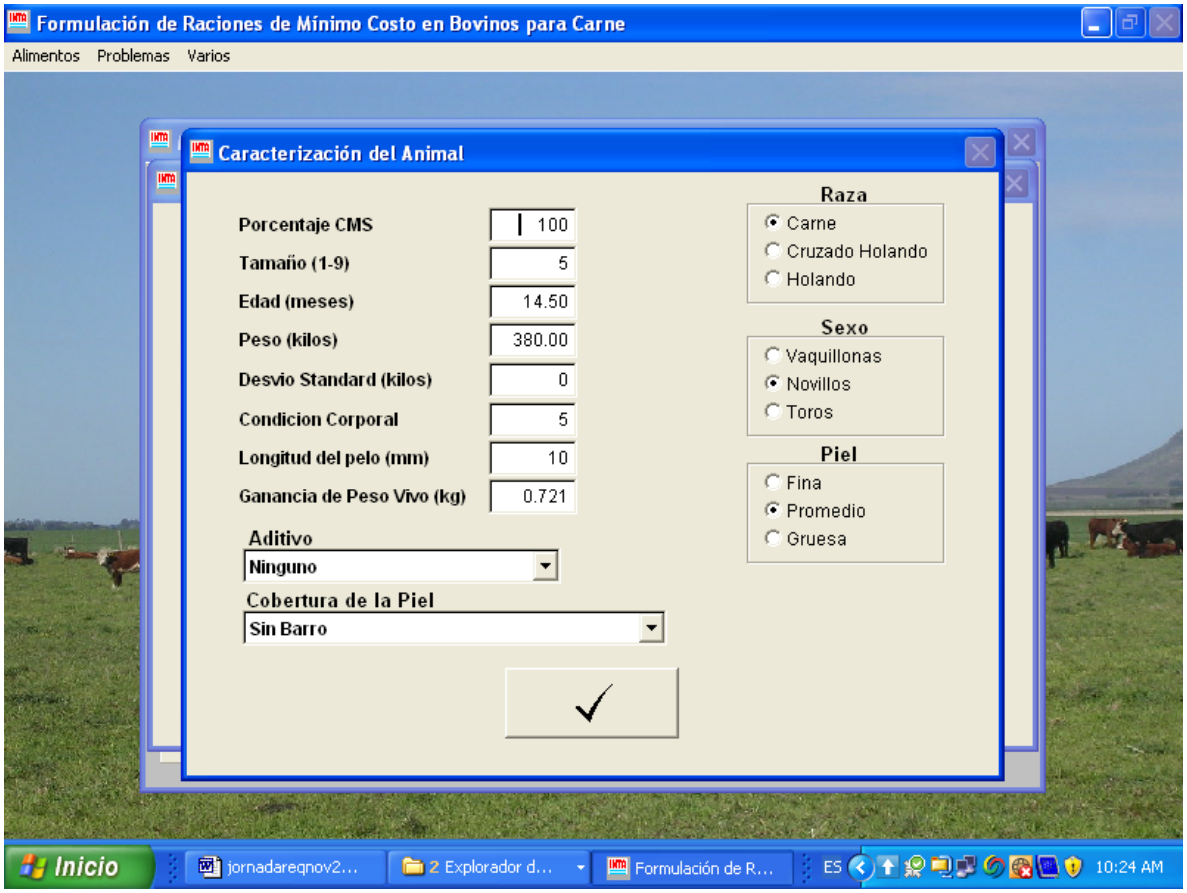
Definición de largo y corto plazo

- ✓ *Largo plazo:* en este caso no existe ninguna arbitrariedad o sesgo en la selección de los alimentos que formarán parte de la ración. Sirve para analizar si, desde el punto de vista puntual de la alimentación y nutrición, es económicamente conveniente utilizar o no determinados alimentos. Los alimentos son seleccionados por razones de orden nutricional, de calidad de los alimentos, precios de los mismos y nivel de producción al cual están destinados. Esto significa que ningún alimento *a priori* es incluido en la ración, ni se le ponen condiciones a su inclusión, o de alguna manera se intenta manipular la formulación de la ración por algún criterio distinto del que posee intrínsecamente la técnica de la programación lineal.

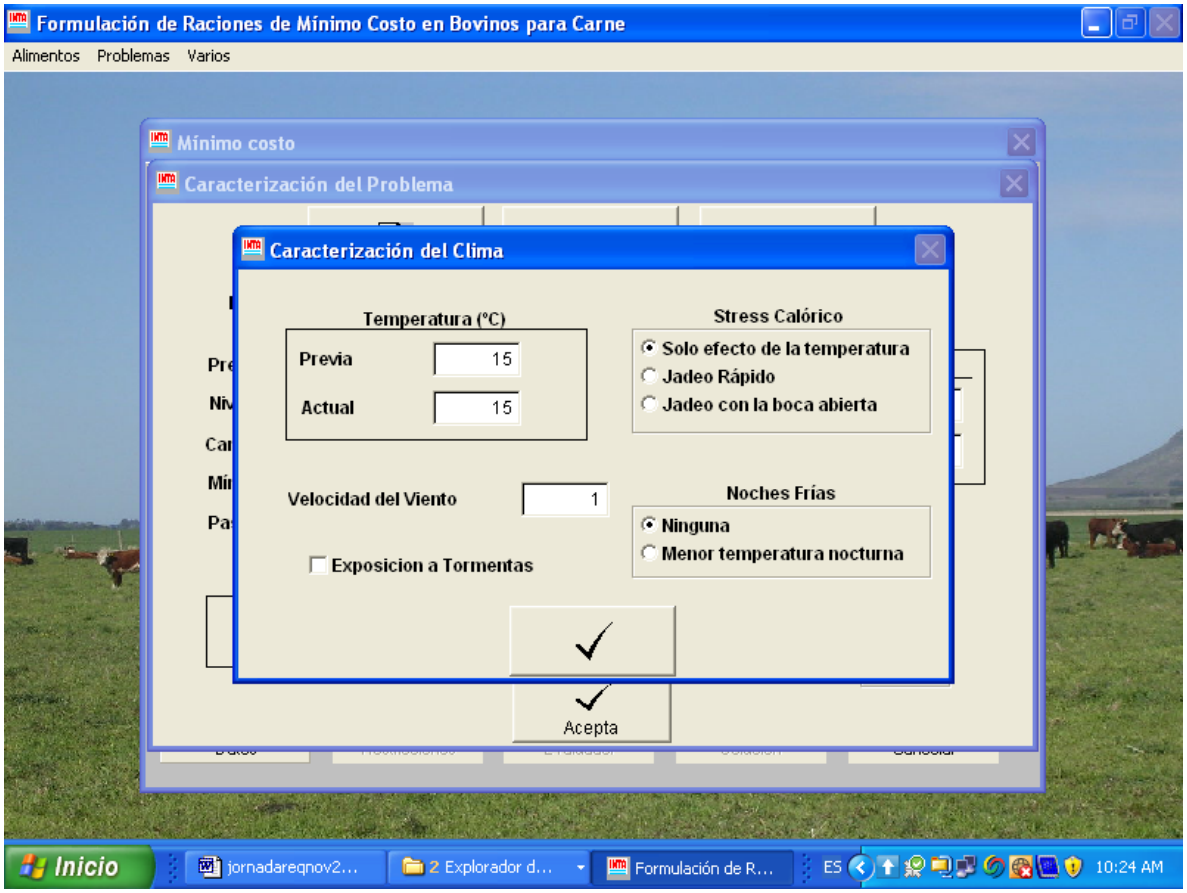
- ✓ *Corto plazo:* en este caso ciertos alimentos son incluidos o limitados sin otro tipo de consideración más que razones de orden coyuntural. Por ejemplo: al silo hay que utilizarlo porque ya está confeccionado; limitar el uso de las pasturas porque existe poca disponibilidad, etc. En definitiva, los alimentos no son seleccionados sólo por su habilidad para competir por formar parte de la ración (por sus cualidades nutricionales y de precio). Existe en algunos alimentos interés en que sean incluidos o limitados en su uso.

En el primer caso (largo plazo) se permite un consumo máximo de pastura de 7 kg de MS (podría ser la primavera) y, en el segundo (corto plazo), el máximo consumo permitido de pastura es de 3 kg de MS (podría ser invierno y el productor tiene poco pasto) y, además, el contenido de energía metabolizable del ensilaje es de 2.4 Mcal/kg de MS (ver el Anexo sobre Calidad de Ensilajes), el cual es utilizado en la ración de manera obligatoria (porque el productor ya lo confeccionó y tiene que utilizarlo sí o sí), como mínimo en un 25% del consumo total la ración.

En las pantallas siguientes se puede observar las características generales de los animales y el clima.


Formulación de Raciones de Mínimo Costo en Bovinos para Carne
Alimentos Problemas Varios
Caracterización del Animal
Porcentaje CMS 100
Tamaño (1-9) 5
Edad (meses) 14.50
Peso (kilos) 380.00
Desvio Standard (kilos) 0
Condicion Corporal 5
Longitud del pelo (mm) 10
Ganancia de Peso Vivo (kg) 0.721
Aditivo
Ninguno
Cobertura de la Piel
Sin Barro
Raza
Carne
Cruzado Holando
Holando
Sexo
Vaquillonas
Novillos
Toros
Piel
Fina
Promedio
Gruesa
Inicio
jornadareqnov2...
2 Explorador d...
Formulación de R...
ES
10:24 AM

88


Formulación de Raciones de Mínimo Costo en Bovinos para Carne
Alimentos Problemas Varios
Mínimo costo
Caracterización del Problema
Caracterización del Clima
Temperatura (°C)
Previa 15
Actual 15
Stress Calórico
Solo efecto de la temperatura
Jadeo Rápido
Jadeo con la boca abierta
Velocidad del Viento 1
Noches Frías
Ninguna
Menor temperatura nocturna
Exposicion a Tormentas
Acepta
Inicio
jornadareqnov2...
2 Explorador d...
Formulación de R...
ES
10:24 AM

Las raciones son formuladas para cuatro grupos o niveles de producción (0.75, 1.0, 1.25 y 1.50 kg de ganancia de peso vivo por día). Si bien es factible colocar un tope, no existen niveles máximos permitidos de requerimiento de proteína degradable en el rumen (para evitar excesos).

Para la formulación de las raciones los alimentos seleccionados (forman parte de una base de datos de aproximadamente 120) son:

Forrajes:

1) pastura base alfalfa
2) fardo de alfalfa
3) ensilaje de maíz

Concentrados y subproductos:

4) grano de maíz
5) grano de sorgo
6) grano de trigo
7) balanceado
8) semilla de algodón
9) afrecho de trigo peleteado
10) pellets de soja
11) hez de malta prensada
12) pulpa de citrus deshidratada
13) pellets de girasol
14) suplemento mineral

Recomendación: una buena costumbre al trabajar con cualquier programa de mínimo costo es incluir, como mínimo, entre los alimentos disponibles para formar la ración un forraje, una fuente energética, una fuente proteica y un suplemento mineral. Esto no significa que todos ellos sean utilizados sino que, en caso de ser necesarios, estén disponibles.

En el Cuadro 1 se pueden observar los resultados para el Caso 1, cuando se permite hasta un máximo de 7 kg de MS de pastura en cada uno de los niveles de producción. (Aclaración: los precios usados no son precios actuales, son precios ficticios).

Cuadro 1: *Ración de mínimo costo para el Caso 1 (largo plazo).*

Alimentos intervinientes (kg MS/día)	**Nivel de producción (kg/día)**			
	0.75	**1.00**	**1.25**	**1.50**
Pastura	4.86	5.42	5.37	0.71
Fardo de alfalfa	3.78	2.13	0.86	
Pulpa de citrus deshidratada				1.10
Semilla de algodón		0.92	1.77	1.53
Grano de maíz			0.90	3.32
Pellets de soja				0.98
Costo ($/a/d)	**0.131**	**0.196**	**0.322**	**0.742**

En el Cuadro 2 se determina para cada uno de los niveles de producción la composición de la ración. En este caso el máximo permitido de pastura es de 3 kg de MS por animal y por día (Caso 2) y el silo entra de manera obligatoria con, por lo menos, un 25% del consumo de materia seca.

Cuadro 2: *Raciones de mínimo costo para el Caso 2 (corto plazo).*

Alimentos intervinientes (kg MS/día)	**Nivel de producción (kg/día)**			
	0.75	**1.00**	**1.25**	**1.50**
Pastura	3.00	3.00	3.00	0.27
Ensilaje de maíz	2.17	2.24	3.21	0.38
Semilla de algodón		1.15	1.77	1.53
Fardo de alfalfa	3.51	2.58		
Grano de maíz			0.89	3.20
Citrus deshidratado				1.11
Pellets de soja				1.14
Costo ($/a/d)	**0.194**	**0.283**	**0.409**	**1.236**

La ración para una GPV de 1.5 kg sólo pudo formularse cuando el mínimo de ensilaje fue bajado al 5%. Cuando se intentó colocar como mínimo un porcentaje mayor no fue posible formular una ración que satisfaga todos los requerimientos. Esto se debe fundamentalmente a que la concentración calculada de EM de la ración debe ser de 3.2 Mcal EM/kg MS y si se incluye más del 5% de ensilaje de maíz no es posible alcanzar tal concentración de energía en la ración.

En ambas situaciones (largo y corto plazo), para un precio de $0.8 el kilo vivo, el margen sobre gastos de alimentación alcanza un máximo alrededor de una ganancia de peso vivo de 1.25 kg. Mediante esta técnica, al hacer un barrido de raciones de mínimo costo en distintas ganancias de peso vivo, se puede determinar cuál es la de máximo beneficio desde el punto de vista alimenticio.

La valuación económica de los alimentos no utilizados en la ración de mínimo costo puede realizarse mediante la utilización de los “precios de oportunidad”. El precio de oportunidad es el precio que tendría que tener un alimento que no forma parte de la ración para ser incluido en la misma. Si se observan los Cuadros 3 y 4 (Casos 1 y 2, respectivamente) se puede comprobar la naturaleza dinámica de dicho valor en los distintos alimentos.

Cuadro 3: *Precios de oportunidad ($/tonelada) de los alimentos cuando el máximo de pastura permitido es de 7 kg de MS/animal/día (Caso 1, largo plazo).*

Alimentos	Nivel de producción (kg/día)			
	0.75	**1.00**	**1.25**	**1.50**
Grano de maíz (87)	0	76	Base	Base
Grano de sorgo (62)	0	41	46	0
Grano de trigo (115)	0	21	24	0
Fardo de alfalfa (23)	Base	Base	Base	0
Ensilaje de maíz (12)	0	0	0	0
Afrechillode trigo (60)	0	48	53	0
Semilla de algodón (85)	0	Base	Base	Base
Pellets de soja (160)	0	63	74	Base
Hez de malta (14)	0	0	0	0
Balanceado (120)	0	43	49	37
Pellets de girasol (68)	0	38	41	28
Suplemento mineral (310)	87	0	0	125

(entre paréntesis: $/Tonelada), Base = incluido en la ración

Cuadro 4: *Precios de oportunidad ($/tonelada) de los alimentos cuando el máximo de pastura permitido es 3 kg de MS/animal/día y el ensilaje se incluye obligatoriamente en un mínimo de 25% del consumo de materia seca diario (Caso 2, corto plazo).*

Alimentos	Nivel de producción (kg/día)			
	0.75	**1.00**	**1.25**	**1.50**
Grano de maíz (87)	26	76	Base	Base
Grano de sorgo (62)	19	42	46	0
Grano de trigo (115)	9	21	23	0
Fardo de alfalfa (23)	Base	Base	18	0
Ensilaje de maíz (12)	Base	Base	Base	Base
Afrechillo de trigo (60)	22	48	52	3
Semilla de algodón (85)	31	Base	Base	Base
Pellets de soja (160)	15	64	74	Base
Hez de malta (14)	0	5	8	0
Balanceado (120)	14	43	49	37
Pellets de girasol (68)	20	38	40	28
Suplemento mineral (310)	0	0	0	125

(entre paréntesis $/tonelada), Base = incluido en la ración

Además de la información señalada que aporta este tipo de herramientas, en el caso del Reqnov Plus se incluye toda una batería de datos nutricionales y económicos tales como:

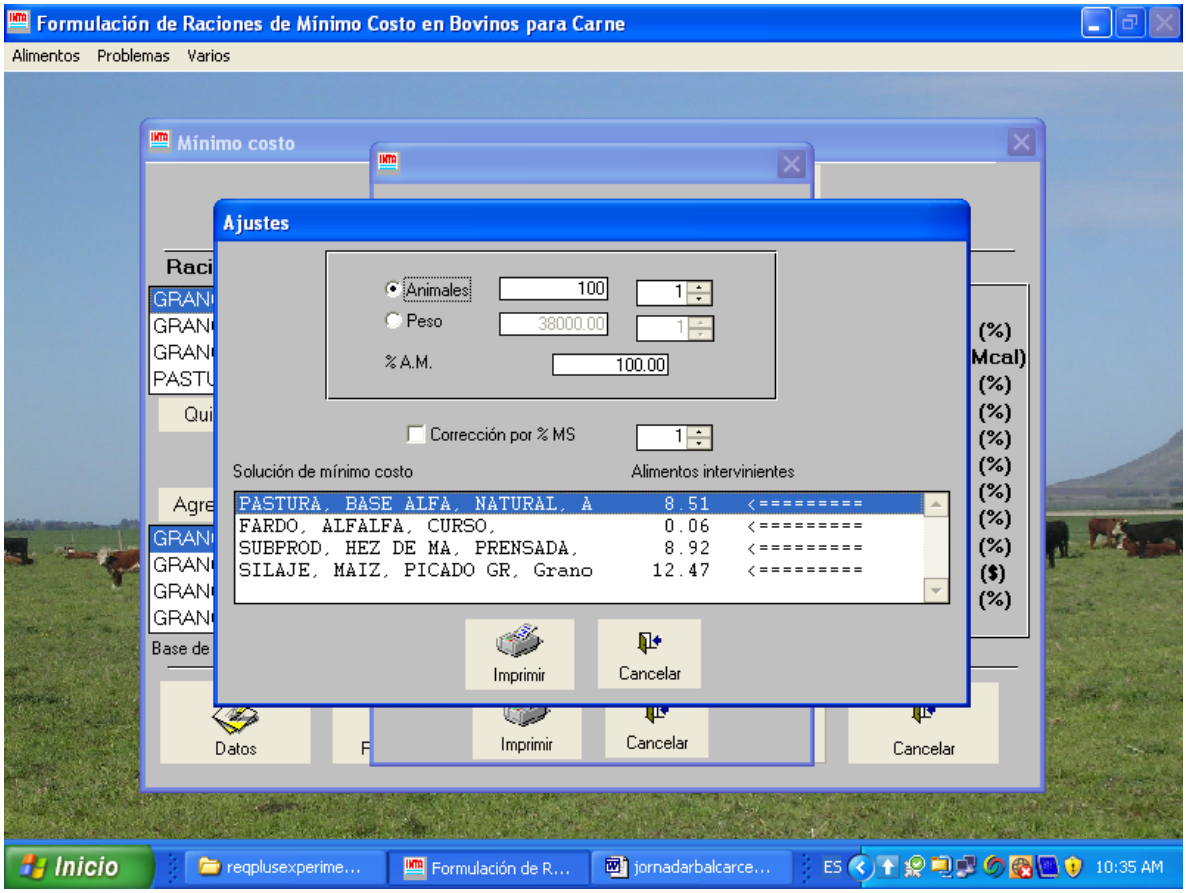
Nutricionales:

Porcentaje de MS de la ración
Relación Forraje/Concentrado
Consumo de MS, % peso vivo
Consumo de forraje, % peso vivo
Consumo de FDN, % peso vivo
EM de la ración, Mcal/kg MS
% Proteína bruta de la ración
% Proteína degradable en el rumen (PDR), como % de la PB
% Proteína no degradable en el rumen, como % de la PB
% Carbohidratos no estructurales (CNE), % del consumo de MS
% Lípidos, % del consumo de MS
Relación CNE/PDR
Relación Ca/P
Relación K/(Ca+Mg)
Balance de cationes-aniones (meq/100 g MS)
Relación N/S
Flujo de aminoácidos esenciales
Metionina, como % de los aminoácidos esenciales
Lisina, como % de los aminoácidos esenciales
Relación Lisina/Metionina

En el caso de poseer mixer se tienen en cuenta los siguientes factores: número de animales a los que se les suministra la ración de mínimo costo, porcentaje del consumo diario a repartir a la mañana (AM) y a la tarde (PM), corrección en las cantidades a suministrar por cambios en el porcentaje de materia seca(pe: ensilaje de maíz), la posibilidad de excluir, al realizar la carga del mixer, alguno de los alimentos que forman la ración de mínimo costo.

Económicos:

Venta de carne, $ por animal y por día
Costo de la ración: $ por animal y por día, como porcentaje de la venta de carne
Margen sobre los gastos de alimentación, pesos por animal por día
Margen mensual sobre los gastos de alimentación del rodeo, pesos por mes



Consideración final

Así como se formularon estas raciones para una categoría de animales, en un clima definido, utilizando alimentos, precios y calidades también definidas, es factible rápidamente cambiar cualquiera de estos aspectos y tener una respuesta racional y cuantitativa. Al utilizar este tipo de herramientas para el análisis de alternativas de alimentación, y para la toma de decisiones en la formulación de raciones, pueden aparecer aspectos previamente no tenidos en cuenta, o raciones inesperadas que incitan a dedicar más tiempo a pensar que a la realización de tediosos cálculos. De esta manera se torna más eficiente el tiempo usado para planificar la alimentación. Para finalizar, cabe aclarar que el uso de esta manera de formular raciones es ampliamente utilizada en los EE.UU. y, objetivamente, se ha comprobado su utilidad para mejorar el beneficio económico del productor.

Anexo: *Calidad de ensilajes en diferentes lugares*

Estado al ensilado	MS %	EM Mcal/kg MS	PB %	PND %	FDN %	Ca %	P %	Fuente
Bien espigado	33	2.53	8.1		51	0.23	0.22	Church y Pond
Todos los análisis	26	2.50	8.3			0.31	0.27	Ensmin-ger
Poco espigado	29	2.24	8.4			0.34	0.19	NRC
Bien espigado	33	2.53	8.1		51	0.23	0.22	NRC
Grano lechoso	26	2.43	8	20		0.40	0.27	Weiss
Grano maduro	36	2.54	8	34	49	0.24	0.22	Weiss
No especifi-cado	35	2.43			51	0.27	0.20	Staples
25% grano	29	2.46	8.3	24	52	0.31	0.27	NRC 1996
25% grano	29	2.21	8.3	24	55	0.31	0.27	NRC 1996
35% grano	33	2.49	8.6	23	46	0.31	0.27	NRC 1996
No especifi-cado		2.39	7					Moran Australia
No especifi-cado	21	2.58	11					Lean Australia
Picado fino	29	2.13	6.3					Fernández 1988
Picado grueso	27	2.03	7.3					Fernández 1988
Grano lechoso	22	1.95	8.9		61			EEA Rafaela
Grano pastoso	31	2.09	8		53			EEA Rafaela
Grano duro	43	2.07	8.2		54			EEA Rafaela
Grano lechoso	25	2.41	5.7					Bruno y otros
Grano pastoso duro	31	2.41	6.7					Bruno y otros
Todos los análisis 95/96	30	2.17	9		55			Romero y otros
Todos los análisis 96/97	35	2.19	8.4		54			Romero y otros
Todos los análisis 97/98	31	2.32	7.9		50			Romero y otros
Todos los análisis	32	2.19	6.8		50			Schroeder y otros

CRÍA

y

RE-CRÍA

NUTRICIÓN DE LA VACA DE CRÍA: ESTADO CORPORAL

Sebastián MARESCA
INTA EEA Cuenca del Salado. Rauch.
maresca.sebastian@inta.gob.ar

Introducción

En los últimos años, la Cuenca del Salado ha sufrido un importante cambio en su sistema de producción ganadero tradicional como consecuencia del proceso de agriculturización que se ha observado en el país. La reducción de la superficie con destino a ganadería y el desplazamiento de cabezas a zonas menos productivas generaron un brusco aumento de la carga, alcanzando aproximadamente 1,1 equivalente vaca por hectárea ganadera (Vázquez y Rojas, 2006). Esto, sumado a las variaciones climáticas interanuales que alteran la oferta forrajera, trajo como consecuencia una gran inestabilidad de los índices reproductivos de los sistemas de cría.

Información zonal de distintas fuentes indica que las principales pérdidas de terneros ocurren por fallas en la concepción, es decir por vacas que no quedan preñadas. Los índices reproductivos en los últimos 20 años de productores pertenecientes al CREA Región Sudeste se encuentran en el orden del 88, 83 y 81% para preñez, parición y destete, respectivamente (Latuf, 2004). Por otro lado, información correspondiente a los últimos 10 años de un Grupo de Cambio Rural muestran índices de 91, 86 y 85% para preñez, parición y destete, respectivamente (Maresca y Quiroz, 2004). Otro estudio realizado por el INTA EEA Cuenca del Salado en 71 establecimientos arrojó índices de 89, 83 y 79% (Maresca et al., 2007). Esta información indicaría que las principales pérdidas se producen por fallas en la concepción y estarían en el orden del 9 al 12%, mientras que las pérdidas de terneros en el intervalo tacto-parto y parto-destete estarían en el orden del 5 al 6 y del 2 al 4%, respectivamente.

Entre las principales causas que ocasionan bajos índices de preñez se mencionan el estado corporal, las enfermedades venéreas y las afecciones en toros durante el servicio. Un estudio de monitoreo de eficiencia reproductiva del INTA EEA Cuenca del Salado, reveló que la principal causa de bajos porcentajes de preñez es el estado nutricional al inicio del servicio. Se observó durante tres ciclos productivos que un 26% de los vientres llegan al momento del servicio con un nivel de reservas inferior al óptimo (Maresca et al., 2006). Las enfermedades venéreas se presentan con una baja prevalencia y con tendencia a disminuir en la zona (Quiroz et al., 2004), por lo que su incidencia en los índices reproductivos sería menor.

El intervalo entre el parto y el primer celo fértil está estrechamente relacionado con el nivel de reservas corporales de los vientres al momento del parto (Randel, 1990). Las vacas que presentan una mala condición nutricional al parto tienen dificultades para reanudar la actividad reproductiva y presentan intervalos muy largos entre parto y

primer celo. Esto se traduce en bajos porcentajes de preñez y un bajo número de vacas preñadas en el primer mes de servicio.

El estado nutricional de los vientres puede ser observado utilizando una escala de estado corporal (EC). Esta técnica es fácil de aprender y puede ser muy útil para la toma de decisiones en el manejo.

Método de medición

En la mayoría de los establecimientos es posible evaluar el EC en circunstancias donde pesar los animales puede ser impracticable, debiéndose considerar además que el peso no tiene buena correlación con las reservas corporales. El peso es muy afectado estacionalmente por el llenado ruminal, que depende de la calidad y cantidad de forraje, y por el tamaño del feto que está gestando. Tambiénhay que tener en cuenta que en un rodeo normalmente existen vacas con diferentes edades, tamaños corporales y, en algunos casos distintas razas, lo que implica pesos diferentes para un mismo estado corporal. Varios estudios han demostrado que las mediciones de grasa corporal están altamente correlacionadas con el EC (Dunn et al., 1983; Reimonte et al., 2002). El Cuadro 1 muestra la relación directa entre EC, cobertura de grasa dorsal y peso.

Cuadro 1: *Peso vivo y cobertura de grasa dorsal en razas británicas (adaptado de Herd y Sprott, 1986).*

Estado Corporal	Cobertura grasa 13ra costilla (mm)	Peso vivo (a) (kg)	Cambio de peso (b) (kg)
1	0	333	-
2	1,3	387	54
3	4,8	450	63
4	10,4	525	75
5	17,3	612	87

(*a) Calculado en base a una vaca que pesa 450 kg con condición corporal 3*
(b) Calculado sobre la base de peso vivo menos el contenido del aparato digestivo

Cualquier sistema de escala visual varía dependiendo de la persona que haga la lectura, y la calificación de diferentes personas puede no coincidir exactamente. Sin embargo, en la mayoría de nuestras experiencias el EC no varía más de medio punto entre observadores.

Existen dos escalas posibles de utilizar en la determinación del EC, la de Lowman et al. (1976), con una puntuación de 1 a 5, y otra propuesta por Whitman (1975), con una escala de 1 a 9. Ambas son semejantes en su determinación y en las especificaciones de cada grado, y las dos contemplan 9 grados de lectura ya que la escala de 1 a 5 puede ser usada con medios puntos intermedios. La correlación entre ambas sería la siguiente:

Equivalencias en las dos escalas de estado corporal									
Escala 1 a 5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Escala 1 a 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

En el monitoreo de rodeos en la Cuenca del Saldo se emplea la escala de 1 a 5 porque resulta más fácil de aprender. Es conveniente en un primer paso valerse de los números enteros y, una vez que estén bien definidos los valores extremos (1 y 5) y el valor umbral para vacas multíparas (3), se puede utilizar los medios puntos para lograr mayor exactitud en la determinación.

El llenado del tracto digestivo o la gestación pueden cambiar la apariencia de las vacas moderadamente encarnadas, especialmente cuando se observa la zona de las costillas. El pelo largo es otro factor que puede dificultar la observación durante el invierno. Cuando el pelo es largo, la palpación del animal sobre la cola, costillas y musculatura sobre los procesos horizontales de las vértebras lumbares puede ayudar. Si las determinaciones se realizan en el potrero resulta más conveniente la observación de la zona de la inserción de la cola. En la Figura 1 se muestran las zonas anatómicas a observar y en el Cuadro 2 se caracteriza al animal según su estado corporal.

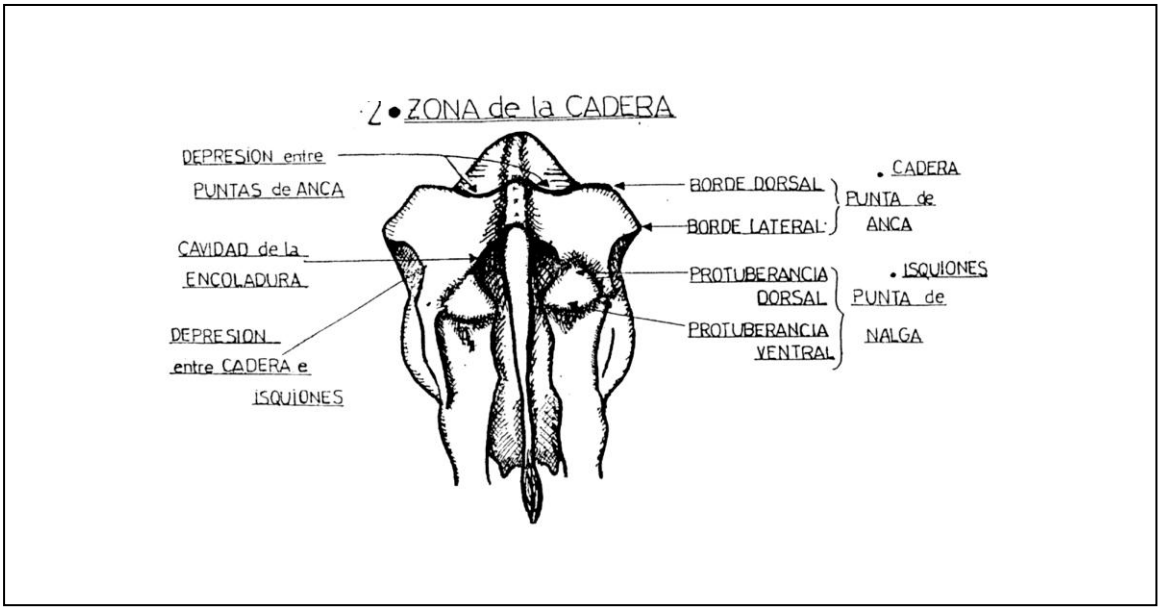


Figura 1: *Zonas anatómicas a observar para la determinación del estado corporal.*

La metodología empleada para determinar el EC puede variar según el momento del año y la disponibilidad de instalaciones. Como se dijo anteriormente, la manera más precisa es confirmando el EC en la manga por palpación. Esta práctica puede ser útil en el momento de los encierres para realizar otras actividades (diagnóstico de preñez, vacunaciones). Sin embargo, en otros momentos del ciclo productivo como cuando las

vacas se encuentran en estado avanzado de preñez o con terneros chicos al pie, es conveniente realizar la medición visualmente en el potrero y evitar los movimientos. Para esto se recomienda realizar la determinación individualmente, al menos en un 50% de las vacas del rodeo. El uso de planillas puede facilitar la toma de datos y permite visualizar la distribución de los estados corporales dentro del rodeo.

Cuadro 2: *Escalas de estado corporal, características y descripción.*

Escala	Características	Descripción
1	Muy Flaca	Las costillas se identifican individualmente. Los huesos del espinazo y la columna vertebral son evidentes. Los huesos de la cadera se presentan angulares.
2	Flaca	Todas las costillas son evidentes, las primeras costillas y porción alta de las costillas con algo de tejido cubriendo. Los huesos del espinazo son evidentes Los huesos de la cadera se presentan angulares.
3	Óptimo	Las costillas no son visibles. Los procesos transversos se observan cubiertos con algo de grasa. Los huesos de la cadera se observan bien redondeados. La cavidad de la encoladura casi completa.
4	Gorda	Importante cobertura de grasa sobre las costillas. Comienza la acumulación de grasa en el pecho y no se evidencian los huesos de la columna y cadera. "Lomo plano". La zona de la encoladura comienza a presentar acumulación de grasa
5	Muy Gorda	La estructura ósea no es visible y es escasamente palpable. Los polizones sobresalen marcadamente. El animal se desplaza con dificultad.

Relación entre estado corporal y reproducción

Para lograr un ternero por vaca por año es necesario lograr la preñez poco tiempo después del parto. La duración de la gestación de una vaca es de 283 días por lo que sólo quedarían 82 días para cumplir con el objetivo mencionado. Durante este lapso el organismo toma aproximadamente 40 días para reparar los tejidos del útero de la gestación anterior. En este período llamado puerperio, el aparato reproductivo todavía no es apto para gestar un nuevo ternero, por lo tanto sólo quedan 42 días en donde se puede lograr efectivamente la preñez.

La duración del puerperio y la reanudación de los ciclos estrales (celos) está íntimamente relacionada con el estado corporal al parto y con el balance nutricional de las vacas posparto. Para que las vacas tengan un anestro posparto de 40 días deben parir con un estado corporal superior a 3 (escala 1 a 5). Las vacas que paran con estados corporales inferiores tendrán un período de anestro posparto más largo y su primer celo fértil se postergará, como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: *Estado corporal y porcentaje de vacas ciclando a los 45 días posparto. Chacra Experimental Chascomús (datos no publicados).*

Estado corporal	Porcentaje de vacas		
	En anestro sin folículos	En anestro con folículos	Ciclando
1,5	100	0	0
2	61	39	0
2,5	26	48	27
3	0	42	58
3,5	0	25	75

Si bien el nivel de alimentación posparto tiene influencia sobre la duración del período de anestro posparto, es más importante el estado corporal al parto que la nutrición posparto (Burges y Romera, 2003). Se ha demostrado que vacas que paren con un EC próximo o superior a 3 tienen un intervalo parto primer celo más corto que las vacas que paren en malas condiciones, aun cuando sean muy bien alimentadas luego del parto (Figura 2).

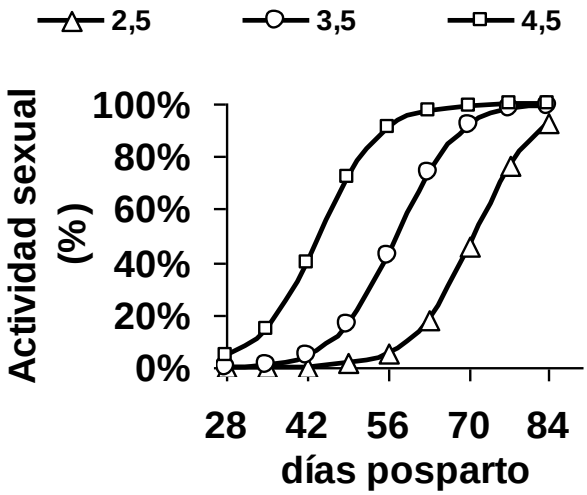


Figura 2: *Tasa de actividad sexual de vacas con diferente condición corporal posparto (Burges y Romera, 2003).*

Si se logra que las vacas alcancen el parto con un estado corporal próximo a 3, y si se tiene bien ajustado el ciclo productivo de la vaca a la curva de oferta forrajera, es decir la vaca pare en un momento del año donde el forraje no es limitante, se tiene asegurada la preñez. Sin embargo, es muy común observar rodeos con cabeza de parición en los meses de julio y agosto (salida del invierno) en donde la oferta de forraje es mínima y las vacas experimentan una brusca pérdida del estado corporal luego del parto. En estas condiciones, si las vacas no paren en un estado corporal superior o igual a 3, el desempeño reproductivo se verá comprometido especialmente en años donde la primavera no es buena.

El intervalo parto-primer celo es frecuentemente más largo en las vaquillonas de primera parición. En la Chacra Experimental Chascomús, a los 40 días de paridas las vacas multíparas (5 a 8 años de edad) con estado corporal 2,5 muestran un 38% de celo, mientras que las vacas de primera parición con el mismo estado corporal sólo presentan un 11% de celo. Varios autores mencionan también otros factores que afectan la fertilidad posparto, por ejemplo las horas de luz, la ocurrencia de partos distócicos, abortos y enfermedades de la reproducción que alargan el intervalo parto-primer celo, mientras que la presencia de toros durante el período previo al servicio acorta el intervalo.

Más allá de la importancia que le atribuye a la condición corporal al parto, se debe reconocer que por razones de economía forrajera, los rodeos normalmente sufren restricciones de alimentación durante el invierno. Esta restricción disminuye el estado corporal de las vacas al parto y sólo dentro de ciertos límites podrá ser compensada por una mejora de la alimentación posparto. Lógicamente el límite dependerá de las condiciones posibles para cada establecimiento. El monitoreo del estado corporal puede permitir la implementación de medidas correctivas.

Momentos claves para determinar el estado corporal

Diferentes trabajos han demostrado que el EC de los rodeos de cría cambia durante el año. En el servicio (noviembre-diciembre) el EC aumenta aproximadamente medio punto, comienza a declinar con el invierno y llega a sus valores más bajos durante la parición (fines de invierno y principios de primavera). Los momentos más convenientes para evaluar el EC son:

- *Al tacto:* permite evaluar la situación con que ingresarán los vientres al período de restricción invernal y, eventualmente, programar una suplementación de vacas en pobre condición corporal o ajustar la carga animal.

- *Al parto:* como se señaló anteriormente, el EC al parto es clave para definir la duración del anestro posparto y, por lo tanto, define en qué momento se va a preñar la vaca. Es muy importante para lograr buenos índices de preñez "cabeza" alcanzar el parto con un estado de 3 o superior en la vaca adulta, y de 3,5 en las vaquillonas o vacas de segundo servicio. Por otro lado, si el estado es inferior al óptimo, el resultado del servicio dependerá en mayor medida de la

disponibilidad de forraje durante todo el posparto. Es el momento de actuar para aumentar el estado corporal para el servicio, de todas maneras el puerperio de las vacas será más largo y difícilmente se logren altos porcentajes de preñez "cabeza" si la condición corporal al parto fue muy mala. Esta medida repercute en el porcentaje de preñez final pero no en el porcentaje de preñez cabeza.

- *Al servicio:* la evaluación del EC al inicio del servicio no es menos importante, ya que es la última oportunidad para aplicar medidas correctivas en aquellas vacas con EC inferior a 3. En este momento las medidas tomadas tendrán impacto sobre el porcentaje de preñez final evitando un alto porcentaje de vacas vacías, pero no se puede asegurar una alta proporción de preñez cabeza. En este período si las vacas tienen un EC menor a 2,5 se aconseja el destete temporario o precoz acompañando a la mejora nutricional para disminuir el intervalo parto–celo. Es importante no olvidar la evaluación del estado de los toros, ya que deben ingresar al servicio con un EC entre 3,5 y 4, de manera que no están gordos pero que contemplen la caída normal de estado durante el servicio.

El estado corporal en las decisiones de manejo

El registro del EC en los tres momentos citados anteriormente permite tomar medidas en forma anticipada para optimizar los indicadores reproductivos. Los resultados del registro proveerán información sobre la dispersión de EC dentro del rodeo para aplicar un manejo diferencial en los estados críticos (menores a 3). Es posible aplicar distintos criterios de loteo en función del momento del ciclo productivo, la distribución de la parición y los cambios estacionales de EC.

Una correcta planificación nutricional, que tenga en cuenta los requerimientos de los vientres, es la principal herramienta para lograr el adecuado EC en los momentos claves. En función de la carga y la variabilidad climática anual, se podrá incorporar la suplementación al esquema de manejo. La utilización de suplementos como rollos, granos o subproductos mejora el EC efectivamente, debiéndose consideraren su elección los costos por kg de materia seca, digestibilidad y factibilidad de suministro. Se deben tener en cuenta, además, otras alternativas como el destete temporario, la utilización de destetadores (enlatado) o el destete precoz. Los dos primeros se utilizan durante períodos cortos de tiempo, son eficientes y de bajo costo en vacas con EC cercano a 2,5. Para ocasiones extremas (EC 1,5-2) se deberá utilizar el destete precoz de los terneros justo antes del inicio del período de servicio si se desea obtener mejoras en la tasa de preñez. En las vacas cabeza de parición es posible aplicar la técnica de destete precoz a los 60 días de vida del ternero, pero en las vacas cola de parición sería necesario destetar a menor edad aún.

La palpación transrectal de ovarios previo al servicio puede contribuir a detectar las vacas que se encuentran ciclando aún con EC inferiores a 3. Esto permite un uso más eficiente de las técnicas de destete mencionadas. Desde otro punto de vista, la anticipación del destete permite una mejora de la condición corporal de las vacas dado que se suspende el drenaje de energía que significa la lactancia. Por lo tanto es una

herramienta para mejorar la condición corporal de las vacas antes del inicio del período invernal. El registro de EC a nivel individual y de rodeo permite evaluar las opciones para un buen manejo según la situación planteada. Las decisiones sobre planificación forrajera, suplementación, tipos de destete y agrupamiento de animales problema, pueden apoyarse en el dato de condición corporal.

Bibliografía

Burges, J.C. y Romera, A.J. 2003. Condición corporal, nivel nutricional y fertilidad de vacas paridas en otoño. Rev. Arg. Prod. Anim. 23: 304-306.

Dunn, T.G., Riley, M.L., Murdok, W.J. and Field, R.A. 1983. Body condition and carcass energy content in postpartum beef cow. J. Anim. Sci. 57:391- 399.

Herd, D.B. and Sprott, L.R. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. Texas Agricultural Extension Service Bulletin B-1526.

Latuf, J.A. 2004. Evolución de los índices reproductivos. Jornada Ganadera CREA Sudeste, 11 de Junio, Ayacucho.

Lowman, B.G. Scott, N.A. and Somerville, S. 1976. Condition scoring beef cattle. The east of Scotland collage of agricultural. Bull. Nº 6. Animal Production, Advisory Development Department, UK.

Maresca, S. y Quiroz García, J.L. 2004. Eficiencia productiva en rodeos de cría. Revista Ida y Vuelta Rural. Nº 22, pp 7.

Maresca, S., Quiroz García, J., Plorutti, F. y Vázquez, P. 2006. Sistema de monitoreo de eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la Cuenca del Salado.Jornada Ganadera CREA Sudeste, 9 de Junio, Las Flores.

Maresca, S., Quiroz García, J., Plorutti, F., Brusca, G. y Fourquet, G. 2007. Monitoreo de eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la Cuenca del Salado. 1. Metodología e indicadores principales. Rev. Arg. Prod. Anim. 27: 297-298.

Quiroz García, J.L., Maresca, S. y Verdier, M. 2004. Evolución de las enfermedades venéreas y brucelosis en la Cuenca del Salado. 15º Reunión Científico Técnica de la AAVLD. Capital Federal, 15 al 17 de Septiembre. pp 172-173.

Randel, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. J. Anim. Sci. 68: 853-862.

Reimonte, G., Melucci, L. M., Villarreal, E. y Monterubbianesi, G. 2002. Condición corporal, peso vivo y espesor de grasa subcutánea en vacas de cría. Rev. Arg. Prod. Anim. 22:256-257.

Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B. Berardinelli, J.G. y Custer, EE.1990 Physiological mechanisms controlling anestrus and fertility in postpartum beef cattle. J. Anim. Sci. 68:799-816.

Vázquez, P. y Rojas, M. C. 2006. Zonificación Agro-ecológica del área de influencia de la EEA Cuenca del Salado. Publicación Técnica Nº 2, INTA EEA Cuenca del Salado.

Whitman, R. W. 1975. Weight change, body condition and beef-cow reproduction. Ph.D. Dissertation, Colorado State Univ., Fort Collins.

Nutrición Animal Aplicada

ÍNDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN LA CRÍA VACUNA: FACTORES QUE LO AFECTAN

Mario S. AELLO
Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)
nutricionfca@yahoo.com.ar

Resumen: *Se analizan los distintos costos productivos de un rodeo de cría a lo largo del año, los factores que los hacen variar y su significado en términos de alimento. Esta demanda anual de alimento se relaciona finalmente con el producto obtenido (ternero destetado) para obtener el índice de conversión alimenticia. Se analizan también los factores que más inciden sobre el índice, tanto a nivel individual como a nivel de todo un rodeo.*

Introducción

El Índice de Conversión Alimenticia (ICA) relaciona la cantidad de alimento empleado por unidad de producto obtenido. Esta medida, además de ser un importante indicador de eficiencia biológica, es de gran utilidad en ganadería porque permite valorar la factibilidad económica de la producción, teniendo en cuenta que el alimento es el principal costo del sistema productivo. La utilización del ICA está muy difundida en aquellos sistemas de producción donde es relativamente fácil medirlo, por ejemplo los sistemas intensivos de engorde de vacunos a corral (feedlot), o en las producciones intensivas de aves y cerdos. En cambio, en los sistemas extensivos como los pastoriles, su uso no está difundido debido principalmente a la dificultad de poder medir cuánto consumen los animales.

La cría vacuna es un ejemplo de un sistema netamente pastoril que en la actualidad, y debido al aumento del valor de la producción (ternero destetado), se encuentra en un contexto que justifica su intensificación. Por ello es importante cuantificar el ICA, y los factores que lo afectan, para mejorar la eficiencia biológica y económica en el uso de los recursos alimenticios, y para disponer de indicadores útiles para incrementar la productividad de estos sistemas.

Como es sumamente dificultoso medir el consumo de los animales en condiciones extensivas, y en particular de todo un rodeo de cría, se debe recurrir a mecanismos indirectos que posibiliten su cuantificación. Para esta finalidad son de utilidad los cálculos del gasto energético de los animales, ya que posibilitan estimar la demanda energética de un proceso y, a partir de ello, estimar la cantidad de alimento necesaria para satisfacerla (Aello *et al.*, 2008; Aello *et al.*, 2010). Luego, conociendo el producto obtenido, se puede calcular el ICA.

Demanda de alimento para obtener un ternero destetado

Un ternero destetado es el producto de una actividad que requiere, entre otras cosas, tiempo y alimento. El tiempo que demanda destetar el ternero (gestación más lactancia) es de un año, considerando ciclos sucesivos en un rodeo estabilizado. Durante ese año (ciclo de destete a destete) se necesita alimento para cubrir varios costos: el de mantenimiento de la vaca, los de gestación y lactancia, el de recuperación de peso si la vaca ha movilizado reservas (cosa que generalmente ocurre), y lo requerido por el ternero para su mantenimiento y crecimiento y que no es cubierto por la leche materna. En las vacas primíparas otro costo a cubrir es el de crecimiento (ganancia de peso) hasta alcanzar el peso adulto.

Dependiendo de una serie de factores, entre los cuales el alimento juega un rol muy importante, se requieren entre 3.000 y 4.000 kg MS/año para destetar un ternero a los 6-8 meses de edad en vacas de raza británica. Esta demanda de alimento está calculada para pasturas que posibilitan que los animales seleccionen una dieta de 50 a 65% de digestibilidad a lo largo del año. Del total de alimento, el 90-96% lo consume la vaca y el resto (4-10%) es el forraje que consume el ternero (extra-leche). En la vaca la demanda de alimento se distribuye en la forma indicada en el Cuadro 1.

Cuadro 1: *Demanda de alimento de una vaca de cría adulta a lo largo del año.*

Costo a cubrir	Total de la vaca (%)	kg MS/año	Comentarios
Mantenimiento	65-70	1900-2800	Vacas 400-500 kg
Lactancia	17-20	500-800	Producciones medias: 900-1200 kg; lactancias de 6-8 meses.
Gestación	5-7	150-250	Cálculo para terneros de 25-35 kg al nacer.
Recuperación de peso	7-9	200-350	Vacas que pierden 10-12% del peso.

Importancia del costo de mantenimiento

El 65-70% del alimento que requiere una vaca en un ciclo anual (de destete a destete) es para cubrir su costo de mantenimiento el cual es, por lejos, el principal costo de la cría vacuna. Diversos factores inherentes al animal o externos al mismo inciden sobre dicho costo:

- Inherentes: características del biotipo, estado fisiológico y corporal.
- Externos: clima, composición del alimento, actividad en pastoreo.

Existe una gran variabilidad en el costo de mantenimiento entre razas y entre animales de la misma raza como lo indica el Cuadro 2. En igualdad de condiciones en cuanto al clima, alimentación, actividad, etc., el mayor costo de mantenimiento está explicado principalmente por diferencias en el tamaño del tejido visceral, en particular el hígado, y por mayor contenido de proteínas tisulares, si bien existen otros factores que también inciden en la producción de calor (termogénesis).

Cuadro 2: *Características de vacas Angus adultas del mismo rodeo, agrupadas por categorías de eficiencia energética (Dicostanzo et al., 1991).*

Variables	Baja eficiencia	Alta eficiencia	Diferencia (%)
Peso corporal (kg)	515	536	-
Mantenimiento (kcal EM/kg^{0,75}/día)	180	135	33
Consumo de energía (kcal EM/kg^{0,75}/día)	317	253	25
Ganancia de proteínas (g/día)	138	46	300
Ganancia de grasa (g/día)	328	450	-27
Peso del hígado (kg)	8,58	7,68	12

El costo extra de la actividad en pastoreo es debido al efecto combinado de caminar y cosechar el forraje. Estudios realizados en Balcarce muestran que esta última actividad (cosechar el forraje) es la que tiene mayor incidencia en el aumento del requerimiento de mantenimiento (Di Marco *et al.*; 1996; Di Marco y Aello, 2001). En consecuencia, dicho incremento depende fundamentalmente de la condición de la pastura, ya que ésta determina la frecuencia de bocado y tiempo de pastoreo. La caminata en sí incide muy poco (menos del 5%) porque es una actividad de corta duración y tiene un costo energético moderado a bajo cuando es realizada a baja velocidad, tal como ocurre en animales en libre pastoreo. La actividad puede aumentar el mantenimiento 10-15% en pasturas de buena disponibilidad y accesibilidad, y hasta 25-30% cuando se dan condiciones extremas de pastoreo, donde los animales deben pastorear muchas horas al día a alta tasa de bocado (Di Marco y Aello, 2001).

Otro aspecto a considerar es el potencial de producción de leche de la vaca, el cual tiene efecto directo sobre la eficiencia del sistema de producción (Cuadro 3). La lactancia constituye la segunda fuente de demanda de alimento de la vaca de cría en el ciclo anual (17-20% del total), y las vacas de mayor producción de leche tienen mayor costo de mantenimiento (presentan más tejido visceral). La bibliografía menciona

diferencias del 12 al 23% en el costo de mantenimiento entre vacas de bajo y alto potencial lechero (Montaño-Bermúdez *et al*., 1990; Mathis y Sawyer, 2000). Resulta claro que al aumentar los requerimientos de un animal aumenta la demanda de forraje. Esto implica menor carga animal, menos terneros producidos por unidad de superficie y mayor posibilidad de afectar la fertilidad del rodeo.

Cuadro 3: *Características de las vacas de alto o bajo costo de mantenimiento (Ritchie, 1995).*

Alto costo	Bajo costo
Alta producción de leche	Baja producción de leche
Alto peso del tejido visceral	Bajo peso del tejido visceral
Mayor masa proteica corporal	Menor masa proteica corporal
Baja grasa corporal	Alta grasa corporal
Mayor producción con mayor costo	Menor producción con menor costo

Si bien un alto potencial se asocia a un mayor crecimiento del ternero, existen trabajos que indican que más producción de leche no significa necesariamente un mayor consumo del ternero (Fiems *et al*., 2008). Estudios hechos en la Universidad de Nuevo México (USA) muestran que después de los 60 días de vida el crecimiento del ternero es similar al comparar vacas de alto y bajo potencial lechero (Mathis y Sawyer, 2000). Además, los terneros criados por vacas de menor producción láctea son capaces de reemplazar más rápidamente los nutrientes de la leche por los de otros alimentos (pasto), lo cual le conferiría ventajas en el crecimiento después del destete (Montaño-Bermúdez *et al*., 1990). Por otra parte, es posible suplir la leche con otro alimento (pastura, suplementación), es decir que se puede obtener buen peso al destete con vacas de baja producción láctea.

En síntesis, el mantenimiento y la lactancia son los costos que más afectan la demanda de alimento para producir un ternero debido a:

- ✓ Son los de mayor magnitud: el mantenimiento representa el 65-70% y la lactancia el 17-20% de lo que requiere la vaca.
- ✓ Son los que más dependen de aspectos inherentes al animal, por ejemplo peso o composición corporal.
- ✓ Son los más afectados por cuestiones inherentes al manejo, por ejemplo condición del pastoreo o largo de lactancia.

Índice de conversión alimenticia a nivel individual

Para analizar el ICA a nivel individual, es decir para una vaca que gesta y desteta su ternero, se comparan dos situaciones de manejo: vacas de parición en otoño *versus* vacas de parición invernal. El ICA se expresa en kg MS de alimento por kg de ternero destetado. Para su cálculo se estimó el requerimiento energético del par vaca-ternero a partir de datos reales de producción. Estos surgieron de dos rodeos localizados en la Reserva 7 de INTA Balcarce, alimentados con pasturas a base de agropiro y festuca. Se tomaron datos de vacas adultas de parición otoñal e invernal, que gestaron y destetaron terneros durante dos años consecutivos. Las vacas, de raza Hereford y cruzas Angus-Hereford, fueron entoradas durante 60 días con toros Hereford a partir de mediados de mayo para el rodeo de parición otoñal, ya partir de principios de noviembre en el rodeo de parición invernal. El destete estuvo programado para noviembre y marzo, respectivamente. Se tomó el peso vivo de las vacas en diferentes momentos del año, y el peso y las fechas de nacimiento y destete de los terneros.

Un resumen de las características de los rodeos se muestra en el Cuadro 4. Como se observa el peso de las vacas al parto y al destete fue diferente. Las vacas que paren en otoño ganan peso durante la gestación (primavera-verano) y movilizan reservas en lactancia (invierno), mientras que las que paren en invierno gestan perdiendo peso (invierno) y recuperan en lactancia hasta principios de verano (Figura 1). Las vacas de parición otoñal tienen una lactancia más larga y destetan un ternero más pesado.

Cuadro 4: *Características de los rodeos de parición de otoño e invierno.*

Parición	Peso vaca (kg)		Peso ternero (kg)		Ganancia ternero (g/día)	Días lactancia
	Parto (*)	Destete(*)	Nacimiento	Destete		
Otoño	496[a]	476[a]	31,3[a]	199,7[a]	694[a]	242[a]
Invierno	381[b]	424[b]	26,6[b]	141,0[b]	603[b]	191[b]

a,b: Diferencias significativas entre rodeos (p<0,001). (*) Excluido peso de la preñez.

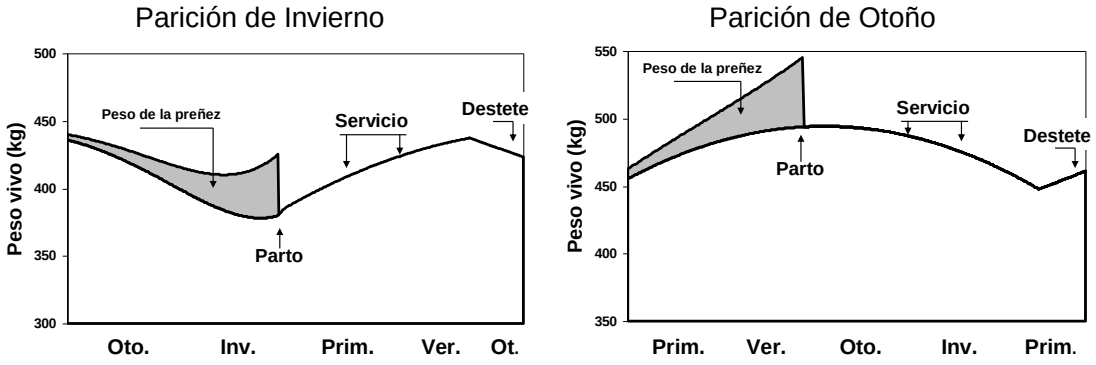


Figura 1: *Cambios en el peso de las vacas según época de parición.*

Los requerimientos se calcularon diariamente a lo largo de todo el año (Figura 2). Para el mantenimiento de la vaca se consideró el efecto de lactancia, condición corporal, clima y costo de pastoreo. Se tuvo en cuenta también el costo de gestación (en función del peso del ternero al nacimiento), el de lactancia y la energía aportada por la movilización, o la requerida para la recuperación, de reservas corporales. En los requerimientos energéticos del ternero se consideraron los costos de mantenimiento y de ganancia de peso, diferenciando la energía retenida según sexo, y para los cálculos sólo se tuvieron en cuenta los requerimientos no cubiertos por la leche.

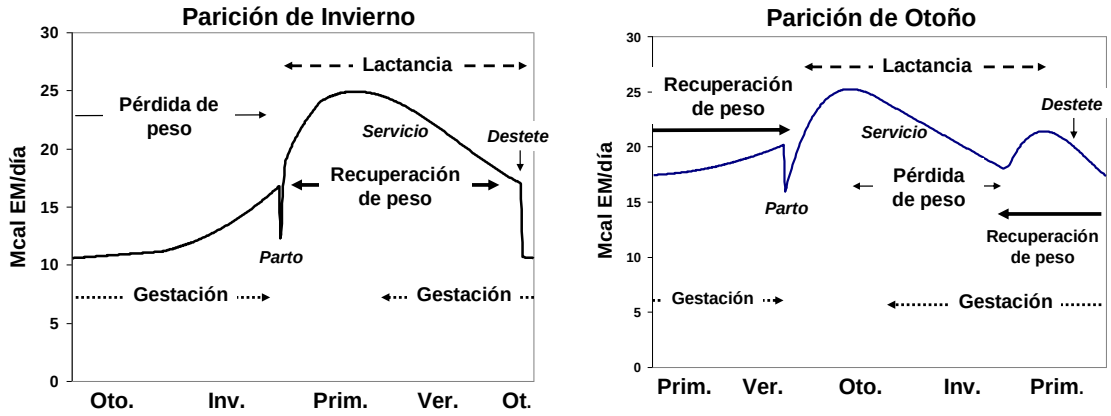


Figura 2: *Distribución de requerimientos energéticos a lo largo del año.*

Luego de obtenida la demanda anual de energía del par vaca-ternero, se la llevó a kg de MS de forraje considerando una pastura con una digestibilidad media del 58%. Finalmente se calculó el costo en MS de cada kg de ternero destetado (ICA) en ambos grupos de vacas. En el Cuadro 5 se observa que la demanda total de forraje en el año fue 25,6% mayor en las vacas de parición otoñal. Eso se explica fundamentalmente por tres causas: a) fueron más pesadas por lo cual tuvieron un mayor costo de mantenimiento; b) la lactancia fue más larga; c) el ternero consumió más forraje. A pesar de ello fueron más eficientes, ya que para destetar un kg de ternero necesitaron sólo 19,7 kg MS de forraje, mientras que las vacas de PI necesitaron 22,2 kg MS. Es decir que hubo una diferencia en el ICA de aproximadamente 12%.

Cuadro 5: *Demanda anual de forraje en vacas de parición otoñal e invernal e índice de conversión alimenticia (ICA).*

Variables	Parición otoñal	Parición invernal
Total kg MS/año del par vaca + ternero	3930[a]	3130[b]
Demanda del ternero (kg MS)	335[a]	110[b]
ICA (kg MS:kg ternero destetado)	19,7:1[a]	22,2:1[b]

a,b: Diferencias significativas entre rodeos (p<0,001).

A pesar de que la demanda anual de forraje del par vaca + ternero fue diferente, como así también el momento del año en que es requerido (Cuadro 6), la proporción relativa de forraje que se necesitaría para cubrir los diferentes costos fisiológicos de las vacas no se diferenció entre épocas de parición. El 68,4% de la demanda anual de forraje fue para cubrir el mantenimiento de la vaca, el 18,6% para la lactancia, el 7,2% para la recuperación de peso y el restante 5,8% para la gestación. La demanda de forraje del ternero representó el 8,5% y 3,6% (rodeos de otoño e invierno, respectivamente) del total del par vaca + ternero.

Cuadro 6: *Distribución de la demanda de alimento del par vaca + ternero.*

Estación	Parición otoñal	Parición invernal
Otoño	27%	16%
Invierno	28%	20%
Primavera	25%	33%
Verano	20%	31%

El ICA indica que la eficiencia de la cría vacuna es mayor en las vacas de parición otoñal, en comparación a las de manejo tradicional. Esto se explica porque ese sistema posibilita destetar un ternero más pesado debido a que la lactancia es más larga y el ternero, además, puede consumir más forraje. Esto es posible porque la etapa final de la lactancia ocurre durante la primavera.

Este ejemplo que compara época de parición es al efecto de mostrar que el manejo también puede tener un efecto importante en el ICA a nivel individual, además de los factores antes señalados (costo de mantenimiento y lactancia). Esto no significa que para mejorar la eficiencia de la cría haya que cambiar la época de parición; ésta se debe fijar considerando, entre otros factores, la oferta de forraje que tenga un establecimiento en particular. Es importante destacar que ambos rodeos son igualmente eficientes en términos reproductivos (Cuadro 7).

Cuadro 7: Parámetros reproductivos de rodeos con parición invernal u otoñal. *(Romera et al., 2008).*

Variables	Campo experimental Reserva 6 (INTA)		Campo productores	
	Parición invierno	Parición otoño	Parición invierno	Parición otoño
Período considerado	1966-1995	1999-2005	1998-2003	1998-2003
Tasa de preñez	93,3%	92,0%	80,2%	86,7%
Mortalidad al nacer	3,5%	3,1%	5,4%	4,4%
Tasa de destete	84,5%	86,8%	70,6%	80,1%

Índice de conversión alimenticia a nivel de todo el rodeo de cría

Como es sabido, en un rodeo de cría existen diferentes categorías de animales y no todos ellos llegan a destetar un ternero. De ahí surge la necesidad de calcular el ICA a nivel del rodeo, donde se contempla tanto la composición como la fertilidad del mismo. Para tener un valor de referencia del ICA se tomó como modelo un rodeo de cría con manejo tipo Reserva 6 de INTA Balcarce (Carrillo *et al.*, 1998), y se calcularon los requerimientos energéticos de cada una de las categorías en un ciclo productivo, de destete a destete, de manera similar a la descripta previamente (cálculo del ICA a nivel individual). A partir de los requerimientos se estimó la cantidad de alimento necesaria para satisfacerlos. Para estos cálculos se tuvieron en cuenta las condiciones de producción en el sudeste bonaerense en cuanto a tipo y calidad de pasturas, pesos de los animales, costo de actividad en pastoreo y clima, entre las principales. Se consideró que los animales conformaban un rodeo con servicio natural, estacionado en dos meses (noviembre-diciembre), y que el destete se produce en la primera semana de marzo. En el Cuadro 8 se muestra cuánto alimento requieren a lo largo de un año los distintos tipos de animales que conforman un rodeo de cría.

Cuadro 8: *Demanda anual de forraje de las categorías de animales que integran un rodeo de cría.*

Categoría	kg MS/año
Vaca multípara que desteta ternero (165 kg)	3.500 (*)
Vaca primípara que desteta ternero (158 kg)	2.850 (*)
Vaquillona de reposición	2.000
Toro (650 kg)	2.850

(*) Incluye el forraje que consume el ternero hasta el destete.

Luego de conocida la demanda anual de alimento de cada categoría se conformó un rodeo compuesto por 60% de vacas multíparas, 20% de primíparas y 20% de vaquillonas de reposición, con una proporción de toros del 3%. En este rodeo base “se simularon” distintas eficiencias reproductivas (porcentaje de destete en relación al de vacas servidas), y diferente distribución de los partos, calculándose en cada caso la demanda global de alimento. El forraje requerido para cubrir los costos de gestación y lactancia, sólo fue tenido en cuenta en las vacas que destetaron su ternero. Por último, conociendo cuántos terneros se destetan en cada caso y su peso, se calculó el ICA del rodeo.

Eficiencia reproductiva y distribución de la parición

Cuando aumenta el porcentaje de destete del rodeo mejora el ICA. Como lo muestra la Figura 3, con un porcentaje de destete bajo (50%), el ICA es 42:1, mientras

que con un destete del 100% el ICA es 24:1. Es decir, cada kg de ternero destetado puede costar entre 24 y 42 kg MS de forraje, según la eficiencia reproductiva del rodeo. Estos valores están calculados asumiendo que en el rodeo la distribución de los partos ocurre en forma proporcional, es decir que no hay ni cabeza ni cola de parición.

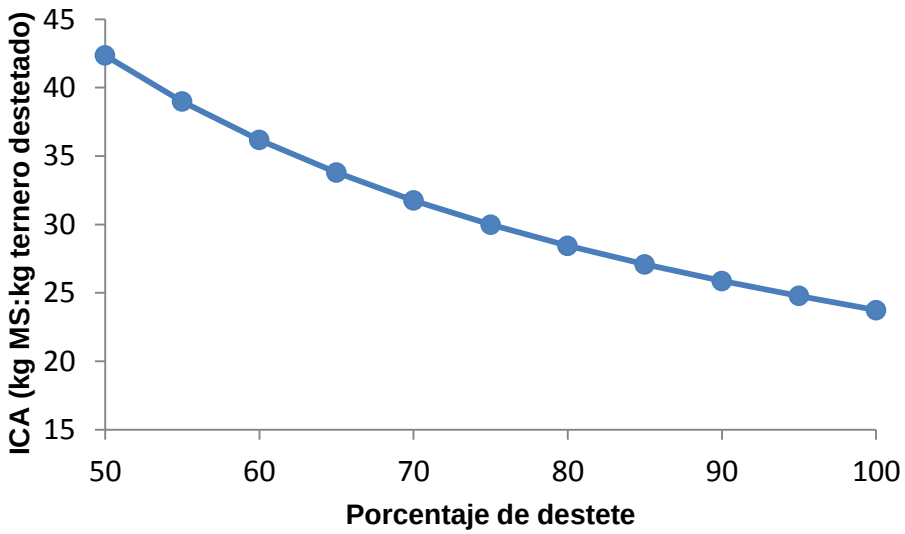


Figura 3: *Variación del ICA según el porcentaje de destete en un rodeo con proporcional distribución de partos.*

Independientemente del porcentaje de destete, si en el rodeo las pariciones están concentradas al principio del período de partos (“cabeza de parición”), la eficiencia mejora en comparación a rodeos donde sucede lo contrario (“cola de parición”), (Figura 4). Esta mejora en el ICA se debe a que el ternero “cabeza” es más pesado al destete. Obtener una elevada “cabeza de parición” es posible en rodeos con buen manejo nutricional donde las vacas tienen un anestro post-parto corto, o en rodeos bien alimentados donde hay sincronización de celos para inseminación artificial.

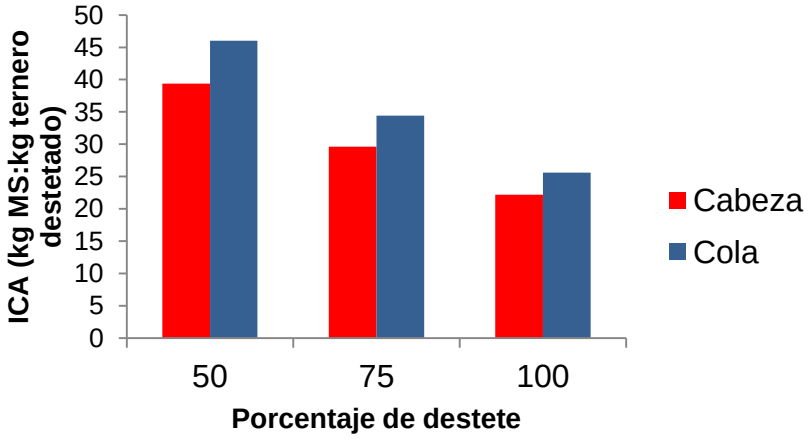


Figura 4: *Valores del ICA en rodeos con elevada cabeza o cola de parición.*

Los cálculos realizados demuestran que destetar un kg de ternero puede costar entre 22 y 50 kg de MS, dependiendo de diversos factores. De ellos, la eficiencia reproductiva (porcentaje de destete) es el más importante, porque cuanto mayor es la cantidad de vacas en el rodeo que paren y destetan su ternero, menos alimento se gasta en mantener animales improductivos. En la zona de cría, el número de terneros destetados en relación al de vacas en servicio varía entre 50 y 80% y a nivel nacional la media se ubica alrededor del 65%. Estas cifras muestran que queda un largo camino por recorrer para lograr que la cría bovina sea más eficiente. Ello se alcanzará mejorando los aspectos que actualmente se constituyen como los principales factores limitantes de la producción, en particular la alimentación.

Criterio de reposición de vientres

Además de los factores señalados (eficiencia reproductiva y distribución de las pariciones), otros aspectos de manejo del rodeo pueden incidir en el ICA. Uno de ellos es el criterio de reposición de vientres. Para dilucidar el impacto que este factor puede tener en la eficiencia del uso del alimento, se estimó el ICA en dos rodeos: uno con reposición interna y otro con reposición externa. Las características que diferencian ambos rodeos son:

- *Rodeo con reposición interna:* está constituido por 60% de vacas multíparas, 20% de vacas primíparas y 20% de vaquillonas para reposición. Es decir, la reposición es fija del 20%.

- *Rodeo con reposición externa:* está formado únicamente por vacas adultas. Todos los años, al momento del destete en marzo, se reemplazan las vacas multíparas que al tacto se encuentran vacías, las cuales se eliminan del sistema. La reposición en este rodeo varía según el porcentaje de preñez. En las estimaciones realizadas se supuso un reemplazo del 5 al 25% de las vacas. Además, como el reemplazo es con vacas con preñez garantizada, se consideraron dos alternativas: que las vacas de reemplazo paran en otoño o en invierno, como el resto del rodeo. A su vez, en la opción de reemplazo con vaca de parición otoñal se consideró que el destete se producía a los 8 meses, ya que la parición de otoño posibilita extender la lactancia.

A excepción de la reposición, los otros aspectos del manejo considerados fueron comunes a ambos rodeos.Los cálculos del ICA se hicieron considerando porcentajes de parición variables, del 75% hasta el 95%, asumiendo en todos los casos un 5% de mortandad de terneros en el período parto-destete.

Al evaluar el efecto que el criterio de reposición de vientres puede tener en el sistema, el primer punto a considerar es que un rodeo con reposición externa tiene una demanda de alimento a lo largo del año 30% más alta que uno de reposición interna. Esto se debe a las diferencias en la categoría de animal que lo conforman, ya que en el primer caso todos los vientres son adultos, paren y destetan un ternero al ser reemplazada la vaca vacía del rodeo propio por una preñada. En cambio, en el rodeo con

reposición interna hay categorías con menores requerimientos, ya sea por edad, por menor peso (vaquillonas, vacas primíparas), o por no gestar ni amamantar un ternero (vaquillonas).

El segundo aspecto a considerar para el cálculo del ICA del rodeo, es la cantidad de kilogramos de ternero que se alcanzan a destetar. En un rodeo con reposición interna la producción anual de terneros está afectada por la eficiencia reproductiva. Por ejemplo, de un plantel de 100 vientres, donde se incluyen vacas multíparas, primíparas y vaquillonas de reposición, se pueden obtener de 9 a 11,5 t de ternero/año considerando una parición del 75 al 95%, respectivamente. En contraposición, la producción anual de terneros del rodeo con reposición externa es prácticamente constante ya que no hay vientres improductivos (vaquillonas o vacas que no paren). En un plantel de 100 vientres se puede alcanzar una producción cercana a 15-16 t de ternero/año. Esto se debe a que las vacas vacías son eliminadas del rodeo y reemplazadas con vacas preñadas que, se asume, parirán un ternero. Es decir que todos los vientres de este rodeo tendrán cría.

El índice de conversión alimenticia en un rodeo con reposición interna está afectado por la eficiencia reproductiva. Cada kg de ternero que se desteta puede tener un costo de 29 kg MS si el porcentaje de parición es del 75%, reduciéndose a 24 kg MS cuando la parición es del 95%. En el rodeo con reposición externa el kg de ternero destetado cuesta de 21 a 23,5 kg MS. Es decir que es más eficiente a pesar que la demanda de alimento (forraje) en el año es mayor, y eso se debe a que se puede destetar mayor cantidad de kilogramos de ternero.

La Figura 5 compara el ICA de un rodeo que tiene un porcentaje de preñez del 80%, en distintas alternativas de reemplazo. Como se observa, la eficiencia es mayor cuando el reemplazo es externo con vacas de parición otoñal, ya que el ICA fue de 21,7:1 (kg MS/kg ternero destetado). Cada kilogramo de ternero destetado en el rodeo cuesta 8% más de alimento si el reemplazo es externo con vacas de parición invernal (ICA = 23,4:1), y llega a costar 28% más de alimento si el reemplazo es interno (ICA = 27,6:1).

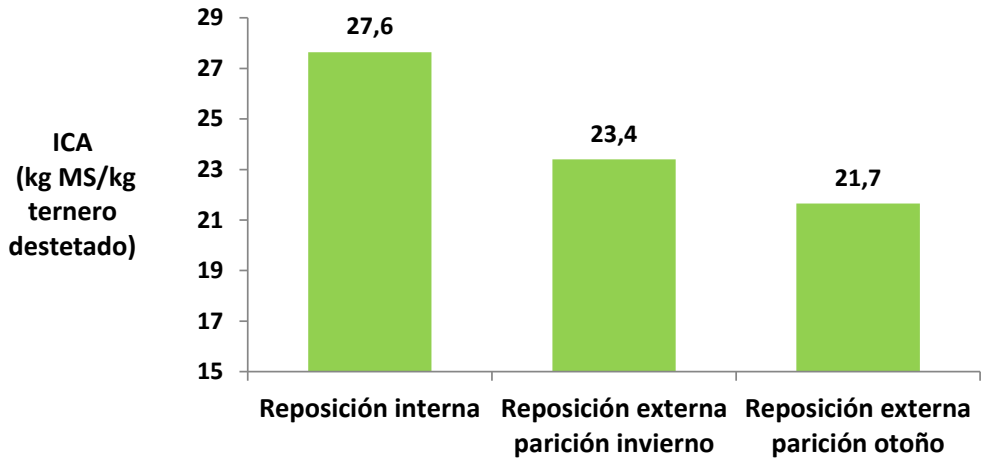


Figura 5: *índice de conversión alimenticia (ICA) de un rodeo de 80% de parición con distintas modalidades de reemplazo de vientres.*

La reposición externa de vientres en un rodeo de cría puede tener distintas implicancias, tanto positivas como negativas, que van más allá de la eficiencia de uso del alimento. Entre las primeras se pueden considerar las siguientes:

- un manejo más sencillo puesto que no es necesario criar las categorías vaquillonas y vacas primíparas;
- asegurar la parición al ingresar animales con garantía de preñez;
- mayor producción de terneros puesto que potencialmente todos los vientres pueden dar un ternero ya que no hay animales improductivos en el sistema como las vaquillonas;
- posibilidad de ingresar vientres que paran en distintos momentos del año, para no tener concentrado el destete de los terneros en una misma época. Esto también puede lograrse cuando la reposición es interna, modificando la fecha de servicio;
- mejorar el ICA del rodeo en casos de tener rodeos ineficientes, es decir con bajo porcentaje de parición;
- si el reemplazo es de otoño, la posibilidad de destetar terneros con mayor peso debido a que se puede alargar la lactancia sin comprometer la reproducción futura. Esto es así porque tomarán servicio recién en primavera, cuando la producción y calidad de las pasturas es adecuada.

Entre los aspectos negativos se pueden considerar los siguientes:

- mayor demanda de forraje, por lo que alimentar un mismo rodeo puede requerir mayor superficie cuando el reemplazo es externo;
- posibilidad de ingresar al sistema enfermedades que no están presentes en el rodeo;
- incertidumbre en cuanto a la disponibilidad de animales, precio de la hacienda al momento de la compra y pureza racial de la cría.

Un cálculo relacionado a la eficiencia

En un rodeo de cría con manejo tradicional, para destetar 100 terneros de 160 kg de peso vivo se necesitan 544 t de MS de alimento si el índice de destete es del 65%. Si se aumenta el destete al 90%, la cantidad de forraje requerido para el mismo objetivo será menor (416 t de MS), por lo indicado anteriormente: el ICA mejora al aumentar el porcentaje de destete. Si se considera una pastura con una producción anual de 4.000 kg MS cosechable por hectárea, se necesitarán 136 ha en el primer caso (65% destete), y 104 ha en el segundo (90% destete), para obtener los mismos 100 terneros. En este ejemplo, aumentando la eficiencia reproductiva (destete del 65 al 90%) se lograría un ahorro del 30% ó más de la superficie de pastura. Si los cálculos se hicieran contemplando otras variables como la distribución de los partos, las diferencias podrían ser aún mayores, ya que al aumentar la "cabeza" de parición del rodeo el ICA es menor.

Más allá de los factores que se consideren para hacer los cálculos, resulta claro que al aumentar la eficiencia reproductiva en la cría se pueden obtener más terneros

con menos vacas, lo cual implica tener un rodeo (con todas sus categorías) con menor cantidad de vientres. Se puede lograr también terneros con mayor peso al destete. Todo esto considerando un sistema pastoril, en el cual se ahorra alimento o superficie de pastura, al disminuir la cantidad de animales improductivos, o sea menos costos de mantenimiento por cubrir. En un rodeo con bajo porcentaje de destete, el 75% ó más del forraje que se produce en el año es utilizado para cubrir el costo de mantenimiento de los animales. El resto es lo que se destina a la producción (gestación, lactancia y crecimiento del ternero).

Consideraciones finales

Todas las estimaciones realizadas muestran que cada kilogramo de ternero que se desteta en un rodeo de cría puede tener un costo de alimento muy variable, dependiendo de factores como la eficiencia reproductiva, la distribución de las pariciones o el criterio de reemplazo de vientres, entre otros. La existencia de esta variabilidad supone una gran oportunidad para hacer de la cría vacuna una actividad cada vez más eficiente, ya que hay un amplio margen de mejoras que se pueden realizar, tanto en los aspectos señalados como seguramente en otras alternativas, nutricionales o de manejo, no contempladas aún en estos estudios.

Bibliografía

AELLO, M.S., DIEGO ÁLVAREZ, I., BURGES, J.C., CONTINANZA, F.G. y DI MARCO, O.N. 2008. Eficiencia energética de la cría vacuna en un rodeo con parición en otoño o invierno. Rev. Arg. Prod. Anim. 28 (Supl. 1):252-254.

AELLO, M.S., SCIOTTI, A.E., FAVERÍN, C. y DALMASSO, S. 2010. Eficiencia energética del rodeo de cría de Reserva 6. Rev. Arg. Prod. Anim. 30 (Supl. 1):119-121.

AELLO, M.S., SCIOTTI, A.E. y FAVERÍN, C. 2011. Factores que afectan la eficiencia energética de la cría vacuna.Rev. Arg. Prod. Anim. 31 (Supl. 1):206.

CARRILLO, J., SCIOTTI, A.E., ODRIOZOLA, E., MARINO, M.A., y SCHIERSMANN, G.C.S., 1998. Reserva 6: un sistema de producción de cría vacuna a través de 30 años. Aspectos físicos y biológicos. Rev. Arg. Prod. Anim. 18:211–225.

DICONSTANZO, A., MEISKE, J.C. and PLEGGE, S.D. 1991. Characterization of energetically efficient and inefficient beef cows. J. Anim. Sci. 69:1337-1348.

DI MARCO, O.N., AELLO, M.S. and MENDÉZ, D.G. 1996. Energy expenditure of cattle grazing on pastures of low and high availability. Animal Science 63:45-50.

DI MARCO, O.N. and AELLO, M.S. 2001. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 55:105-110.

FIEMS, L.O., VAN CAELENBERGH, W., DE CAMPENEERE, S. and DE BRABANDER, D.L. 2008. Effect of dam factors on milk intake and performance of Belgian Blue suckling calves. Animal 2:135-140.

MATHIS, C.P. and SAWYER, J.C. 2000. Beef cow efficiency in the Southwest. New Mexico State University & U.S. Department of Agriculture. Guide B-257

MONTAÑO-BERMUDEZ, M., NIELSEN, M.K. and DEUTSCHER, G.H. 1990. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. J. Anim. Sci. 68:2279-2288.

RITCHIE, H. 1995. The search for the optimum cow. Angus Journal, Oct., pp.143-145.

ROMERA, A.J., BURGES, J.C., MORRIS, S.T., HODGSON, J. and WOODWARD, S.J.R. 2008. Modelling spring and autumn calving systems in beef herd of the Salado region of Argentina. Livestock Science 115:62-72.

ALIMENTACIÓN OTOÑO-INVERNAL DE VACAS DE CRÍA CON SORGO DIFERIDO

Mario S. AELLO
Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)
nutricionfca@yahoo.com.ar

Resumen: *se analiza la performance de vacas que luego del destete y hasta el parto son alimentadas sorgo diferido, y se la compara con una alimentación con rollo de agropiro. Se evalúa la calidad de ambos alimentos, el consumo voluntario, y se discute de manera especial la utilización del grano de sorgo por las vacas de cría.*

Introducción

El período destete-parto es el de menor requerimiento nutricional en vacas de cría adultas. En un rodeo con servicio de primavera, ese período coincide con la época de menor oferta de las pasturas, por lo que frecuentemente se recurre al uso de reservas forrajeras como complemento de la alimentación. El rollo de pasturas, generalmente en base a agropiro, es la reserva forrajera más común en la zona de cría. Las vacas destetadas, y con buena condición corporal, pueden ser alimentadas en una superficie reducida casi exclusivamente con heno durante el período mencionado, siempre y cuando se controle la pérdida de peso que la práctica genera. Esto permite cerrar una parte del campo al pastoreo directo y de esa forma acumular el crecimiento de las pasturas en otoño que serán la base de la alimentación luego de la parición, cuando los requerimientos nutricionales aumentan (Carrillo et al., 1998).

El sorgo diferido es una alternativa muy interesante en la alimentación de la vaca de cría en otoño-invierno. La capacidad de este cultivo para producir un elevado volumen de forraje por unidad de superficie y la sencillez de su manejo son dos factores que, entre otros, justifican la adopción de esta tecnología. El efecto buscado con el uso de los rollos a nivel del sistema de producción (descansar potreros y acumular el crecimiento de la pastura) también puede lograrse con este recurso.

A pesar de que el sorgo diferido tiene una adopción importante en la zona de cría, hay varios aspectos que todavía no son bien conocidos relacionados a su uso. Por ejemplo, cuál es la performance de los animales, cuánto consumen para saber cuál debería ser la asignación más adecuada, y en qué medida es aprovechado el grano por las vacas, apuntando a establecer las mejores características que debe poseer un sorgo para ser utilizado como diferido.

Performance animal: heno de agropiro *versus* sorgo diferido

Se realizó una experiencia en INTA Balcarce donde se alimentaron, entre abril y agosto, 68 vacas multíparas Angus, preñadas en noviembre-diciembre anterior. Las vacas fueron asignadas a dos tratamientos: alimentación con heno de agropiro o con

sorgo diferido. Se evaluó mensualmente el peso y la condición corporal (CC) de las vacas (estimado visualmente, escala 1 a 5), y se registró el peso del ternero al nacimiento.

Los rollos de agropiro se suministraron en comederos de autoconsumo, con una asignación teórica de 9 kg MS/vaca/día. El sorgo para diferir ("Rodeo 77") se sembró en diciembre y fue pastoreado en franjas de una semana de duración con una asignación teórica de 10 kg MS/vaca/día. La biomasa aérea promedio durante todo el período de utilización fue 22,5 t MS/ha, la cual estuvo compuesta por 27,9% de hoja, 24,5% de tallo y 47,6% de panoja. En el Cuadro 1 se muestra la calidad de los dos alimentos.

Cuadro 1: *Calidad media del heno de agropiro y del sorgo diferido.*

Variable	Heno agropiro	Sorgo diferido	
		Abril-Junio	Julio-Agosto
Digestibilidad (*)	48,8%	57,3%	51,8%
Pared celular (FDN)	72,8%	52,5%	55,0%
Proteína (PB)	6,0%	6,7%	6,8%
Almidón	--	17,4%	16,2%
Azúcares	--	10,9%	9,2%

(*) Digestibilidad aparente in vitro medida en un incubador Daisy a las 48 horas.

Las vacas que consumieron el heno de agropiro perdieron peso y CC desde abril hasta el parto, mientras que las que fueron alimentadas con el sorgo diferido mantuvieron peso y CC de abril a junio, decayendo ambos parámetros desde julio hasta el parto. Esta caída estuvo asociada a la menor calidad del sorgo en esos meses, en un momento en que el consumo está reducido por la preñez avanzada. No obstante, las vacas alimentadas con el sorgo llegaron al parto con mejor peso y CC que las alimentadas con el heno y el peso del ternero al nacer fue mayor (Cuadro 2).

Los resultados indicaron que el sorgo diferido utilizado es esta experiencia resultó ser un mejor alimento pre-parto que el heno de agropiro, que es la reserva forrajera más utilizada en la zona de cría. No obstante, como ambos recursos son bajos en proteína, sería conveniente a futuro analizar alternativas de suplementación que permitan mejorar el uso de los mismos.

Cuadro 2: *Performance de vacas de cría alimentadas en pre-parto con heno de agropiro o sorgo diferido.*

Variable	Heno agropiro	Sorgo diferido
Peso vacas en abril (kg)	419,7	418,8
Peso al parto (kg)	340,0b	378,2ª
Pérdida de peso abril-parto (kg/día)	0,578a	0,276b
CC en abril	3,57	3,62
CC al parto	2,51b	3,07ª
PN ternero (kg)	23,4b	25,1ª

a,b: diferencias significativas (p<0,05).

Consumo y digestibilidad *in vivo* de heno de agropiro y sorgo diferido

En otra experiencia realizada en forma simultánea al ensayo de campo, se dispuso de cuatro vacas que en corral fueron alimentadas con los mismos alimentos, con el objetivo de medir el consumo voluntario de materia seca (MS) y la digestibilidad *in vivo* de ambos recursos. Adicionalmente, se estudió la composición morfológica de la dieta seleccionada por las vacas cuando fueron alimentadas con sorgo diferido, y el uso del grano de sorgo de las mismas.

Para lograr el objetivo las vacas (Angus de 407 kg, secas y vacías) se alojaron en corrales individuales con piso de cemento. Las mediciones se hicieron en corrales, en condiciones controladas, para cuantificar de manera precisa el consumo y las demás variables medidas, lo cual es muy dificultoso de realizar desde el punto de vista metodológico en animales pastoreando. Se realizaron en total cinco determinaciones, una con heno de agropiro y cuatro con sorgo diferido, según el siguiente detalle (Cuadro 3):

- Dos conteniendo aproximadamente 40% de panoja en el suministro, una a principio de junio y la otra a fin de julio, para evaluar el consumo y la digestibilidad en dos estados de calidad. El resto del suministro fue hoja y tallo respetando la proporción en la planta en cada momento.

- Una medición con casi 70% de panoja en el suministro, simulando la situación de entrada de los animales a una nueva franja donde seleccionan una dieta con mayor contenido de las mismas.

- Una medición con una dieta sin panoja, es decir sólo de hoja y tallo respetando la proporción de ambas en la planta, simulando la situación de final de pastoreo en la franja, cuando las panojas ya han sido consumidas.

Cuadro 3: *Composición de las dietas de sorgo diferido suministradas a los animales.*

Componente morfológico	Sorgo junio	Sorgo julio	Sorgo alto panoja	Sorgo sin Panoja
Panoja (%)	41,4	41,5	69,3	--
Hoja (%)	32,8	30,4	15,4	53,8
Tallo (%)	25,8	28,1	15,4	46,2

Cada determinación tuvo un período de acostumbramiento a la dieta de diez/quince días y cinco días de mediciones. Los animales se alimentaron *ad libitum* dos veces al día, a las 8:00 y a las 17:00 hs., entregando el 50% del suministro cada vez. Previo a la entrega del nuevo suministro se recogieron los rechazos. Las plantas de sorgo se cortaron en el campo en forma manual cada 2-3 días y se almacenaron bajo techo donde fueron procesadas. El procesamiento consistió en separar las panojas y en trozar el material remanente (hojas y tallos) en fragmentos de alrededor de 10 cm de longitud. En cada suministro se entregó por separado el material fibroso y la panoja para asegurar que todas las vacas recibieran una dieta de igual composición.

Los datos obtenidos de consumo y composición de dieta se muestran en el Cuadro 4. Como se observa, el consumo estuvo directamente relacionado con el contenido de panoja (o de grano) en el alimento suministrado. Cuando a las vacas se les ofreció un alimento con casi 70% de panoja el consumo fue más alto (10,6 kg MS/día) y la dieta seleccionada contuvo 78,7% de panoja. En cambio, cuando el alimento ofrecido no contuvo panojas el consumo voluntario fue de casi la mitad (5,7 kg MS/día) y no se diferenció del obtenido cuando las vacas consumieron el heno de agropiro. Luego de la panoja, la hoja fue el segundo componente de la planta más seleccionado.

Cuadro 4: *Consumo de sorgo diferido y rollo de agropiro, y composición de la dieta seleccionada por los animales.*

Variables	Sorgo junio	Sorgo julio	Sorgo alto panoja	Sorgo sin panoja	Heno agropiro
Consumo (kg MS/vaca/día)	8,890[a]	9,290[a]	10,590[b]	5,700[c]	5,680[c]
Consumo (% peso vivo)	2,2[a]	2,3[a]	2,6[b]	1,4[c]	1,4[c]
Panoja consumida (%)	52,7	54,7	78,7	--	--
Hoja consumida (%)	34,7	31,9	13,3	62,2	--
Tallo consumido (%)	12,6	13,4	8,0	37,8	--

a,b,c: Diferencias significativas en el consumo entre dietas (p<0,05).

La relación entre consumo de sordo diferido (y= kg MS) y porcentaje de panoja (x) estuvo descripta por la ecuación: y= 5,9+0,07x (R^2: 0,93).

Los resultados muestran que vacas pastoreando sorgo diferido pueden tener consumos muy variables según la dieta que puedan seleccionar. Como los animales muestran una alta preferencia por la panoja, el consumo de MS sería mayor en híbridos con más proporción de ésta, y se diferenciaría también al inicio del pastoreo de una nueva franja respecto al final por la selección que ejercen los animales. Cuando las vacas pastorean un sorgo diferido que no contiene panojas, el consumo es significativamente menor, igual al del heno de agropiro, debido a que el material fibroso (hojas y tallos) es de baja calidad, similar entre ambos recursos.

La digestibilidad *in vivo* de la MS de las dietas de sorgo que contenían panoja fue similar (57-58%), y mayor que la del sorgo sin panoja o heno de agropiro. En las dietas que contenían panoja la digestibilidad del almidón fue alta (70-80%), y la de la fibra detergente neutro dependió de otros factores como momento de evaluación o nivel de grano consumido, lo cual se asocia a variaciones de pH y actividad de los microorganismos celulolíticos.

Cuadro 5: *Digestibilidad in vivo de sorgo diferido y heno de agropiro en vacas de cría.*

Digestibilidad *in vivo* (%)	**Sorgo junio**	**Sorgo julio**	**Sorgo alto panoja**	**Sorgo sin panoja**	**Heno agropiro**
Materia seca	57,2[a]	57,3[a]	57,6[a]	46,0[b]	43,9[b]
Fibra detergente neutro	60,1[a]	52,1[b]	46,6[c]	53,8[b]	50,9[b]
Almidón	67,0	79,6	71,5	--	--

a,b,c: Diferencias significativas entre dietas (p<0,05).

A partir de estos datos se puede inferir que la mejor performance que mostraron las vacas alimentadas con sorgo diferido en el ensayo de campo estaría explicado fundamentalmente por dos hechos: el consumo fue mayor y la dieta seleccionada fue de mayor calidad, particularmente por el aporte de la panoja. La información obtenida brinda nuevos elementos para el uso de sorgo diferido en sistemas de cría, relacionados con las características del híbrido a utilizar, forma de manejo o categoría de hacienda para su uso, entre otras. La variabilidad observada en el consumo, en la composición de la dieta seleccionada y en la digestibilidad *in vivo* a lo largo del período de utilización de una franja de sorgo diferido, llevan a replantear la duración que tendrían que tener el pastoreo de las franjas, para disminuir la variabilidad y hacer un mejor uso del recurso.

Aprovechamiento del grano en los sorgos diferidos

Si bien el sorgo diferido es utilizado en la zona de cría, hay algunos aspectos de su valor nutricional que se ignoran y que son motivo de consulta recurrente por parte de productores y asesores. El aspecto central radica en saber en qué medida se aprovecha el grano. El grano de sorgo, para ser utilizado por los vacunos, requiere ser procesado ya que sus tegumentos hacen que el grano entero sea poco digestible. Este hecho es perfectamente conocido por los nutricionistas y existe abundante literatura científica que respalda esta afirmación. Lo que no se conoce, porque no se ha investigado, es el aprovechamiento del grano en los sorgos diferidos.

Existen varios elementos que pueden marcar diferencias entre lo que es la utilización del grano de sorgo en un planteo de suplementación y la utilización del grano en una planta diferida que se consume en pie. Por ejemplo, en el pastoreo diferido el grano es consumido en la panoja, junto a los componentes fibrosos de la misma, y junto a los otros componentes fibrosos de la planta (hojas y tallos), todo lo cual puede marcar diferencias en la masticación y por ende en la digestión del grano. El grado de humedad del mismo en la panoja sería otro factor diferencial con respecto al grano seco utilizado en la suplementación.

Para evaluar la utilización del grano se analizó en las heces de las vacas del ensayo de consumo y digestibilidad comentado en el punto anterior, el estado de los granos excretados (enteros, masticados), su peso, el contenido de almidón en heces, entre otras determinaciones (Cuadro 6).

Cuadro 6: *Análisis de los granos consumidos y de los excretados en heces en vacas que consumen sorgo diferido.*

Variable	Sorgo junio	Sorgo julio	Sorgo alto panoja
Panoja en el suministro (%)	41,4	41,5	69,3
Consumo de panoja (kg MS/vaca/día)	4,690[b]	5,090[b]	8,340[a]
Peso de 1000 granos consumidos (g)	18,7	18,7	18,7
Peso del grano en heces (g/100 g MS heces)	35,0	36,1	39,3
Peso de 1000 granos excretados en heces (g)	13,3	13,5	13,3
Granos dañados recuperados en heces (% del total de granos)	31,9	31,4	32,5

a,b: Diferencias significativas entre dietas (p<0,05).

Los datos obtenidos muestran que el grano de sorgo en los diferidos, el cual es consumido entero es, al menos parcialmente, utilizado por las vacas. Cerca de un tercio

de los granos recuperados en heces estuvieron dañados, lo cual implica que el almidón estuvo accesible para ser utilizado tanto a nivel ruminal como post-ruminal. La digestibilidad *in vivo* del almidón, mostrada en el Cuadro 5, fue alta. Estos resultados preliminares no solamente muestran que el grano es utilizado, permiten también inferir que los sorgos con mayor contenido de panoja, a igualdad de otros factores como la cantidad de biomasa que producen por hectárea, serían más convenientes para utilizar, teniendo en cuenta que el grano es el componente de la planta que aporta mayor calidad. Además, al aumentar la proporción de panoja el consumo aumenta.

Bibliografía

BIANCULLI, M.L., AELLO, M.S., SCIOTTI, A.E. y STEFANAZZI, I.N. 2010. Estudio de caso: Evaluación nutricional de dos híbridos de sorgo durante su utilización como forraje diferido. Revista Argentina de Producción Animal 30 (Supl. 1):453-454.

CARRILLO, J., SCIOTTI, E., ODRIOZOLA, E., MARINO, A. y SCHIERSMANN, G.C.S. 1998. Reserva 6: Un sistema de producción en cría vacuna sostenible a través de 30 años. Aspectos físicos y biológicos. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 18 (3-4): 211-225.

FERNÁNDEZ ROSSO, C., AUIL, M., AELLO, M.S. y RICCI, P. 2010. Degradabilidad ruminal de henos y henolajes de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en diferentes estados fenológicos. Revista Argentina de Producción Animal 30: 454-455.

RECAVARREN, P. 2010. Sorgos diferidos como reserva forrajera invernal en rodeos de cría de la zona de la Depresión de Laprida. Trabajo final Especialidad en Manejo de Sistemas Pastoriles. Universidad de Buenos Aires, 34 p.

STRITZLER, N., GINGINS, M. y SANTUCHO, G. 1982. Efecto del molido sobre la digestibilidad del grano de sorgo en bovinos. Producción Animal 9:3-7.

ZINN, R.A., BARRERAS, A., CORONA, L., OWENS, F.N. and WARE, R.A. 2007.Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. J. Anim. Sci. 85:1727-1730.

UTILIZACIÓN DE AGROPIRO Y FESTUCA EN RECRÍA EN SUELOS BAJOS

Oscar N. DI MARCO
Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)
odimarco@balcarce.inta.gov.ar

Introducción

Los problemas de los campos bajos para producir forraje y sustentar una buena recría son bien conocidos. Se trata generalmente de suelos con fuertes limitaciones de drenaje, altos valores de pH, sales en superficie, inundaciones invernales y sequías estivales recurrentes, entre otras limitantes edáficas, que impiden el uso de especies forrajeras consideradas de alta calidad. A su vez, si bien el agropiro y la festuca pueden prosperar en estas condiciones, bajo las condiciones normales de manejo tienden a formar matas altas que aportan un material de bajo valor forrajero. Por esta razón se las consideran forrajes de "baja calidad" y aptas para uso exclusivo en rodeos de cría con bajas cargas.

Sin embargo, en el INTA Balcarce hemos demostrado que cuando el agropiro o la festuca se manejan de forma apropiada, ambas especies forman pasturas cespitosas de alta calidad en las que el encañamiento logra controlarse notoriamente. Esto demuestra que la formación de matas, con la consecuente pérdida de valor forrajero y raleo de la pastura, es un problema directamente asociado al mal manejo (o desmanejo) de estas especies.

Las claves para alcanzar una alta respuesta animal en suelos bajos con agropiro y festuca está en el manejo de la implantación, fertilización y pastoreo. Nosotros estamos recomendando una serie de criterios relativamente sencillos, sólidamente respaldados en investigaciones en el campo de la ecofisiología de pasturas y la nutrición animal, que denominamos "Buenas prácticas de manejo (BPM)". Otro aspecto importante es el entrenamiento del personal de campo para que comprendan cabalmente los fundamentos que sustentan dichas prácticas y las pautas para su adecuada aplicación.

Crecimiento y calidad

La calidad cambia con la dinámica del crecimiento de las hojas. Después de una defoliación crece la primera hoja (H1) hasta alcanzar su largo máximo (indicado por la flecha de la Figura 1). Este es el período de acumulación de biomasa foliar que dura aproximadamente la mitad de la vida media foliar (VMF). Posteriormente, la lámina permanece verde sin acumular biomasa hasta el final de su ciclo de vida (fin de la VMF). A cierto intervalo (IAH) aparece la segunda hoja (H2) que hace lo mismo y después aparece la hoja 3 (H3). Por lo tanto, antes que la primer hoja entre en el proceso de senescencia (fin de VMF) hay dos hojas expandidas y una tercer hoja creciendo (3H), es

decir dos hojas completamente expandidas y otra en crecimiento. Esto conforma un ciclo de acumulación de biomasa foliar. Si el forraje no se cosecha dentro de la VMF, los ciclos de crecimiento continúan. Pero al crecer la hoja 4, la H1 se va secando y perdiendo biomasa por movilización de C y N a la nueva hoja en crecimiento.

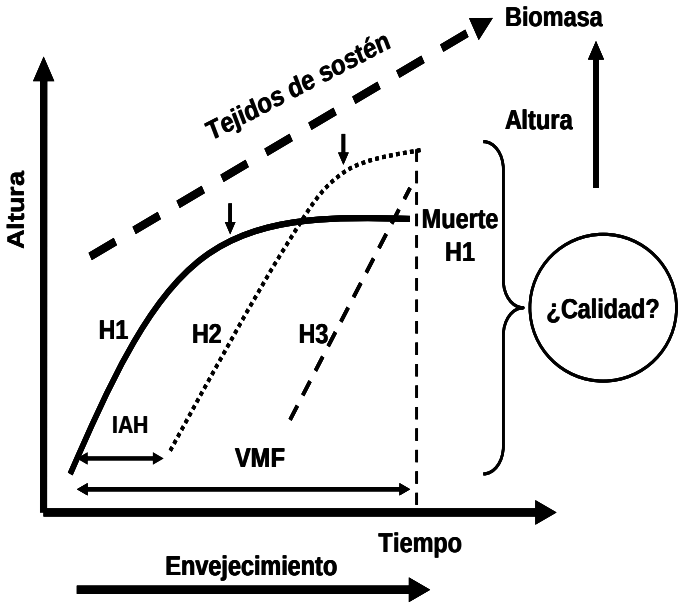


Figura 1: *Esquema mostrando el crecimiento secuencial de hojas (H1-H3) de una gramínea.*

Durante estos ciclos de crecimiento y recambio de hojas (*turnover*), las mismas cambian de edad y aumentan de altura progresivamente por alargamiento de las vainas. Esto hace que la pastura acumule biomasa y aumente la proporción de vainas que sirve de sostén de las láminas. También aumentan los tejidos de sostén dentro de las láminas, lo que se traduce en una disminución de la digestibilidad del forraje y también del contenido de proteínas.

FDN y digestibilidad

La digestibilidad de la MS (DMS) depende del contenido de FDN y de su digestibilidad (DFDN). Si bien está aceptado que la DMS disminuye porque aumenta la FDN, se ha demostrado que la FDN permanece relativamente constante durante la VMF y con el incremento de longitud de la hoja. En cambio, la DFDN disminuye con el tiempo y con el largo de hoja como muestra la Figura 2. Esto significa que durante la acumulación de biomasa de una pastura en estado vegetativo hay pérdida de DMS, principalmente por disminución de la digestibilidad de la fibra, asociada al aumento del largo de las hojas. La disminución de la DFDN depende de las barreras físico-químicas que se forman en la estructura interna de la pared celular para generar la capacidad de sostén que necesita la pastura para evitar el colapso estructural. Posteriormente,

cuando la hoja se está secando (fin VMF), la FDN aumenta debido a la removilización de compuestos solubles hacia la nueva hoja en crecimiento y la DFDN continúa disminuyendo debido al aumento de la fracción seca.

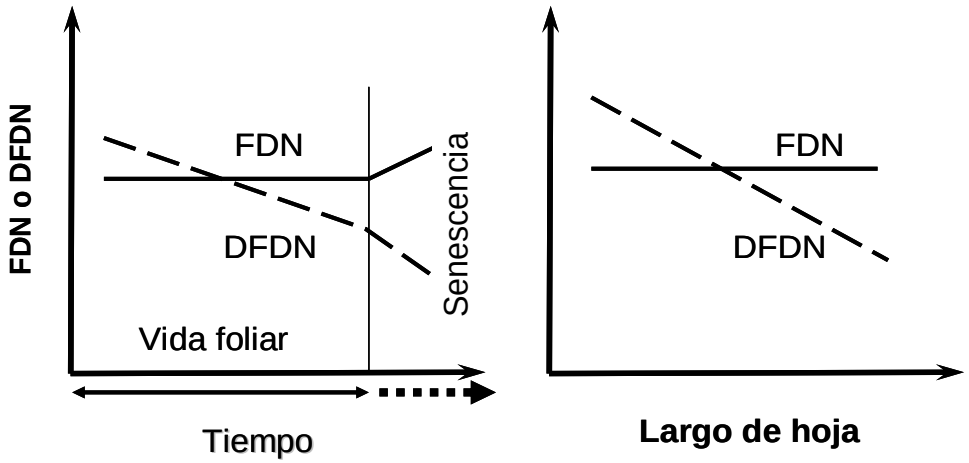


Figura 2: *Dinámica del contenido de FDN y DFDN con la edad y largo foliar en hojas de festuca y agropiro.*

Variaciones del contenido proteico

El contenido de proteína bruta (PB) del forraje disminuye con el aumento de biomasa, según la curva de dilución del nitrógeno (N), (Figura 3). Esto se debe a que el N se encuentra en un 80% como parte de la enzima fotosintética, y por lo tanto se concentra en las láminas de las hojas mejor iluminadas de la pastura. La excesiva acumulación de biomasa produce el sombreado de las láminas de los estratos inferiores que "desarman" el aparato fotosintético y redistribuyen el N hacia las nuevas hojas en crecimiento. También es afectado por la disponibilidad de N en el suelo, ya que su escasez afecta dramáticamente el contenido de PB. Por ejemplo, para una disponibilidad de forraje de 2500 kg MS/ha, la PB puede estar por debajo del 10% o por encima del 20%, lo que representa una variación de más del 100% en el contenido de PB para una misma especie a una disponibilidad determinada.

Las especies forrajeras tienen diversos mecanismos para regular el crecimiento adoptando la forma más conveniente a las condiciones del ambiente o manejo. Esta adaptación implica modificaciones morfológicas en el porte y largo de hojas que afectan la calidad nutritiva del forraje, porque las plantas necesitan una estructura interna de sostén acorde al tamaño de las hojas. Esta estructura o tejido de sostén está formada por la pared celular (FDN) de distintos tejidos, que pierde digestibilidad debido a modificaciones físicas y/o químicas en la misma. De esta forma, regula su capacidad de sostén pero al mismo tiempo se vuelve menos susceptible al ataque de los microbios del rumen.

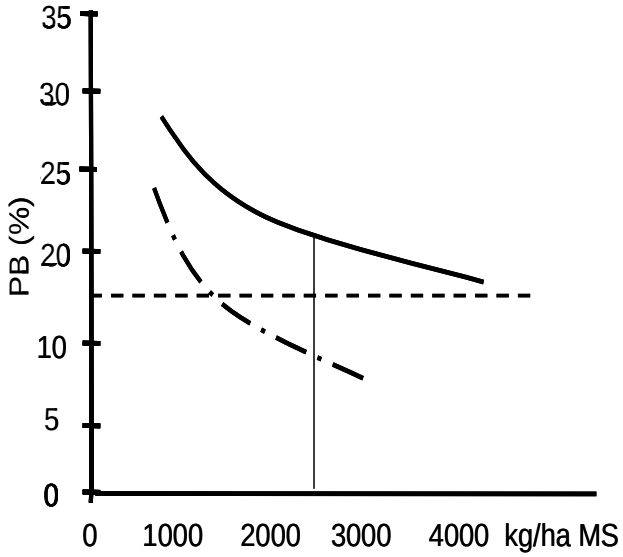


Figura 3: *Variaciones del porcentaje de proteína (PB) de una gramínea en función de la acumulación de biomasa y disponibilidad de N.*

Altura de la pastura y calidad

La calidad disminuye con el largo de la hoja y, por lo tanto, la clave para que las pasturas no pierdan calidad es controlar su altura a través del manejo de la intensidad y frecuencia de defoliación. Las pasturas altas con exceso de biomasa que se ven en la mayoría de los campos, entre noviembre y diciembre, no sirven para ganar peso. Además, la altura afecta negativamente su estructura, ya que progresivamente se perderán macollos y se formarán matas, aparecerán malezas o la vegetación natural del suelo.

En la Figura 4 se muestran las diferencias en DMS de láminas de agropiro de 24 y 46 cm (cortas y largas), correspondientes a estructuras de pasturas en estado vegetativo de 12-15 y 25-30 cm de altura, respectivamente Se puede observar que a similar estado de desarrollo, las hojas cortas tienen mayor DMS, la cual prácticamente se mantiene por encima del 65% durante toda la VMF. En cambio, en las hojas largas la DMS disminuye al avanzar los estados de desarrollo, cayendo por debajo del 60% posteriormente a la elongación de las hojas. En ambos casos, la DMS llega al mínimo en la fracción de lámina verde de una hoja que se está secando, pero sigue siendo más alta en las hojas de menor longitud. Ello muestra la ventaja de mantener las pastura a una altura que no superen los 12-15 cm, lo cual representa un largo de lámina de aproximadamente 20 cm.

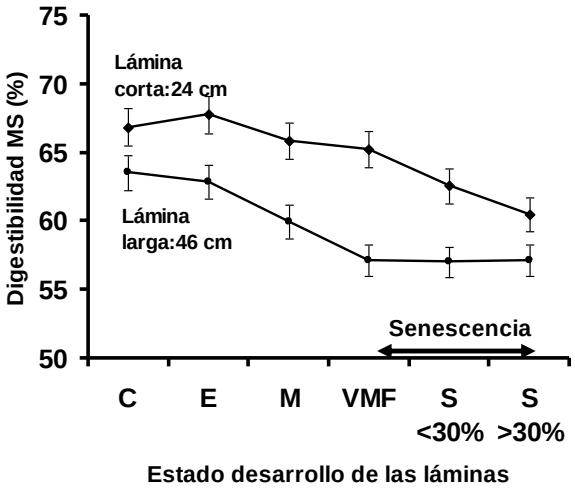


Figura 4:*Disminución de la digestibilidad de la MS en el avance de los estados ontogénicos en agropiro. (C: hoja en crecimiento, E: en elongación, M: hoja madurando, VMF: fin del ciclo de vida y S: fracción verde hoja senescente (con menos o más del 30 % de hoja seca).*

Manejo y calidad

La VMF es un parámetro de morfogénesis de gran utilidad para establecer pautas de manejo que favorezcan la calidad del forraje. Por ejemplo, para fines prácticos se puede considerar que el agropiro y la festuca tienen una VMF de entre 500 a 550 grados días de crecimiento (GDC). Por lo tanto, a una temperatura promedio de 20º C la senescencia comenzaría entre 32-35 días (500/(20-4.5). Posteriormente hay pérdida de biomasa por senescencia (material muerto) y por disminución de calidad (menor DMS y PB). También hay muerte de macollos por falta de iluminación dentro de la estructura de la pastura.

Como regla práctica, para combinar una alta tasa de crecimiento con alta calidad los animales deben entrar a pastorear entre el ~50-70% de la VMF y completar el pastoreo antes de finalizar la VMF. En días estos períodos se acortan al avanzar la primavera porque aumenta la temperatura. Es decir, la rotación debe ser más rápida, por ejemplo cada 20-25 días en primavera avanzada. En ese momento los macollos tienen entre 2-3 hojas verdes, esto es dos hojas expandidas (H1 y H2 en la Figura 1) y una tercer hoja creciendo (H3). Si el crecimiento es muy rápido y la pastura tiende a "cerrarse", hay que aumentar la velocidad de rotación. Esto significa que hay que volver a las áreas previamente pastoreadas antes de cumplirse la VMF. Este forraje se corta y se enrolla o se deja en el campo hilerado. Con ello se evita el efecto negativo del sombreo en la estructura de la pastura, que comenzará a ralearse, a formar hojas más largas, con mayor porcentaje de vainas, que en definitiva tiene un impacto negativo en la calidad del forraje y en el consumo.

Experiencias a nivel de campo

Se llevaron a cabo dos experiencia de recría en establecimientos privados. Una de ellas fue con pasturas de festuca en el partido de Laprida, bajo la responsabilidad del Ing. Agr. Paulo Recavarren. Se utilizó una superficie de 9 ha sembrada a mediados de marzo 2011 con festuca templada, a razón de 15 kg/ha y una fertilización a la siembra de 100 kg/ha de fosfato diamónico. Se hizo recría desde la primavera hasta el comienzo del verano bajo pastoreo rotativo. La otra experiencia se hizo con agropiro en el partido de Tapalqué, bajo el asesoramiento del Ing. Agr. Manuel Arnaude. En este caso se sembraron 56 ha a una densidad de35 kg/ha y una fertilización a la siembra de 80 kg/ha de fosfato diamónico. Tal como se esperaba, las pasturas logradas en ambos casos resultaron muy diferentes a las que se ven en el campo (Figura 5), corrientemente ralas, con formación de matas y, en ciertos momentos del año, con mucha biomasa acumulada de baja calidad.

Figura 5: *Vista de la pastura de agropiro en junio previo al primer pastoreo.*

Manejo de las pasturas

Pastoreo precoz: ambas pasturas recibieron un pastoreo precoz en invierno con alta carga instantánea, cuando los macollos estaban en estado de 2-3 hojas. En festuca se realizaron dos pastoreos, a mitad de junio y mitad de agosto, utilizando vacas preñadas con una carga de 14 animales/ha durante cuatro días cada uno. En agropiro se hizo un sólo pastoreo a mediados de julio, con terneras de recría de 220 kg con una carga de 20 animales/ha durante una semana.

*Pastoreo durante el resto del período: e*n festuca los animales entraron a las parcelas con alrededor de 2000 kg MS/ha (12-16 cm de altura del forraje) y se sacaron con un remanente de 800 a 1200 kg MS/ha (6 a 8 cm de altura del forraje), quedando las

plantas con fracciones de hoja verde para favorecer un rápido crecimiento posterior. La duración de la rotación fue de 18-25 días, hecho que permitió controlar la senescencia del forraje. En agropiro las pasturas se mantuvieron por debajo de una altura de 12-15 cm durante todo el período de pastoreo, con lo cual fue factible mantener un crecimiento continuo y muy activo de las mismas.

Las estructuras logradas en ambos casos permitieron ofrecer al ganado un forraje "compacto" (en alusión al concepto de densidad volumétrica), con alta proporción de hojas jóvenes de excelente calidad nutritiva. Esta situación dista de lo que ocurre normalmente en el campo donde lo más usual, y que erróneamente se considera indefectible, es que las pasturas "se escapen" abruptamente, transformándose en estructuras altas, con escaso aporte de las fracciones del forraje de mayor valor nutritivo para el ganado (principalmente las hojas jóvenes). Estas situaciones afectan severamente el consumo voluntario del ganado y, por ende, las respuestas productivas. Vale mencionar que los objetivos de manejo pudieron cumplirse adecuadamente hasta noviembre, cuando las cargas no fueron suficientes para mantener la pastura en su mejor punto debido a que ocurrieron altas precipitaciones.

Durante el período de evaluación de la ganancia de peso se registraron en ambos establecimientos muy bajas precipitaciones, con excepción del mes de noviembre que llovieron casi 150 mm. En el resto de los meses de pastoreo la lluvia caída fue de aproximadamente 90 mm.

Carga animal y ganancia de peso

La ganancia de peso en festuca se evaluó desde el inicio de octubre hasta mediados de febrero con 20 novillitos y 40 vaquillonas de aproximadamente 250 kg de peso en 9 ha. La carga promedio durante los 133 días de pastoreo fue de 6,2 animales/ha. En agropiro la evaluación de la ganancia de peso se realizó desde el 9 de septiembre al 10 de diciembre, con 250 vaquillonas de 250 kg de peso en 56 ha, resultando una carga promedio de 5 animales/ha.

La ganancia de peso promedio de las vaquillonas fue similar en ambos establecimientos. En agropiro ganaron 0,793 kg/día en 92 días de pastoreo y en festuca 0,735 kg/día durante los 133 días de pastoreo (Figura 6). La ganancia de los novillos en la festuca fue 0,941 kg/día. La superioridad de alrededor del 30% respecto de las vaquillonas se explica porque los novillos acumulan menos grasa por kg de peso vivo ganado.

Los resultados muestran el alto potencial de recría que tienen las pasturas de agropiro y festuca, tanto con pastoreo continuo como rotativo, cuando se aplican criterios adecuados de manejo. La dotación de animales utilizada en los dos establecimientos fue elevada con respecto a lo que se esperaría para pasturas a pocos meses de la implantación (5 y 6,2 animales/ha en agropiro y festuca, respectivamente). Sin embargo, y tal como se mencionó previamente, en ambos casos faltó carga en primavera avanzada. En base a la experiencia obtenida, se estima que las pasturas

hubieran soportado con comodidad una dotación animal 40-50% más alta que la efectivamente aplicada (~8 animales/ha).

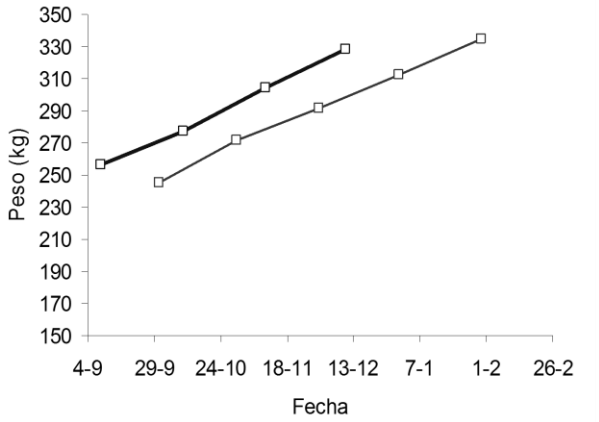


Figura 6: *Evolución del peso de vaquillonas en pastoreo de agropiro (línea superior) y festuca (línea inferior).*

Producción carne

Las producciones de forraje estimadas estuvieron en el rango de 5-7 t MS/ha durante los 3 a 4 meses en que se efectivizó la utilización de las pasturas. En agropiro la producción de carne fue de 365 kg/ha en los 90 días de pastoreo. En cambio, en festuca que se utilizó durante 133 días de pastoreo con mayor carga, la producción de carne promedio de vaquillonas y novillos fue de 660 kg/ha. Estas producciones superaron holgadamente el costo de implantación de las pasturas, equivalentes a 130 y 115 kg de carne/ha en agropiro y festuca, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1: *Producción de carne en pasturas de agropiro o festuca en el primer año de implantación.*

Variables	Agropiro	Festuca
Días de pastoreo	92	133
Categoría de animal	Vaquillonas	Vaquillonas y novillos
Peso animales (kg)	250	250
Carga animal (animales/ha)	5	6,2
Ganancia peso (g/d)	793	800
Producción de carne (kg/ha)	365	660
Costo de implantación (kg carne/ha)	130	115

¿Qué hay que hacer para obtener buenos resultados productivos en recría? Seguir las pautas de manejo comentadas para utilizar eficientemente el forraje de primavera. La producción total de carne es variable entre años, tipos de suelo, fertilización y manejo. Pero depende en gran parte de la utilización del forraje de primavera. En este período, que abarca entre 70-100 días, se puede producir el 70% de la carne de todo el año (Figura 7). De manera tal que si la primavera no se utiliza eficientemente la producción de carne en el año será baja.

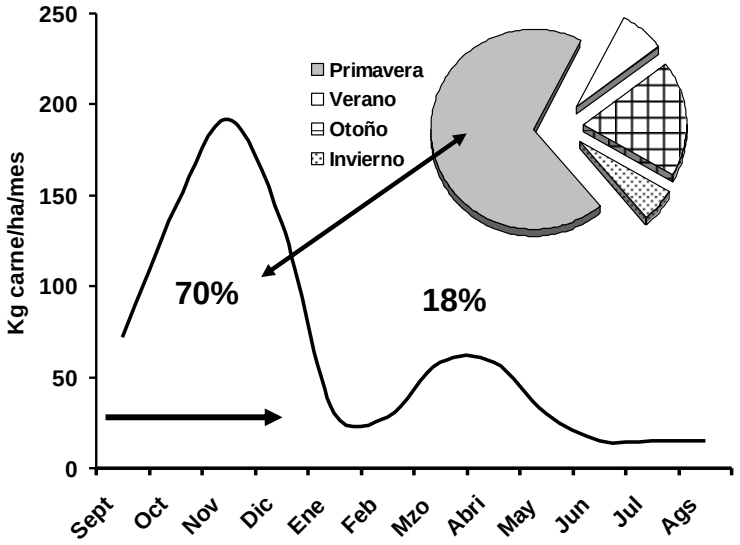


Figura 7: *Distribución la producción de carne en distintas estaciones del año. Los valores corresponden a una producción anual de 650 kg/ha/año, que se obtienen utilizando eficientemente el forraje de primavera.*

El "provecho" que se puede sacar a una primavera depende de tres factores: (i) la longitud del período de utilización, (ii) la carga utilizada y (iii) la tasa de ganancia de peso. La longitud del período de utilización depende del tipo de suelo y del manejo, que determinan el momento que arranca la pastura y hasta cuando se pueda mantener en estado vegetativo sin que encañen. La carga y tasa de ganancia de peso depende de la tasa de crecimiento y de la calidad del forraje producido. Por ejemplo, si se logra pastorear durante 100 días (septiembre a mitad de diciembre), con una carga promedio de 6 animales por hectárea que ganen 700 g/día, se pueden lograr 420 kg en la primavera. Obviamente, esta meta no puede lograrse si las pasturas arrancan tarde y el forraje encaña en noviembre.

Tampoco puede obtenerse una ganadería eficiente si no se logra una buena implantación de la pastura. El éxito de producir carne en suelos bajos con agropiro o festuca comienza con una buena siembra. Hay que desterrar la vieja idea de que una pastura se siembra así nomás sin una buena preparación del suelo y luego "dejarla que venga". Eso lleva rotundamente al fracaso. Para lograr una pastura productiva desde el primer año de implantación es importante dar un primer pastoreo cuando la pastura tenga tres hojas, para que logren una conformación cespitosa de fácil manejo que

favorezca el macollaje temprano. Este pastoreo tiene que ser intenso, con alta carga instantánea lo antes posible en el año de implantación. Una pastura bien implantada y densa puede estar creciendo bien en agosto si dispone de N, P y agua. A la salida del invierno el principal limitante del crecimiento es el N, que no está disponible en el suelo hasta que la temperatura del mismo llegue a los 10 °C. Por ejemplo, el agropiro en esta experiencia se comenzó a pastorear el 9 de septiembre cuando en la zona no había pasto, debido a la falta de fertilización. Sin fertilizante nitrogenado las pasturas no están listas para el pastoreo hasta el mes de octubre.

Para tener en cuenta:

Una buena pastura es el resultado de una construcción que empieza previo a la siembra. Los lineamientos básicos de una BPM son:

- Limpiar bien el lote de implantación. Puede llevar 1 ó 2 años con cultivos antecesores para eliminar la vegetación natural.

- Sembrar buena semilla, a una distancia de 17,5 cm entre líneas, para lograr entre 250-300 plantas/m^2.

- Aplicar un primer pastoreo ni bien haya piso y arraigue de las plantas.

- Fertilizar con N en invierno (julio-agosto) para que las pasturas arranquen temprano en septiembre. Hay que mantener una relación N:P de 5:1 para que el N sea bien utilizado.

- Realizar un pastoreo precoz a la salida del invierno (agosto) para controlar el encañamiento en primavera avanzada. Esto se llama control temprano de la floración (CTF).

- Pastorear las pasturas entre el 50-75% de la VMF hasta el final de la VMF, si no se cierran antes. Si esto ocurre hay que volver sobre las áreas ya pastoreadas y cortar el pasto excedente.

- Evitar acumular más de 2,5 a 3,0 t MS/ha, para que las pasturas no se deterioren y pierdan calidad.

- Dejar un remanente folioso de 0,9 a 1,2 t MS/ha post-pastoreo para favorecer el rápido rebrote. La cantidad de remanente dependerá de la estructura de la pastura. Previo a un verano seco puede aumentarse el remanente para evitar el resecamiento del suelo.

NUTRICIÓN DE LA VACA DE CRÍA EN EL NORESTE ARGENTINO

Carlos MAGLIETTI
INTA EEA Balcarce
maglietti.carlos@inta.gob.ar

Introducción

La principal actividad ganadera en el NEA es la cría vacuna, la cual se lleva a cabo en sistemas extensivos pastoreando, principalmente, pastizales naturales. Los índices productivos expresados como porcentaje de preñez y destete no son lo suficientemente buenos. Al evaluar las causas, la extensión del intervalo parto-celo, conocido como anestro posparto, es el principal responsable de esta realidad (Robson et al., 2011). Entre los factores que más influyen en la duración del anestro, la condición corporal de los animales al inicio del servicio es un condicionante del éxito reproductivo. La condición corporal depende del manejo *per se* y de la nutrición de los vientres. En sistemas donde la principal oferta forrajera son los pastizales, la energía, proteína y minerales que consumen los animales a lo largo del año no son estables y presentan marcadas deficiencias, las que imponen un techo a las posibilidades de producción si no se interviene de alguna manera.

Nutrientes que aportan los pastizales de la región

La producción de forraje en el NEA es estacional, en cantidad y calidad, con un gran crecimiento en la época primavero-otoñal (dependiendo de la zona). Cuando los servicios se concentran en la primavera, las vacas enfrentan un gran desafío en el invierno. La baja tasa de crecimiento del pasto, así como los pobres niveles de proteína bruta de este (5-6%), afectan directamente el consumo, por lo que los vientres pierden peso en este momento del año. Además, esa región presenta, en distintas zonas, carencias minerales que pueden ser muy graves. Deficiencias dietarias de fósforo, selenio, cobre, manganeso y cobalto, como también el exceso de molibdeno, han sido descriptos como causantes de infertilidad. El mecanismo por el que afectan la reproducción puede explicarse por tres formas (Swecker y Kasimanickam, 2007):

- Disminución de la actividad de las bacterias del rumen, con la consecuente disminución de la digestibilidad del alimento.
- Alteración de la acción enzimática que involucra el metabolismo energético-proteico de la síntesis de hormonas.
- Se afecta al sistema reproductivo.

Requerimientos nutricionales de la vaca de cría

Como es denominado corrientemente, la reproducción es una actividad de lujo, por lo que las hembras priorizan su propia preservación o la producción de leche antes que la reproducción. Como resultado, la incorrecta provisión de energía, proteína y minerales impactan directamente sobre la reanudación de la actividad ovárica.

La energía ejerce un importante control que permite o bloquea la liberación de las hormonas relacionadas con la reanudación del estro. La reducción del consumo de energía en el último tercio de la gestación incrementa la duración del anestro posparto. Si bien la proteína es muy importante en la reproducción, los niveles presentes en los pastizales son suficientes para cubrir los requerimientos de vacas multíparas, excepto en el invierno. Las características de los pastizales, altos en fibra y de baja digestibilidad, hacen que la tasa de pasaje sea lenta, provocando una disminución del consumo y produciendo pérdida de peso. Este hecho influye sobre el metabolismo energético y si no se realiza algún manejo correctivo en la alimentación, la eficiencia reproductiva de los animales será muy baja.

Si bien la energía y la proteína son extremadamente importantes para una correcta nutrición de los vientres, no es frecuente observar que se suplemente con proteína o energía durante el invierno a vacas adultas. Esto se debe a que existe una herramienta que permite almacenar energía sobre el mismo animal aprovechando los momentos del año en que el forraje provee cantidad y calidad de nutrientes: el manejo de la condición corporal a lo largo del ciclo productivo.

En los sistemas de cría con servicio estacionado de primavera, el vientre ingresa al invierno con una preñez avanzada sobre pastizales de baja calidad. La oferta de energía en este momento es limitante pero se puede subsanar en gran medida con el manejo estratégico de la condición corporal. Esto se logra realizando el destete iniciando el otoño, momento de crecimiento forrajero, para dar oportunidad a la vaca para que mejore su condición (reservas corporales) desde este momento y hasta la llegada del invierno. Así, con este plus de reservas, se puede perder condición de manera controlada en el invierno y llegar a la primavera con un estado corporal que no perjudique la preñez futura.

Lo señalado anteriormente no es nuevo y es una tecnología difundida por la EEA INTA Mercedes desde hace varios años para el centro sur de Corrientes. La base teórica de este comportamiento se basa en que el músculo y grasa son reservas de energía que modulan el anestro posparto. Es aceptado que la condición corporal al parto e inicio del servicio tienen fuerte influencia en la eficiencia reproductiva. Con este manejo se aprovecha la mayor producción y calidad del pastizal para transferir energía desde la época de crecimiento (otoño) al invierno.

Cuando se desea mantener altos porcentajes de preñez y destete, el manejo de la condición corporal y la utilización de herramientas de la lactancia, como el destete precoz, se vuelven imprescindibles para cambiar el flujo de energía, ya que queda disponible para la reanudación del ciclo estral la energía que iba a producción de leche.

Los minerales, un factor limitante: el fósforo y el sodio

Como fue señalado, los minerales pueden ser una limitante en la producción animal. El elemento que en el NEA puede condicionar la respuesta reproductiva dependerá de las particularidades de los suelos de cada zona, ya que deficiencias primarias o secundarias han sido descriptas en varios lugares dentro de la región. En este artículo se tratan dos: fósforo (P) y sodio (Na).

El P se encuentra involucrado en una gran cantidad de procesos fisiológicos, probablemente más que cualquier otro mineral, incluyendo los reproductivos. En las condiciones en que se desarrolla la cría en la Mesopotamia Argentina, con una gran deficiencia de P en los suelos, el pastizal natural o las pasturas no contienen suficiente cantidad del elemento para cubrir los requerimientos de los animales en pastoreo (Mufarreje, 2005). Esto es particularmente marcado en los vientres de cría en el pico de lactancia, donde además de amamantar deben preñarse en un período acotado de tiempo. El P presente en el campo natural es deficitario y si bien varía estacionalmente, en el invierno se dan los valores más bajos (0,07-0,08 g P/100g MS). Este mineral está en mayor concentración en el tejido vegetal en activo crecimiento (primavera-verano: 0,15g P/100g MS).

Ante esta situación, la cantidad de P que consumen los animales compromete no sólo la eficiencia reproductiva, sino que también los expone a una enfermedad carencial denominada afosforosis, y que es conocida en el centro sur de Corrientes como "chichaca". Esta carencia produce modificaciones en el comportamiento ingestivo de los animales, que en busca del mineral faltante ingieren huesos presentes en el campo. Esta aberración en el apetito (pica) puede desembocar en la ingestión de *Clostridium botulinum,* provocando que los animales padezcan de botulismo (mal del Agupey). Además, la carencia prolongada produce disminución del apetito, las vacas con cría al pie no vuelven a preñarse y, en consecuencia, los porcentajes de preñez y destete son bajos, con pérdida de peso y de condición corporal durante la lactancia.

El Na cumple una variedad de funciones en los tejidos, entre ellas: mantener la presión osmótica, regular el equilibrio acido base y controlar el metabolismo del agua. Este es otro elemento que limita la producción animal, presentando el NEA importantes deficiencias. Mufarrege (2005) describió que el 69% de los pastizales del NEA evaluados eran deficientes en Na, acentuándose este hecho en la provincia de Corrientes donde se halló que la deficiencia alcanzaba al 85% de ellos. La carencia prolongada de Na produce pérdida de apetito, rápida disminución de peso y de la producción de leche. La deficiencia produce alteraciones del apetito y, a diferencia del P, los animales consumen cualquier material que pueda proveer el mineral: tierra, madera y huesos.

Como medida para subsanar estas carencias, en aquellas zonas donde existe una marcada deficiencia de P y Na se recomienda desde hace muchos años la suplementación con estos minerales con mezclas comerciales que contienen P y NaCl. Uno de los impactos que se observa con esta práctica es una importante mejora en la fertilidad de las vacas.

Suplementación con energía y proteína

Como fue mencionado, manejando la condición corporal se puede lograr un estado adecuado de los vientres al inicio del servicio, lo que asegura altos índices de preñez. Sin embargo, muchas veces ese manejo no es posible y las vacas tienen en el preparto una condición corporal inferior a la necesaria para llegar al inicio del servicio en óptimo estado. La consecuencia de la pobre condición corporal es un anestro posparto prolongado y bajos índices de preñez. Esto puede revertirse si se realiza algún tipo de manejo de la lactancia que cambie el plano energético en los vientres. Otra posibilidad para incrementar la eficiencia reproductiva es a través de la suplementación proteica y energético-proteica de las vacas con baja condición corporal antes del parto, para mejorar el plano nutricional sin incurrir al destete precoz (Vogel et al., 2011), (Figura 1).

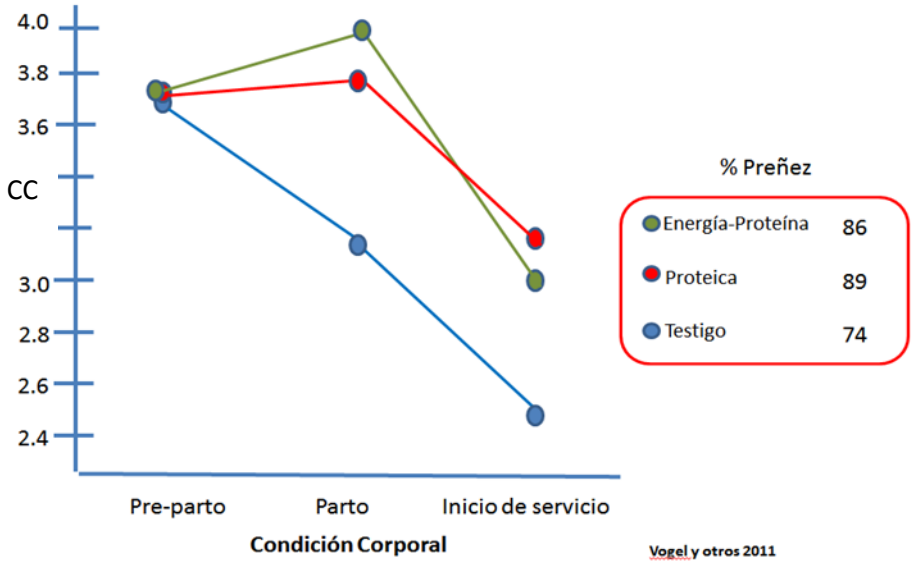


Figura 1: *Efecto de la suplementación sobre la condición corporal y el porcentaje de preñez en vacas de cría.*

La Figura 1 muestra que las dos suplementaciones atenuaron la pérdida de condición corporal en el invierno. Como resultado de la mejora nutricional, los animales suplementados presentaron mejores porcentajes de preñez (86 y 89%) los testigos (74%).

Suplementación con fósforo

En la EEA INTA Mercedes se llevó adelante un experimento para evaluar el impacto de incrementar del 6 al 9% el P en la mezcla mineral, sobre los vientres y sus terneros. Esta prueba se realizó a partir del conocimiento de los altos requerimientos de P de la vaca de cría en el momento del pico de lactancia, los cuales no son cubiertos con el campo natural más el uso del suplemento mineral tradicional con 6% de P. Esto es extremadamente importante ya que los máximos requerimientos de este mineral

coinciden prácticamente con el servicio de primavera. En la experiencia se suplementaron vacas multíparas pastoreando campo natural con dos mezclas minerales comerciales, de 6 y 9% de P. El ensayo se inició el 4 de junio y la suplementación se prolongó hasta el destete. Las vacas que recibieron el suplemento con 9% de P mantuvieran peso durante el servicio y presentaron una mejor condición corporal durante casi todo el ensayo. El servicio se inició el primer día de octubre y a fines del mismo mes se realizó el primer tacto de anestro, colocándose lata a los terneros nacidos en julio y agosto de vacas que no ciclaban. A mediados de noviembre se realizó tacto a las madres de los terneros nacidos en septiembre, y se destetó precozmente aquellas que se encontraban en anestro. Estos dos tratamientos de lactancia se redujeron a la mitad en las vacas que consumieron la mezcla con 9% de P, las cuales tuvieron mayor actividad ovárica y alcanzaron un porcentaje de preñez mayor (Figura 2). Los animales que consumieron el suplemento con 6% de P mostraron una caída importante en la fosfatemia, mientras que el grupo suplementado con 9% de P tuvo sus necesidades cubiertas en el pico de lactancia (máximo requerimiento).

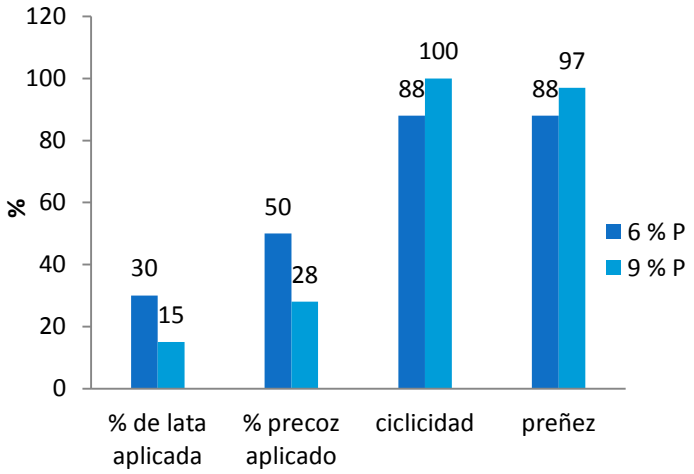


Figura 2:*Efecto del nivel de fósforo en el suplemento sobre los tratamientos de lactancia aplicados, ciclicidad y preñez final en vacas de cría.*

Suplementación fosfo-proteica: impacto en la condición corporal y preñez

El empleo de "bloques" proteicos, fosfóricos o multinutricionales es una herramienta práctica para implementar una suplementación. En la unidad de cría de la EEA INTA Mercedes se estudió la combinación de dos tipos de bloques, proteicos en el invierno y fosfóricos desde el inicio de la primavera hasta el destete, con el objetivo de evaluar los parámetros productivos de vacas multíparas (Sampedro et al., 1998). El lote testigo recibió sólo suplementación mineral con 6% de P. Los animales que dispusieron de los bloques fosfo-proteicos tuvieron mejor condición corporal y registraron menor pérdida de peso que los del grupo testigo (Figura 3). Además tuvieron mayor preñez (93 *vs.* 80 %) y el destete se retrasó hasta mayo (destete tradicional mediados de febrero) debido a la muy buena condición corporal de las vacas, lográndose un mejor peso de los terneros al destete (Cuadro 1).

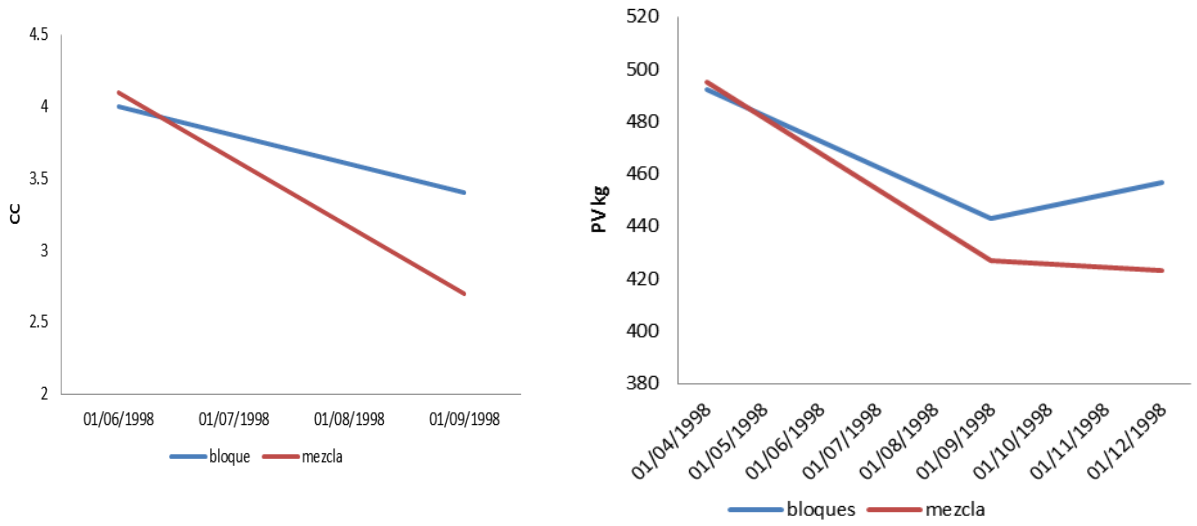


Figura 3: *Evolución de la condición corporal y del peso en vacas de cría con suplementación fosfo-proteica (bloques).*

Cuadro 1: *Efecto de la suplementación fosfo-proteica (bloques) sobre el peso de los terneros al destete.*

Tratamientos	Peso al nacer (kg)	Peso en febrero (kg)	Peso en mayo (kg)
Bloques fosfo-proteicos	37,1	207	238 (destete)
Testigo	37,4	186 (destete)	-

Consideraciones finales:

- Conocer que aportan los pastizales a lo largo del año y los requerimientos de las vacas permite adoptar tecnologías de procesos y/o insumos para lograr el máximo beneficio.

- El reinicio de la actividad ovárica requiere de energía. Esta debe ser provista mediante un adecuado manejo de la condición corporal, o por la aplicación de herramientas de la lactancia (destete precoz). Otra opción es la suplementación de los vientres en el invierno.

- Debe corregirse las deficiencias minerales en aquellas zonas con carencias graves.

BIibliografía

López Valiente, S., Gómez, M., Celser, R., Flores, F., Mambrín, D., Mieres, J., Ledesma, R., Maglietti, C. y Rochinotti, D. 2011. Avances en utilización de suplemento mineral al 9% de fósforo en un rodeo de cría. Noticias y Comentarios N° 474. EEA INTA Mercedes.

Mufarreje, D. 2005. Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. Serie técnica N°37. EEA INTA Mercedes.

Robson, C., López Valiente, S. y Maglietti, C. 2011. Más vacas para más terneros o más terneros con las mismas vacas. 2° Seminario de Ganadería del NEA.

Robson, C., Maglietti, C. y López Valiente, S. 2011. Factores a tener en cuenta para optimizar el uso del diagnóstico de anestro y los tratamientos de lactancia. Jornada IPCVA.

Sampedro, D, Derejibus, A., Vogel, O. y Celser, R. 1998. Suplementación de la vaca de cría con bloques proteicos y fosfóricos. Noticias y comentarios N° 323. EEA INTA Mercedes.

Swecker, W. and Kasimanickam, R. 2007. Effects of nutrition on reproductive performance of beef cattle. Large Animal Theriogenology.

Vogel, O, Rochinotti, D., Franz, N. y Cleser, R. 2011. Suplementación preparto de vacas con baja condición corporal. Serie técnica N°48. EEA INTA Mercedes.

MEDIO AMBIENTE

Nutrición Animal Aplicada

EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE

Patricia RICCI
INTA EEA Balcarce
ricci.patricia@inta.gob.ar

Introducción

Los gases de efecto invernadero (GEI) presentes en la atmósfera cumplen una función importante de mantener la temperatura de la tierra en rangos adecuados para la vida. Si bien estos gases son emitidos como resultado de procesos naturales, su nivel ha aumentado en los últimos 30 años. Este incremento ha producido el aumento de la temperatura terrestre, lo cual repercute en los ecosistemas naturales provocando, entre otros daños, cambios en los ciclos climáticos causantes de eventos extremos de mayor severidad y ocurrencia. Además generan un aumento en la probabilidad de que surjan nuevos "problemas emergentes" que afecten a la salud y el medioambiente, la agricultura y la forestación, entre otras actividades humanas (IPCC, 2007). Por lo tanto, es importante que cada sector juegue su rol para la reducción de las emisiones de GEI a nivel global, y mitigar aumentos de la temperatura del planeta.

Las principales causas del aumento de los niveles de GEI son las actividades humanas, tales como la producción de energía, transporte, industrialización, actividades comerciales y mantenimiento de viviendas, seguido de actividades de deforestación, cambios de uso de la tierra y actividades agropecuarias. El sector agropecuario contribuye con el 13% de las emisiones de GEI a nivel mundial (IPCC, 2007). La reducción de las emisiones de este sector tiene una gran controversia dado su rol importante de producir alimentos para un consumo humano en creciente demanda y, en regiones marginales, ser el único sustento de vida (FAO, 2011). La razón por la cual debemos interesarnos en reducir las emisiones de GEI del sector agropecuario está relacionada a la importancia de sostener sistemas de producción sustentables a largo plazo, y a una creciente demanda del comercio internacional de productos alimenticios de baja "huella de carbono", es decir que durante su producción se haya emitido una baja cantidad de GEI. Por esta razón es importante abordar esta temática desde el punto de vista sistémico, con el objetivo de mejorar la eficiencia de producción de establecimientos ganaderos de nuestro país y contribuir con una producción sustentable de alimentos que satisfaga la creciente demanda a nivel mundial.

El objetivo de este artículo es brindar información sobre las emisiones de GEI, explicar cuál es el rol de la ganadería en esta temática, presentar las oportunidades que tiene el sector de reducir sus emisiones y cuál es el futuro de las actividades agropecuarias, resaltando finalmente la importancia del abordaje sistémico de esta problemática con algunos ejemplos de investigación.

¿Qué es un gas de efecto invernadero (GEI)?

Un GEI es aquel que se encuentra presente en la atmósfera y es capaz de captar calor. Los principales son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), y el óxido nitroso (N_2O). Si bien estos gases representan sólo una pequeña fracción en la atmósfera, ellos cumplen un rol muy importante de mantener la temperatura del planeta. Este fenómeno natural de calentamiento se conoce como "Efecto Invernadero", el cual permite mantener las diferentes formas de vida. Los GEI tienen diferente capacidad de calentamiento global, basada en sus características físico-químicas y su tiempo de permanencia en la atmósfera. El gas de referencia es el CO_2 y el potencial de calentamiento global de un gas se expresa en unidades de CO_2 equivalente (CO_2eq, Cuadro 1).

Cuadro 1: *Potencial de calentamiento global de los principales gases de efecto invernadero para un tiempo de permanencia en atmósfera de 100 años (IPCC, 2007).*

Gas	Potencial de calentamiento (CO_2eq)
Dióxido de carbono (CO_2)	1
Metano (CH_4)	25
Óxido nitroso (N_2O)	298

La principal fuente de emisión de CO_2 es la quema de combustibles fósiles, con emisiones de alguna significación en el sector industrial y una fuerte capacidad de captura y emisión por parte de las prácticas que hacen al cambio de uso del suelo y la forestación.

El CH_4 es el segundo en importancia de los gases de efecto invernadero. Su relevancia se acentúa dado que su poder de calentamiento global es 25 veces superior al del CO_2 (IPCC, 2007). Las fuentes antropogénicas de CH_4 son: 1) la fermentación de materia orgánica en ambiente anaeróbico; 2) las emisiones fugitivas durante las extracciones de gas y petróleo y la minería del carbón; y 3) algunos procesos industriales.

Si bien las emisiones de N_2O son bastante menores que las de CO_2 y CH_4, su potencial de calentamiento global es 298 veces mayor que el del CO_2 (IPCC, 2007). Ello lleva a que por su equivalencia en CO_2 participe con el 22% de las emisiones totales a nivel mundial. Los sectores que contribuyen con emisiones de N_2O son: 1) la quema de combustibles fósiles en motores de combustión interna; 2) las prácticas agropecuarias; 3) la producción de ácido nítrico de uso industrial; y 4) las emisiones de aguas cloacales. El 95% de las emisiones de N_2O proviene de las prácticas agropecuarias, distribuyéndose el resto en otras fuentes.

Emisiones de GEI en el mundo

Desde la era pre-industrial, las emisiones de GEI se incrementaron en un 70% a nivel mundial en los últimos 34 años (1970 a 2004) por causas antropogénicas. El sector de generación de electricidad contribuye con 24% de las emisiones de GEI, la industria y el transporte con 14% cada uno, el funcionamiento de edificios y viviendas produce un 8%, y las actividades relacionadas con la generación energía contribuyen con el 5%. Todo ello supone que las 2/3 partes del total corresponde a las emisiones relacionadas con el uso de la energía. El tercio restante se distribuye de la siguiente forma: 18% por el uso del suelo (incluye la deforestación), 14% por la agricultura y 3% por los residuos domésticos e industriales (Stern, 2006).

Existe la necesidad de reducir las emisiones de GEI para evitar futuros aumentos de la temperatura terrestre y los daños que esto conlleva (CCC, 2010). Por lo tanto, las emisiones de GEI son un problema común a la totalidad de los países. Sin embargo, sus responsabilidades son diferenciadas. Los países desarrollados son fundamentalmente emisores de CO_2, mientras que los que se hallan en vías de desarrollo, que son productores de materias primas del sector agropecuario, tienen importantes emisiones de CH_4 y N_2O. América del Sur en su conjunto genera el 5% de las emisiones de GEI mundiales.

El sector agropecuario como emisor de GEI

A nivel mundial, el sector agropecuario contribuye con el 13% del total de las emisiones de GEI, las cuales se han incrementado como resultado del aumento de la producción (número de cabezas de rumiantes y área cultivada) y del uso de recursos como fertilizantes, combustibles, etc., emitiendo principalmente CO_2, CH_4 y N_2O. Dentro del sector agropecuario, la ganadería produce entre 8 y 10,8% del total de las emisiones de GEI (O'Mara, 2011).

Se estima que la población de bovinos en el mundo está en el orden de los 1350 millones de cabezas, donde más del 60% se encuentra distribuido entre Asia, América del Sur y América del Norte. América del Sur contiene, en su territorio, aproximadamente 312 millones de bovinos, siendo Brasil y Argentina quienes tienen mayor stock.

En Argentina, el sector agropecuario representa el 32% de producto bruto interno (PBI) y cuenta con 50 y 13 millones de cabezas de ganado vacuno y ovino, respectivamente (UNFCCC, 2007). El sector agropecuario de nuestro país ha sufrido profundos cambios en las últimas décadas, con un incremento de la superficie agrícola del 45% entre los años 1999 y 2006 (Aizen et al., 2009). Sin embargo, sólo el 12% de la superficie terrestre del país es apta para la producción de cultivos. La misma proporción de superficie se encuentra bajo cultivo forestal, mientras que el 36,5% está cubierto por pastizales. Por lo tanto, el estudio del rol de la ganadería en nuestro país y su huella de

carbono es necesario para entender cómo puede reducirse las emisiones del sector y mantener sistemas de producción sustentables.

Las emisiones totales de GEI en equivalentes de CO_2 (CO_2eq) de Argentina en el año 2000 fueron de 239 Mt (UNFCCC, 2007). A pesar de que estos niveles de emisión son mucho menores a los de otros países desarrollados, como por ejemplo Reino Unido con emisiones de 574 Mt totales (CCC, 2010), las estimaciones de la contribución del sector agropecuario al total de GEI en Argentina fueron de 44,3% (UNFCCC, 2007), mientras que en Reino Unido el mismo sector contribuye con el 7% del total de GEI del país (CCC, 2010). El sector agropecuario contribuye con sólo el 6,3% del total de sus emisiones de GEI en los EE.UU., y con el 9,9% en la Comunidad Europea. A nivel mundial, la FAO define a la ganadería como responsable del 18% de las emisiones de GEI de toda la cadena de la carne y leche bovina (Steinfeld et al., 2006).

La contribución de la ganadería argentina a nivel mundial es de 0,5% del total de las emisiones de GEI. Por lo tanto, surge la discusión sobre cuál es rol que debe jugar el sector ganadero de nuestro país en la reducción de las emisiones de GEI a nivel mundial, ya que la cantidad que aporta es mínima comparada con otros sectores en países desarrollados. El problema radica en una futura incorporación de la "huella de carbono" (o cantidad de CO_2eq emitidos por unidad de producto) y trazabilidad de los productos de exportación, junto al seguimiento y monitoreo del impacto ambiental y sustentabilidad de las actividades agropecuarias, limite el comercio internacional de nuestro país. Por lo tanto, es importante que desde el sector productivo tengamos en cuenta este factor que será un requisito a cumplir en el comercio tanto de productos agropecuarios como de otras industrias.

Importancia socio-económica de la ganadería

La ganadería es considerada uno de los sectores más importantes a nivel mundial. Esta importancia global se debe a que alrededor del 70% de la superficie apta para actividades agropecuarias consiste de pastizales naturales (FAO, 2010). La mayor parte del área cubierta por pastizales se clasifica como tierras sin aptitud agrícola, donde las condiciones naturales no permiten la implantación de cultivos. En estos casos, los animales rumiantes son de gran utilidad ya que tienen la capacidad de convertir pastizales en productos alimenticios de alta calidad y subproductos para otras industrias, tales como lanas, fibras, cueros, grasas, entre otros. Más aún, los animales rumiantes cuentan con la capacidad de convertir sub-productos de industrias alimenticias, entre otros residuos, en alimento para consumo humano (Garnett, 2009).

Desde el punto de vista socio-económico, los sistemas de producción ganadera ayudan a sostener la vida de muchas regiones marginales donde las características agroecológicas no permiten la producción de otros alimentos. Por lo tanto, la producción ganadera juega un rol vital hacia la reducción de la pobreza y malnutrición en muchos países con restricciones biofísicas para la producción de cultivos, ya que el ganado provee alimento y/o sub-productos para comprar más alimento (FAO, 2012). Además del rol de la ganadería como productor de alimentos, los animales en pastoreo

adecuado ayudan a mantener la flora y fauna indígena de pastizales naturales contribuyendo contra la pérdida de biodiversidad de diversos hábitats (Rosa García et al., 2013). Por lo tanto, este es otro factor a tener en cuenta en análisis de sustentabilidad de los sistemas agropecuarios.

Dada la importancia de la ganadería como sector productor de alimentos es importante estudiar cuales son las fuentes de GEI del sistema y cuáles son las oportunidades para su mitigación a partir de diversas alternativas de manejo del sistema de producción.

Emisión de GEI generados por el sector agropecuario

Los principales procesos biológicos generadores de GEI son la fermentación entérica del alimento por los rumiantes y la descomposición del estiércol y la orina sobre pastizales naturales y praderas, o en las diferentes formas de tratamiento de los efluentes, en el caso de los sistemas confinados. De acuerdo a la Segunda Comunicación Nacional a las Naciones Unidas de nuestro país, los bovinos productores de carne y de leche son responsables de, aproximadamente, el 95% de estas emisiones de GEI del sector ganadero, correspondiendo el 5% restante a todas las demás especies de producción (ovinos, caprinos, porcinos, equinos, aves, búfalos, asnales, mulares y camélidos sudamericanos, UNFCCC, 2007).

Los principales GEI producidos por el sector agropecuario son el CO_2, CH_4 y N_2O. El impacto que cada uno tiene en la atmósfera es diferente al de su cantidad producida, ya que estos gases tienen diferente potencial de calentamiento global (IPCC, 2007). Diversas fuentes de emisión y captura de GEI pueden ser identificadas en un sistema de producción de carne (Figura 1).

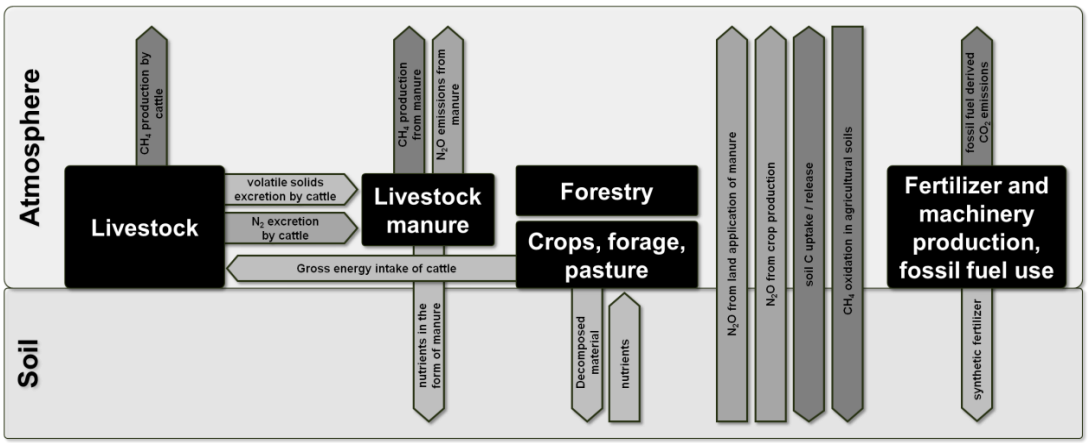


Figura 1: *Fuentes de gases de efecto invernadero y flujos de carbono de las actividades agropecuarias y forestales (Fuente: Ricci, 2014).*

El CO_2 se produce principalmente por la actividad de microorganismos del suelo, respiración de animales y plantas, uso de combustibles fósiles, aplicación de urea y enmiendas al suelo y uso del fuego prescripto. Por lo tanto, aquellos cambios en el manejo del suelo, del pastoreo, del drenaje y aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos son los principales factores que determinan las emisiones de CO_2 del sector. Las principales fuentes de N_2O son la pérdida de nitrógeno de la aplicación de fertilizantes, las excreciones de los animales en pastoreo directamente depositadas en el suelo y el manejo y conservación del estiércol (Oenema et al., 1997; Smith y Conen, 2004).

El CH_4 es producido por la fermentación entérica de los rumiantes y durante la conservación del estiércol (Steinfeld et al., 2006).

Las emisiones de GEI descriptas arriba son adicionales a las emisiones de estos gases en procesos naturales como parte de su ciclo normal en la naturaleza. Todas aquellas acciones que se realicen para incrementar la producción de alimentos alteran el equilibrio natural de los ciclos de N y carbono, incrementando sus emisiones a la atmósfera (IPCC, 2007). En un sistema de producción agropecuario las emisiones de CH_4 por parte de los rumiantes representan la principal fuente de GEI. La producción de CH_4 por fermentación entérica es inevitable ya que el CH_4 es uno de los productos finales de la fermentación ruminal. Por el contrario, los pastizales y bosques constituyen el principal destino de fijado de carbono en sistemas agropecuarios como resultado de la actividad fotosintética (Soussana et al., 2007). Por lo tanto, entender cómo es el flujo de estos gases entre la atmósfera y la tierra es de gran importancia para la aplicación de medidas de mitigación de GEI, no solamente a nivel de establecimiento, sino también a nivel regional o nacional.

Emisiones de GEI por animales rumiantes

a) Metano (CH_4)

Una de las principales características de los rumiantes es su capacidad para degradar alimentos con alto contenido de carbohidratos fibrosos, dada su asociación simbiótica con microorganismos presentes en el rumen quienes degradan los carbohidratos a través del proceso de fermentación anaeróbica que allí ocurre. Los principales productos finales de esta fermentación son los ácidos grasos volátiles (AGV), CO_2, hidrógeno (H_2), amonio y calor. Los principales AGVs producidos son el acetato, propionato y butirato, los cuales son absorbidos a través de la pared ruminal y utilizados por el animal como fuente de energía y precursores para los procesos de síntesis (Tamminga et al., 2007). Parte de las moléculas de H_2 producidas son utilizadas para la biohidrogenación de lípidos presentes en el alimento y la producción de amonio (Bannink y Tamminga, 2005). El remanente de H_2 no tiene utilidad para el animal y es entonces utilizado por los microorganismos metanogénicos (*Archaea spp*) para generar CH_4 por reducción de moléculas de CO_2, lo cual facilita la eliminación del H_2 del rumen en forma de gas CH_4. La mayor parte del CH_4 (85-90%) es producido en el retículo-rumen y eliminado por eructación, mientras que una proporción del CH_4 que es soluble es

absorbido a través del rumen e intestino al torrente sanguíneo, recirculado hacia los pulmones y finalmente eliminado en forma gaseosa en la respiración normal. Una pequeña proporción de CH_4 (<2%) es eliminado en forma gaseosa por el ano (Murray et al., 1976). Como fue mencionado anteriormente, el CH_4 también es producido desde las heces directamente depositadas en el campo por animales en pastoreo, como así también durante el manejo y subsecuente aplicación de estiércol al suelo (Steed y Hashimoto, 1994).

b) Óxido nitroso (N_2O)

Como parte del ciclo del nitrógeno (N), los rumiantes también contribuyen indirectamente con la emisión de N_2O a partir del N excretado en heces y orina (Figura 2). La proteína presente en los alimentos ingeridos es hidrolizada a péptidos y aminoácidos mediante la acción de microorganismos ruminales, y algunos de los aminoácidos son degradados a ácidos orgánicos, amoníaco (NH_3) y CO_2. Estos compuestos son utilizados por los microorganismos del rumen para la síntesis de su propia proteína, siendo ésta la principal fuente proteica para el animal. Cuando la degradación de las proteínas en mayor a la síntesis se acumula NH_3 en el rumen, el cual es absorbido por las paredes ruminales y llevado a través de la sangre hacia el hígado donde es convertido a urea. Parte de esa urea es recirculada y vuelve al rumen en la saliva, mientras que la mayor parte es excretada en orina (McDonald et al., 1988). Es por esto que la orina de los animales en pastoreo contribuye en gran medida con la emisión de N_2O desde el suelo. Los animales excretan el N en forma de urea, la cual una vez en el suelo es transformada en N gaseoso, por ejemplo amonio (NH_4), que es altamente volátil. Este NH_4 es utilizado por microorganismos del suelo y transformado en nitratos (NO_3) mediante el proceso de nitrificación. Una parte del NO_3 es luego transformado a N_2O mediante el proceso de desnitrificación, emitiéndose de esta forma a la atmósfera (Di et al., 2010).

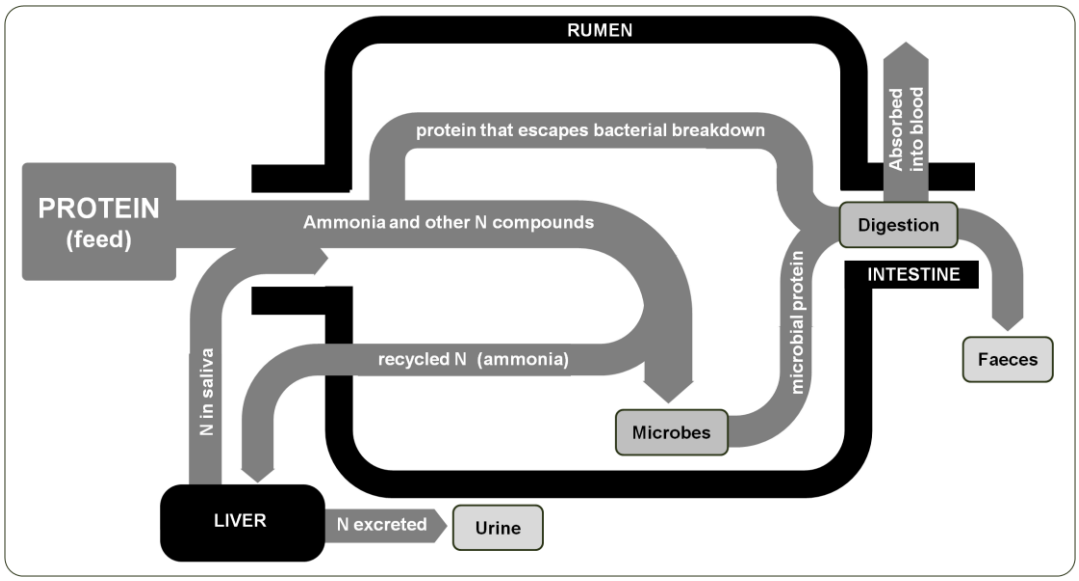


Figura 2: *Ciclo del nitrógeno en los rumiantes (Fuente: Ricci, 2014).*

Sumado al aporte de N_2O de los animales en pastoreo, el N_2O es directa e indirectamente producido durante la conservación de la excreta animal, e indirectamente cuando el estiércol es aplicado en el suelo. Aunque en nuestro país no se acostumbre realizar el manejo de efluentes y excreciones en establecimientos ganaderos, es una alternativa práctica que está ganando interés en la actualidad, y muy adoptada en otros países, por las ventajas que aporta al reducir la dependencia de fertilizantes inorgánicos y por la producción de biogás para su utilización como fuente de energía alternativa. Por lo tanto es importante conocer cuáles son los procesos involucrados en la emisión de GEI del manejo del estiércol para su futura aplicación.

Las emisiones directas de N_2O de la excreta animal son aquellas generadas por los procesos de nitrificación y desnitrificación del contenido de N. La nitrificación (oxidación del NH_3 a NO_3) ocurre durante la conservación de las excretas en presencia de oxígeno, por lo que este proceso predomina en la conservación de excretas sólidas. La desnitrificación (transformación de NO_3 a N_2O) es un proceso anaeróbico, por lo que predomina durante la conservación de estiércol líquido.

Las emisiones indirectas de N_2O desde la excreta ocurren como consecuencia de la pérdida de N por volatilización, lixiviación y escurrimiento cuando el estiércol es aplicado en el suelo como fertilizante orgánico. Dichas pérdidas constituyen una de las fuentes más importantes de polución de agua con consecuencias en la eutroficación de acuíferos y acides del suelo (U.S.EPA, 2006).

Oportunidades de mitigación de GEI

Una serie de alternativas para reducir las emisiones de GEI del sector agropecuario han sido discutidas en la bibliografía, de las cuales podemos resaltar aquellas más importantes relacionadas al manejo de los animales y el rodeo. Sin embargo, es importante mencionar que existe una amplia gama de interacciones entre diferentes alternativas de manejo y que no han sido estudiadas en profundidad. Por lo tanto, es recomendable no utilizar recetas sino aplicar conceptos de manejo con una mirada holística del problema, ya que acciones que tiendan a reducir emisiones de CH_4 pueden aumentar las emisiones de N_2O, y viceversa.

Existe una gran cantidad de trabajos que describen diversas alternativas de manejo para reducir las emisiones de CH_4 entérico (Kreuzer y Hindrichsen, 2006; Waghorn y Clark, 2006; Iqbal et al., 2008; Reynolds et al., 2010; Eckard et al., 2010; Martin et al., 2010; Shibata y Terada, 2010; Buddle et al., 2011). Estas alternativas pueden separarse en: a) manejo de la alimentación y b) manejo del rodeo.

a) Manejo de la alimentación

El tipo de alimento, sus características nutricionales y el nivel de consumo son, en forma compleja, los principales determinantes de la cantidad de CH_4 producido por animales rumiantes (Johnson y Johnson, 1995). Estas características influyen sobre el nivel de actividad fermentativa, el tipo de microorganismos predominantes y la dinámica

de degradación del contenido ruminal. La cantidad de CH_4 producida está relacionada al tipo de fermentación que ocurre en el rumen. Dietas con alto contenido de fibra producirán una relación acético:propiónico alta, asociada a una mayor producción de H_2, mientras que dietas con alto contenido de concentrados producirán mayor cantidad de propiónico que fijador de moléculas de H_2 (Tamminga et al., 2007). Dietas con alto contenido de fibra de baja calidad permanecen por mayor tiempo en el rumen (baja tasa de pasaje) y brindan escasa cantidad de energía para el animal, comparada con dietas de mayor calidad, por lo que contribuyen con mayor proporción de CH_4 por unidad de alimento consumido (g CH_4/kg MS). Si bien las dietas con mayor contenido de carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen producen una mayor cantidad de gases totales, la proporción de CH_4 generada por unidad de alimento consumida es menor (Bannink et al., 2010). La proporción de energía que se pierde como CH_4 está en el rango de 2 a 12% de la energía bruta consumida, dependiendo de la calidad de la dieta (Johnson y Johnson, 1995).

La manipulación de la alimentación es más factible de realizar cuando los animales se encuentran en condiciones de confinamiento. Seleccionar dietas con alto contenido de carbohidratos rápidamente utilizables en rumen es una de las principales medidas para reducir las emisiones de CH_4 (Stewart et al., 2009; Yan et al., 2009), además de reducir la proporción de forrajes en las dietas y modificar la forma física de los granos para su mejor aprovechamiento en rumen (Moe y Tyrrell, 1977). La suplementación con lípidos ha demostrado importantes resultados en la reducción de CH_4 al proporcionar una fuente alternativa de fijación de H_2 para la biohidrogenación de ácidos grasos, inhibición de la actividad de microorganismos metanogénicos, y por sus efectos negativos sobre la degradación de la fibra (Buddle et al., 2011).

Los taninos y saponinas son utilizados en suplementación por su efecto beneficioso en el metabolismo del N, y como pueden afectar la degradación de la fibra, tendrían potencial para disminuir la producción de CH_4 (Buddle et al., 2011). La utilización de estos aditivos, como así también ionóforos (Sauer et al., 1998; Beauchemin et al., 2008; Grainger et al., 2010), ácidos orgánicos (McGinn et al., 2004; Foley et al., 2009), levaduras (McGinn et al., 2004; Muñoz et al., 2012) y enzimas (McGinn et al., 2004; Shinkai et al., 2012), junto a la manipulación de microorganismos ruminales mediante vacunas o defaunación (Hook et al., 2010), o la utilización de plantas de determinadas especies (*Rheum nobile*, *Carduus pycnocephalus* y *Populus tremula*; Bodas et al., 2008) que han demostrado tener efectos anti-metanogénicos *in vitro*, deben ser evaluadas en condiciones *in vivo*, ya que su efectividad a largo plazo no ha sido probada, por lo que su aplicación práctica se encuentra aún en evaluación.

En pastoreo existe una limitante práctica para la manipulación de la dieta y, por lo tanto, las principales opciones de manejo para reducir CH_4 apuntan al mejoramiento de la calidad de la pastura, mediante la utilización de especies de buena calidad de la mano de un adecuado manejo del recurso forrajero. La confección de forrajes conservados de buena calidad y la modificación de la forma física también han sido mencionadas como alternativas de manejo para mejorar su eficiencia de utilización (Hironaka et al., 1996). Dada la gran cantidad de rumiantes en pastoreo con la que cuenta nuestro país, aquellas alternativas de manejo que apunten a una mejora de la

eficiencia de producción tendrán el mayor impacto en reducir las emisiones de CH_4 por unidad de producto (carne, leche, etc.).

Si bien las alternativas de manejo enumeradas arriba pueden reducir las emisiones de CH_4 a nivel del animal, todavía faltan estudios sobre el potencial de mitigación de todos los GEI a nivel de sistema de producción (establecimiento). El uso de aditivos o suplementos que reduzcan el tiempo de terminación de animales en engorde tiene un gran impacto en la huella de carbono total del sistema (Hyslop, 2003).

También es importante considerar cómo el manejo de la alimentación afectaría el ciclo del N de los rumiantes, dada su contribución indirecta a las emisiones de N_2O. Desde el punto de vista nutricional, cuanto mejor balanceada sea una dieta en cuanto a su aporte de energía y proteína, mejor será la eficiencia de utilización del alimento por parte de los microorganismos ruminales (Kebreab et al., 2006). Por lo tanto, es importante considerar las posibles pérdidas de N a la hora de tomar la decisión de aplicar una medida de manejo para reducir CH_4.

b) Manejo del rodeo

La eficiencia de utilización de la energía y la *performance* animal están altamente relacionadas con las emisiones de CH_4 (Yan et al., 2010). Hay claras evidencias de que las emisiones de CH_4 por kg de alimento consumido disminuyen a medida que aumenta el nivel de consumo por encima de los niveles de mantenimiento (Sauvant y Giger-Reverdin, 2009; Yan et al., 2010). Utilizando modelos de simulación quedó demostrado que es posible obtener una reducción del 15% de las emisiones de CH_4 por hectárea con la mejora de la eficiencia de conversión alimenticia (Beukes et al., 2010). El mejoramiento genético de líneas de mayor eficiencia de conversión, y la selección de genotipos de alto mérito genético también fueron mencionados como alternativas para reducir el CH_4 por unidad de producto en sistemas de producción de carne y leche (Waghorn y Hegarty, 2011; Roehe et al., 2012). En casos donde la selección animal se orienta hacia vacas lecheras de alto mérito genético, todavía faltan estudios que relacionen la longevidad de estos genotipos y el requerimiento alimenticio en evaluaciones a nivel de establecimiento.

La maximización de los niveles de consumo es hoy en día el principal factor para la mitigación de pérdidas de energía consumida en forma de CH_4 (Beauchemin y McGinn, 2006). A nivel de sistema, esto indica que alimentar al rodeo para obtener la máxima productividad es importante para reducir la proporción de CH_4 por unidad de producto, ya que no sólo disminuyen las emisiones de cada día, también se reduce la cantidad de días de los animales en terminación (Hyslop, 2003; Beauchemin y McGinn, 2006; Stewart et al., 2009). A esto hay que sumarle la variación estacional que existe en las emisiones de CH_4 de los rodeos, determinadas principalmente por las variaciones de estado fisiológico de los animales y del alimento/pastura.

En sistemas de producción lechera, el mantenimiento de vacas más eficientes en forma extensiva y la eliminación de vacas improductivas permitió reducir la emisión de GEI por unidad de producto hasta un 33% (Casey y Holden, 2005). Mejoramientos en la

eficiencia de reproducción del rodeo lechero redujo el CH_4 5%, mientras que mejoras en la eficiencia de conversión del alimento lo redujo en 15% por hectárea (Beukes et al., 2010).

La importancia de abordar la problemática de emisiones de GEI, con un enfoque sistémico, está asociada con la necesidad de entender que ocurre en todo el establecimiento cuando se combinan diversas prácticas de manejo con diferentes objetivos en cada uno de sus componentes (animal, pastura, suelo, trabajo, entre otros).

Implicancias comerciales del cambio climático y las emisiones de GEI

El cambio climático se encuentra hoy en día íntimamente relacionado con el comercio internacional. Los países desarrollados tienen como objetivo restringir las importaciones provenientes de países en desarrollo por razones medio ambientales y, así, evitar la competencia con productos locales. Las emisiones GEI y la huella de carbono se han convertido en elementos importantes de *marketing*, poniéndose énfasis en el poder del consumidor a la hora de elegir los productos que compra.

Muchas de las economías de los países de América Latina se basan en la exportación de materias primas o productos elaborados hacia países desarrollados, por lo que están descubriendo estos nuevos factores de mercado que, además de tener una motivación ecológica, traen consigo consecuencias sobre los intercambios internacionales. Las medidas que están en proceso de ser diseñadas e implementadas por los países desarrollados, utilizando argumentos medio ambientales como lo son los etiquetados de huella de carbono, afectarán el comercio internacional, restringiendo las exportaciones de los países en desarrollo y afectando negativamente su desarrollo económico y social.

La “huella de carbono” se considera una exigencia adicional generada por el mercado importador de países desarrollados. La implementación de una “estrategia de carbono” es percibida como un costo adicional y no se consideran los aportes potenciales en términos de ahorros energéticos o mejoras en los procesos productivos, lo que está validado por múltiples empresas (pequeñas, medianas y grandes) en los países desarrollados.

Según in informe de la FAO, la demanda de proteínas de origen animal se espera que se duplique para el año 2050 debido al incremento de la población mundial. Además, se espera que esta creciente demanda traerá aparejado un aumento del precio de los alimentos (FAO, 2011). Es por ello que el sector agropecuario se encuentra hoy en día atravesando uno de los momentos más controversiales de su historia a nivel mundial, con la disyuntiva de aumentar la producción de alimento para consumo humano y, a su vez, reducir el impacto ambiental relacionado con sus actividades. Una de las opciones para lograr este objetivo es la intensificación sustentable de las actividades agropecuarias. La mejora de la eficiencia de producción tiene múltiples beneficios. Además de GEI, la ineficiente utilización de recursos naturales genera problemas de polución ambiental, eutroficación de fuentes de agua, entre otros daños.

La utilización de granos para alimentación animal es controversial debido a la competencia por el uso de la tierra por su creciente demanda para la producción de alimentos para consumo humano, producción de biocombustibles, entre otros usos.

Para lograr ambos objetivos, aumentar la producción de alimentos y disminuir el impacto ambiental relacionado, se necesita utilizar alternativas de manejo que permitan mejorar la eficiencia de producción del sector agropecuario. El uso de subproductos de otras industrias para alimentación animal es una alternativa para apalear el uso de granos ya que están fuera de dicha controversia y proporcionan una alternativa de menor costo para el productor. Sin embargo, la utilización de subproductos debe ser investigado en un amplio espectro dadas su diversidad temporal y regional en cuanto a disponibilidad y calidad de los mismos.

Conclusión

Se espera que a nivel mundial la población de bovinos aumente como resultado de la mayor demanda global de productos de origen animal y, a la vez, reduzcan su impacto ambiental. Hoy en día existe información sobre las principales herramientas de manejo de la alimentación de rumiantes para reducir las emisiones de GEI de la ganadería. Sin embargo, el mayor impacto en reducir las emisiones de GEI por unidad de producto la tienen aquellas alternativas de manejo que tiendan a mejorar la eficiencia de producción de los sistemas agropecuarios.

Bibliografía

Aizen, M. A., L. A. Garibaldi, and M. Dondo. 2009. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. Ecol. Austral 19:45-54.

Bannink, A., M. C. J. Smits, E. Kebreab, J. A. N. Mills, J. L. Ellis, A. Klop, J. France, and J. Dijkstra. 2010. Simulating the effects of grassland management and grass ensiling on methane emission from lactating cows. J. Agric. Sci. 148:55-72.

Bannink, A. and S. Tamminga. 2005. Rumen function. Pages 263-288 in Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. J. Dijkstra, J. M. Forbes, and J. France eds. CABI Publishing, Wallingford.

Beauchemin, K. A., M. Kreuzer, F. O'Mara, and T. A. McAllister. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. Aust. J. Exp. Agric. 48:21-27.

Beauchemin, K. A. and S. M. McGinn. 2006. Enteric methane emissions from growing beef cattle as affected by diet and level of intake. Can. J. Anim. Sci. 86:401-408.

Beukes, P. C., P. Gregorini, A. J. Romera, G. Levy, and G. C. Waghorn. 2010. Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand. Agric. Ecosyst. Environ. 136:358-365.

Bodas, R., S. López, M. Fernandez, R. García-González, A. B. Rodríguez, R. J. Wallace, and J. S. González. 2008. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 145:245-258.

Buddle, B. M., M. Denis, G. T. Attwood, E. Altermann, P. H. Janssen, R. S. Ronimus, C. S. Pinares-Patiño, S. Muetzel, and D. Neil Wedlock. 2011. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. Vet. J. 188:11-17.

Casey, J. W. and N. M. Holden. 2005. Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system. Agr. Syst. 86:97-114.

CCC. 2010. Committee on Climate Change. The Forth Carbon Budget - Reducing emissions through the 2020s. Accessed Mar. 3, 2011. http://downloads. theccc. org. uk. s3. amazonaws. com/4th%20Budget/CCC_4th-Budget_ interactive. pdf.

Di, H., K. Cameron, R. Sherlock, J. P. Shen, J. Z. He, and C. Winefield. 2010. Nitrous oxide emissions from grazed grassland as affected by a nitrification inhibitor, dicyandiamide, and relationships with ammonia-oxidizing bacteria and archaea. J. Soil Sedim. 10:943-954.

Eckard, R. J., C. Grainger, and C. A. M. de Klein. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. Livest. Sci. 130:47-56.

FAO. 2009. How to feed the world in 2050. High level expert forum. Global agriculture towards 2050. Accesed May 10, 2013. http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-background-documents/issues-briefs/en/.

FAO. 2010. Integrated crop management Vol. 9 - Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems. Accessed 10 July, 2013. http://www.fao.org/docrep/012/i1399e/i1399e.pdf.

FAO. 2011. World livestock 2011 - Livestock in food security. Rome, FAO.

FAO. 2012. The state of food insecurity in the world. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 2012.

Foley, P. A., D. A. Kenny, D. K. Lovett, J. J. Callan, T. M. Boland, and F. P. O'Mara. 2009. Effect of dl-malic acid supplementation on feed intake, methane emissions, and performance of lactating dairy cows at pasture. J. Dairy Sci. 92:3258-3264.

Garnett, T. 2009. Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers. Environ. Sci. Pol. 12:491-503.

Grainger, C., R. Williams, R. J. Eckard, and M. C. Hannah. 2010. A high dose of monensin does not reduce methane emissions of dairy cows offered pasture supplemented with grain. J. Dairy Sci. 93:5300-5308.

Hironaka, R., G. W. Mathison, B. K. Kerrigan, and I. Vlach. 1996. The effect of pelleting of alfalfa hay on methane production and digestibility by steers. Sci. Total Environ. 180:221-227.

Hook, S., A. D. G. Wright, and B. W. McBride. 2010. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. Archaea 2010: Article ID 945785, 11 pages, 2010. doi:10.1155/2010/945785.

Hyslop, J. 2003. Simulating the greenhouse gas and amonia emissions from UK suckler beef systems. DEFRA Report.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change www.ipcc.ch.

Iqbal, M., Y. F. Cheng, W. Y. Zhu, and B. Zeshan. 2008. Mitigation of ruminant methane production: current strategies, constraints and future options. World J. Microbiol. Biotechnol. 24:2747-2755.

Johnson, K. A. and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. J. Anim. Sci. 73:2483-2492.

Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle, and J. France. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: a review. Can. J. Anim. Sci. 86:135-158.

Kreuzer, M. and I. K. Hindrichsen. 2006. Methane mitigation in ruminants by dietary means: The role of their methane emission from manure. Int. Congr. Ser. 1293:199-208.

Martin, C., D. P. Morgavi, and M. Doreau. 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. Animal 4:351-365.

McDonald, P., R. A. Edwards, and J. F. D. Greenhalgh. 1988. Animal nutrition. 4th ed. New York.

McGinn, S. M., K. A. Beauchemin, T. Coates, and D. Colombatto. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. J. Anim. Sci. 82:3346-3356.

Moe, P. W. and H. F. Tyrrell. 1977. Effects of feed intake and physical form on energy value of corn in Timothy hay diets for lactating cows. J. Dairy Sci. 60:752-758.

Muñoz, C., T. Yan, D. A. Wills, S. Murray, and A. W. Gordon. 2012. Comparison of the sulfur hexafluoride tracer and respiration chamber techniques for estimating methane emissions and correction for rectum methane output from dairy cows. J. Dairy Sci. 95:3139-3148.

Murray, R. M., A. M. Bryant, and R. A. Leng. 1976. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. Br. J. Nutr. 36:1-14.

O'Mara, F. P. 2011. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. Anim. Feed Sci. Technol. 166-167:7-15.

Oenema, O., G. L. Velthof, S. Yamulki, and S. C. Jarvis. 1997. Nitrous oxide emissions from grazed grassland. Soil Use Mange. 13:288-295.

Reynolds, C. K., L. A. Crompton, and J. A. N. Mills. 2010. Improving the efficiency of energy utilisation in cattle. Anim. Prod. Sci. 51:6-12.

Ricci, P. 2014. Greenhouse gas emissions from contrasting beef production systems. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of Edinburgh, UK.

Roehe, R., J. Rooke, C.-A. Duthie, P. Ricci, D. Ross, J. Hyslop, and A. Waterhouse. 2012. Methane emissions as a new trait in genetic improvement programmes of beef cattle. Proceedings of the European Asociation of Animal Production.

Rosa García, R., M. D. Fraser, R. Celaya, L. M. Mendes Ferreira, U. García, and K. Osoro. 2013. Grazing land management and biodiversity in the Atlantic European heathlands: a review. Agroforest Syst 87:19-43.

Sauer, F. D., V. Fellner, R. Kinsman, J. K. Kramer, H. A. Jackson, A. J. Lee, and S. Chen. 1998. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. J. Anim. Sci. 76:906-914.

Sauvant, D. and S. Giger-Reverdin. 2009. Variations in the production of CH_4 per unit of digestible organic matter intake. Pages 350-351 in Proc. XI International Symposium on ruminant physiology. Clermont-Ferrand, France. Wageningen Academic Press. The Netherlands, pages 350-351.

Shibata, M. and F. Terada. 2010. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. Anim. Sci. J. 81:2-10.

Shinkai, T., O. Enishi, M. Mitsumori, K. Higuchi, Y. Kobayashi, A. Takenaka, K. Nagashima, M. Mochizuki, and Y. Kobayashi. 2012. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. J. Dairy Sci. 95:5308-5316.

Smith, K. A. and F. Conen. 2004. Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases. Soil Use Mange. 20:255-263.

Soussana, J. F., V. Allard, K. Pilegaard, P. Ambus, C. Amman, C. Campbell, E. Ceschia, J. Clifton-Brown, S. Czobel, R. Domingues, C. Flechard, J. Fuhrer, A. Hensen, L. Horvath, M. Jones, G. Kasper, C. Martin, Z. Nagy, A. Neftel, A. Raschi, S. Baronti, R. M. Rees, U. Skiba, P. Stefani, G. Manca, M. Sutton, Z. Tuba, and R. Valentini. 2007. Full accounting of the greenhouse gas (CO_2, N_2O, CH_4) budget of nine European grassland sites. Agric. Ecosyst. Environ. 121:121-134.

Steed, J. and A. G. Hashimoto. 1994. Methane emissions from typical manure management systems. Bioresour. Technol. 50:123-130.

Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, and C. d. Haan. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Stern, N. 2006. Stern Review on the Economics of Climate Change. Cambridge Univ Press,Cambridge, UK.

Stewart, A. A., S. M. Little, K. H. Ominski, K. M. Wittenberg, and H. H. Janzen. 2009. Evaluating greenhouse gas mitigation practices in livestock systems: an illustration of a whole-farm approach. J. Agric. Sci. 147:367-382.

Tamminga, S., A. Bannink, J. Dijkstra, and R. Zom. 2007. Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. 34 ed. Animal Science Group, Report 34, Animal Science Group, Wageningen University.

UNFCCC. 2007. Segunda comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Accessed May 11, 2013. http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc2s.pdf.

U.S.EPA. 2006. Global anthropogenic Non-CO_2 greenhouse gas emissions: 1990 - 2020. http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/international.html.

Waghorn, G. C. and D. A. Clark. 2006. Greenhouse gas mitigation opportunities with immediate application to pastoral grazing for ruminants. Int. Congr. Ser. 1293:107-110.

Waghorn, G. C. and R. S. Hegarty. 2011. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. Anim. Feed Sci. Technol. 166-167:291-301.

Yan, T., M. G. Porter, and C. S. Mayne. 2009. Prediction of methane emission from beef cattle using data measured in indirect open-circuit respiration calorimeters. Animal 3:1455-1462.

Yan, T., C. S. Mayne, F. G. Gordon, M. G. Porter, R. E. Agnew, D. C. Patterson, C. P. Ferris, and D. J. Kilpatrick. 2010. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 93:2630-2638.