

**AVANCES EN LA
ALIMENTACIÓN
CON FIBRA**

S.C. ZVI EDELMAN M.
AGRONÓMO NUTRICIONISTA

La producción por vaca y por unidad de superficie en el SISTEMA PASTORIL se aumenta a través de los años, por el incremento en el valor genético de los animales y las mejoras en alimentación y manejo.

La suplementación de alimentos concentrados a vacas altas productoras en el sistema pastoril está difundida, y se han publicado muchos trabajos en lo referente a la influencia de suplementación alimenticia a ganado en pastoreo. La revisión de Rearte (20) con respecto al efecto de suplementos en la composición de la leche es excelente.

El nivel de producción por unidad animal es uno de los aspectos que influyen en la rentabilidad de la explotación ganadera, y su influencia en la rentabilidad depende de la relación costo-beneficio entre la inversión para la consecución del nivel de producción y el valor de la producción.

Otro de los factores que influyen en la rentabilidad de la explotación ganadera es el porcentaje de desecho en el hato que depende de la fertilidad e incidencia de enfermedades.

Estos factores aquí mencionados dependen de la salud y resistencia de los animales.

El balanceo de la ración es importante para cualquier nivel de producción, pero más aún en la alimentación de las vacas altas productoras, por su mayor sensibilidad general.

La relación entre nutrición y resistencia a inmunidad y enfermedades varias se esclarece a través de la información que se ha generado y se está generando continuamente.

El desbalance de la ración influye no sólo sobre el nivel de producción sino también sobre la salud de los animales. De los problemas varios que surgen por falta de balanceo de la ración, el desbalance de fibra es el más importante, por su influencia en el funcionamiento del rumen.

El funcionamiento normal del rumen es prioritario para obtener los resultados óptimos en la explotación ganadera, ya que la alteración del funcionamiento normal del rumen influye en sistemas varios del rumiante de tal modo que los resultados afectan la productividad total del hato.

La finalidad de este trabajo es analizar los problemas de alimentación con fibra en ganado lechero de alta producción en pastoreo sobre pasto templado de alta calidad (ryegrass), suplementado con concentrado.

EL PASTO VERDE FRESCO DE ALTA CALIDAD

Como alimento único, la combinación de nutrientes que el forraje verde contiene es la que más se aproxima a los requerimientos de los rumiantes.

La limitante nutritiva más importante de los forrajes es el poco consumo de materia seca de éstos por el volumen que ocupan en el rumen. Este efecto es denominado el efecto de relleno o "fill".

Esta característica de los forrajes es la que no permite satisfacer los requerimientos de energía a vacas altas productoras, como alimento único.

Por ese motivo la suplementación con concentrado es necesaria cuando la producción de leche por vaca es considerable. El límite por encima del cual es necesario suplementar con concentrado el pasto verde de alta calidad es variable y depende de diversos factores.

Cuanto mayor es la calidad del forraje o pasto, mayor es el consumo voluntario máximo de éstos por su menor contenido de fibra neutrodetergente (FND) y la correlación negativa existente entre FND del forraje o ración y el consumo voluntario de éstas (9).

La suplementación con concentrado produce merma en el consumo de pasto.

El grado de merma de consumo de forraje por la suplementación de concentrado está en relación directa con su calidad. Cuanta más alta es la calidad del forraje, mayor es la merma del consumo de éste por unidad de concentrado (22,23).



Combinación ideal, para alimentación de vacas: gramíneas y leguminosas

La proporción de fibra en el forraje es un criterio de su calidad. La proporción de fibra está en relación inversa con su calidad.

La fibra de mayor calidad promueve menos rumia o masticado comparada con la fibra de menor calidad.

El requerimiento de forraje de alta calidad para satisfacer las necesidades de fibra puede estar en contradicción con el requerimiento de energía para vacas de alta producción.

En vacas de alta producción, el consumo máximo de forraje, (dentro de los límites prácticos de consumo de éste) está limitado por la cantidad mínima de concentrado a dar en la ración, para que ésta satisfaga el requerimiento de energía.

En producciones de 36 kg de leche por día la cantidad de concentrado a dar debe ser de 12 kg de materia seca por vaca (5).

Sobre el efecto del pasto verde de alta calidad como único forraje que el ganado consume hay reportes variados.

Según Bernard y Col (5) en los casos en que el ganado pasta sobre pasturas de muy alta calidad, bien fertilizadas, la composición del pasto puede contribuir a problemas nutritivos relativamente serios como exceso de proteína y deficiencia de fibra.

Craplet (6) menciona la deficiencia de membranas estructurales en el pasto joven y de alta calidad: pasto joven (o pasto de alta calidad) contiene pocos carbohidratos estructurales (FND o fibra cruda). Esto puede presentar dificultades mecánicas y químicas al animal. Por la falta de estructuras fibrosas el pasto ingerido forma una masa compacta en el rumen, la cual no se mezcla bien

con la saliva, frena la evacuación de productos de fermentación y favorece la retención de burbujas de gas; en esta situación disminuye la rumia y la peristáltica intestinal. Desde el punto de vista químico, la deficiencia de fibra altera el patrón de fermentación y se produce menos ácido acético con las consecuencias de la alteración de la composición de la leche.

Craplet cita a Hancock quien señala que "parece ser que el más alto nivel de salud y bienestar de los animales es alcanzado por vacas ingiriendo pasturas abundantes, tanto por unidad de superficie como por cabeza, de calidad relativamente mediocre, conteniendo una cantidad bastante alta de fibra y una baja digestibilidad. Bajo estas condiciones las vacas ganan peso y no muestran signos de disturbios digestivos, aunque vacas de mediana calidad genética no llegan a manifestar su potencial de producción lechera".

Obviamente, tomando en cuenta entre otros aspectos la calidad genética del ganado lechero de hoy día, no es rentable sacrificar la producción posible en la forma mencionada para asegurar la salud de los animales. Sin embargo, el problema de las pasturas de alta calidad es el mismo, hoy día, que cuando Hancock hizo su comentario y la necesidad de evitar problemas nutritivos es mayor aún.

Otro problema de las pasturas de alta calidad o jóvenes, es la gran cantidad de agua

que contiene el pasto tierno según Frens (1955)- mencionado por Craplet.

El agua del pasto impone una carga alta sobre el intestino grueso del rumiante, que no es tan apto como el de los monogástricos para absorber el agua que no fue absorbida en el omaso. Puede entonces el intestino ser inundado hasta cierto grado por las altas cantidades de agua consumidas en el pastoreo, la mayoría como bolo de origen dietario altamente digestible y de elementos fibrosos que pasan rápido por el intestino. El exceso de agua pasa a las heces produciendo la consistencia blanda de éstas. La reabsorción del agua de un alimento muy húmedo y de excepcional digestibilidad impone un stress sobre las reservas del elemento cobre en el animal, que el cobre absorbido con el pasto ingerido no puede satisfacer.

Datos de Europa demuestran que las reservas hepáticas de cobre merman cuando el ganado está en pastoreo. La merma es más rápida sobre pasto joven que sobre pasto maduro. La disponibilidad del cobre aumenta con la maduración del pasto (2).

El exceso de agua contiene altas cantidades de sales que no fueron absorbidas por el pasaje rápido (particularmente sodio en alta cantidad cuya pérdida alcanza a 45 gr). Los requerimientos de sodio son incrementados considerablemente. Los aumentos en el consumo están relacionados con el incremento en la tasa de pasaje del

rumen de los alimentos, mermando así la digestibilidad de la fibra (1).

Journet y Col (12) reportan que en ganado consumiendo pasturas altamente fertilizadas no se detectaron problemas de salud, inclusive durante largos períodos (8 años). Con todo, señalan los autores, se observaron ciertos cambios: aumento de la metahe-moglobina, úrea, potasio y magnesio en la sangre, reducción de la actividad enzimática del hígado y otros cambios en la composición de la leche.

Los autores mencionan que en Europa Oriental las anomalías descritas anteriormente se eliminaron, la persistencia de la producción mejoró y hubo un incremento de peso de las vacas cuando se probó suplementar el pasto con suplementos varios, entre ellos de 2 a 3 kg de paja que reemplazó parte del suplemento protéico que se daba a las vacas allí.

Morrison (16) recomienda el uso de heno u otro forraje seco en lugar de parte del concentrado, cuando el ganado pasta sobre pastos exuberantes y fertilizados intensamente. Menciona el trabajo de Foley, quien suplementó con heno que reemplazó parte del concentrado dado a ganado que pastaba sobre pasto verde. La producción de leche se redujo poco.

Mc Cullough (14) menciona que el pasto tierno es un alimento de excepcional cali-

dad alimenticia, si se lo suplementa con forraje adecuado.

Craplet (6) plantea dos posibilidades para evitar los problemas que acarrea el uso de pasturas jóvenes de alta calidad:

a) Limitar el pastoreo en pastos de alta calidad a un número limitado de horas y el resto del día pasar el hato a pastos más maduros.

b) Suplemento de forrajes fibrosos. El autor señala la dificultad para que el ganado consuma suficientes cantidades de este alimento.

A través de los años se han hecho experimentos con la finalidad de estudiar los efectos de la suplementación con alimentos varios al ganado en pastoreo, entre ellos forrajes. Rearte y Col (19) probaron suplementar con heno a vacas que después de haber estado confinadas en invierno (en clima del norte de EEUU) fueron liberadas a pastura de composición botánica mixta, para evitar la merma del contenido de grasa en la leche, típico en esas condiciones en la región. Los autores mencionan que la suplementación no tuvo efecto sobre el contenido de grasa en la leche. El heno fue de alfalfa.

El porcentaje de grasa en la leche de las vacas suplementadas con heno fue de 3.4%, comparado con 3.36% en el grupo testigo. La falta de diferencia estadística

significativa pudo deberse al número reducido de animales (7 en cada grupo).

Gordon (10) suplementó a vacas que pastaban sobre ryegrass verde fresco con el mismo pasto secado, molido (3 mm) y peletizado, y no obtuvo más leche en el grupo experimental que en el grupo testigo. Es de tomar en cuenta que si la falta de fibra efectiva en el pasto es limitante del grado de rumia requerido, la suplementación de forraje molido y peletizado no puede mejorar la situación ya que en el forraje molido a 3 mm la condición de fibra efectiva se pierde.

El forraje seco de por sí en este caso no influyó en los resultados. Tampoco en este trabajo se compararon forrajes de diferentes especies botánicas.

En una revisión de literatura resumen Leaver y Col (13) que: "hay poca evidencia de que la suplementación de forraje a vacas en pastoreo abundante tenga algún efecto en la producción de leche, a pesar de que en la práctica ha sido recomendada a menudo".

En cierto trabajo (3) con vacas de raza Ayrshire que en promedio tenían 3.75 lactancias, sobre pastura compuesta por ryegrass, trébol y thimoty, la suplementación con paja no tuvo efecto sobre la producción de leche, pero los animales en los grupos suplementados incrementaron su



peso en forma muy significativa, comparados con los grupos testigos. Las vacas suplementadas con paja incrementaron alrededor de 1 kg por día, comparado con incremento en 0.1 a 0.2 kg en el grupo testigo. Los autores no pueden explicar el significado de este efecto, pero no es posible ignorarlo.

Resumiendo, la suplementación al pasto de alta calidad en los trabajos citados fue variada. Cuando la suplementación es de heno de fibra larga pero de buena calidad de fibra (alfalfa) o el trabajo experimental fue de corto plazo, o el número de animales en el experimento fue reducido, no hubo cambios que indicaron un mejoramiento en los parámetros ruminales.

Los resultados con la suplementación de forraje seco peletizado señalan que éste no es el indicado para obtener el efecto buscado, lo cual ya era previsto por los resultados de trabajos anteriores.

El parámetro de incremento de la producción de leche, como índice de respuesta a la suplementación de fibra tosca, no necesariamente es el más adecuado ya que la recuperación del funcionamiento normal del rumen puede no traducirse en aumento de producción a corto plazo, aunque a largo plazo debe ser así.

Existe mayoría de opinión a priori de que el pasto templado de muy buena calidad debe ser suplementado con forraje adecuado.

Esta opinión es corroborada por la experiencia acumulada.

El problema es de fibra.

NORMAS DE FIBRA

Se han hecho cantidades considerables de trabajos sobre aspectos de tamaño de fibra (largo de fibra) sobre su influencia en el proceso de rumia en los animales.

Sobre los otros aspectos físicos de la fibra, como fibra de forrajes secos en su norma natural de fibra larga, fibra de forrajes frescos como pasturas verdes y su influencia, no se sabe mucho.

El término de fibra efectiva entró en uso para definir fibra de cierto largo, alrededor de media pulgada, que es el largo mínimo de fibra que permite al rumiante ejercer la acción de rumia. A diferencia de la fibra molienda, de largo menor, que pierde su propiedad de promover rumia.

El parámetro aceptado para determinar el requerimiento mínimo de forraje es el grado mínimo de rumia, que de acuerdo a trabajos varios es indicio del buen funcionamiento del rumen. Se considera que la ración que recibe el ganado debe producir 30 minutos de masticado por cada kg de materia seca que ésta contiene.

Según la información existente, la cantidad mínima de fibra efectiva que el ganado debe

ingerir para evitar problemas digestivos y de salud es determinada por el grado de masticado producido en el animal por el alimento que contiene esa fibra.

Mertens (15) señala diferencias en la masticación (minutos de masticación por Kg de materia seca) entre forrajes de diferentes especies botánicas y de diferentes cualidades físicas. El heno en su forma natural produjo un grado de masticación muy alto en comparación con otros forrajes. La paja fue más útil aún como fuente de fibra efectiva, si se juzga por el tiempo de masticación por kg de materia seca.

El N.R.C. (Normas de Alimentación para Ganado Lechero 1989) (17) menciona que por lo menos un tercio de la materia seca total en la ración debe ser aportada por heno en su forma natural (fibra larga) o su equivalente en ensilaje picado en forma tosca o semitosca.

Alternativamente se menciona en el NRC que se debe incluir fibra en la ración como materia seca en equivalente de heno a un mínimo del 1.5% del peso vivo del animal, a pesar de que "es difícil determinar el equivalente de heno de diferentes alimentos y esos equivalentes no dan una apreciación exacta de la cantidad de fibra a dar a las vacas lecheras".

Es interesante que después de tantos años de haber sido propuesto el término de "equivalente de heno", años en los que se publicó



Pasto Kikuyo con fibra larga. Nótese el tamaño del pasto así evitará problemas de vacas diarreicas

una considerable cantidad de trabajos al respecto, los autores del NRC todavía recurren a él.

Esto es un indicio del problema que existe para definir correctamente la fracción de fibra o forraje en su influencia específica sobre el aparato digestivo de los rumiantes, y

en determinar la cantidad mínima de fibra que evitará problemas en el funcionamiento normal del rumen.

Las dos principales funciones de la fibra son: estimular salivación y rumia y formar en el rumen un "colchón" (mat) normal, es decir, una capa flotante de residuos de forraje ingerido, que funciona como un sistema de filtrado y evita un pasaje demasiado rápido de partículas y pérdida de nutrientes (1).

Rumiantes en general y ganado vacuno lechero en particular, requieren de fibra insoluble tosca, adecuada para el funcionamiento normal del rumen y el mantenimiento del porcentaje normal de grasa en la leche (1,24).

La inclusión de forraje tosco disminuye la velocidad de pasaje de la ración cuando ésta

contiene fibra de alta calidad y así aumenta la tasa de digestión de los componentes del alimento.

El pasto de alta calidad no contiene fibra tosca insoluble o la contiene en ínfima cantidad y por lo tanto, el ganado que consume ese pasto como único alimento no recibe fibra tosca insoluble que es requisito para el buen funcionamiento del rumen.

No hay conocimiento sobre la cantidad mínima de fibra tosca insoluble necesaria.

En una vasta variedad de forrajes la fibra es de calidad intermedia y por ello, siguiendo los mínimos requerimientos de fibra fijados por las normas, se asegura el funcionamiento normal del rumen.

El énfasis que generalmente se pone en maximizar el uso de fibra de alta calidad



Debido al bajo consumo de fibra larga se presenta la diarrea de origen nutricional en los hatos

está plenamente justificado por el hecho de que en vastas regiones del mundo la calidad de la fibra que se da al ganado es baja.

El reto en amplias regiones del mundo es producir forrajes de buena calidad.

En las regiones en las que se usan subproductos (restos de cosechas agrícolas de baja calidad), como forraje en la ración de vacas lecheras, la inclusión de una pequeña cantidad de fibra de alta calidad (no lignificada) aumenta la eficiencia de la digestión de la ración total (18).

En el caso de uso de pasto de alta calidad la fibra altamente digestible existe en gran proporción, pero puede faltar fibra tosca para el buen funcionamiento del rumen.

El aspecto de calidad de fibras en el rumen se manifiesta parcialmente en la cantidad y proporción de fibra en la ración.

El análisis de fibra detergente que determina el contenido de FND y FDA en los alimentos en general y en los forrajes en especial, permite calcular con mayor exactitud el consumo voluntario máximo de forrajes y raciones.

El uso de las computadoras y programas lineales para cálculo de raciones balanceadas de mínimo costo está difundido hace ya muchos años en ganado confinado de diferentes clases que recibe toda su ración en el comedero.

En este trabajo se analizaron raciones, especialmente en su composición de fibra, a vacas lecheras en pastoreo, utilizando un programa lineal de cálculo de raciones.

Tomamos el ryegrass como el pasto representativo de alta calidad.

No se calcularon minerales, vitaminas y otros parámetros nutritivos.

FORRAJE SECO COMPARADO CON FORRAJE HÚMEDO

La humedad de las pasturas de alta calidad es una característica bien conocida de ellas y fue mencionada anteriormente.

En este trabajo se analiza la inclusión de un forraje seco: la paja, como fuente de fibra.

Se ha analizado la influencia de suplementación de forraje seco a pasto húmedo de alta calidad.

La mayor parte de los trabajos que se efectuaron para conocer las diferencias en el comportamiento y aporte de ambas formas físicas se hicieron moliendo el forraje. En estos estudios se peletizó el forraje seco después de molido para evitar problemas de consumo en el forraje molido sin peletizar.

El molido del forraje incrementa la tasa de pasaje ruminal y por ello el valor energético

del forraje seco molido es menor que el mismo forraje original en forma húmeda.

El forraje seco en su forma de heno tiene un valor energético levemente menor que el mismo forraje húmedo.

Los estudios más extensos del metabolismo de los forrajes en el aparato digestivo se hicieron en países de clima templado donde los pastos prevalentes son los forrajes de zonas templadas, los conocimientos que se tienen son mayormente de esos forrajes. Por el hecho de que el tema, aquí tratado, se refiere a forraje de alta calidad en zonas no tropicales, consideramos que los datos son relevantes a esta discusión.

Las pérdidas por fermentación en el rumen son mayores en el forraje fresco que en el forraje seco. Gran parte de las pérdidas del forraje fresco en el rumen se deben a la alta cantidad de proteína cruda, en su mayoría degradable, que contiene este pasto.

La proteólisis en el rumen, en este caso, es más alta que en el pasto seco.

El secado, molienda y peletización de pasto (ryegrass y timothy) redujo significativamente la digestión de la materia orgánica, los carbohidratos estructurales y la síntesis de ácidos grasos volátiles en el rumen. Hubo mayor digestión en la parte posterior del aparato digestivo. En general, existe una merma en la digestibilidad de la dieta peletizada.

La peletización (y secado) redujo la degradabilidad de la proteína cruda de 69 a 47%, y la proteína que llegó al duodeno de origen dietario representó significativamente mayor proporción que en el caso de pasto húmedo (3).

En total, la molienda y peletizado redujo el total de energía absorbida en 10% pero aumentó el abastecimiento de proteína absorbida en 15% comparado con el pasto fresco (4).

Los autores no analizaron en éste trabajo el efecto del secado por separado de la peletización.

En general el secado reduce la proteólisis y la actividad microbiana en el rumen. Reduce la producción de ácidos grasos volátiles, pero mas aún, el desperdicio de energía en el rumen proveniente de la proteólisis.

CÁLCULO DE RACIONES

Las raciones son de mínimo costo calculadas por computadora en el programa lineal de Cálculo de Raciones de Mínimo Costo "GAVISH" (7).

COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS

En la tabla 1 figura la composición de los alimentos usados en la base de datos para el cálculo de las raciones.

(Ver tabla página siguiente)

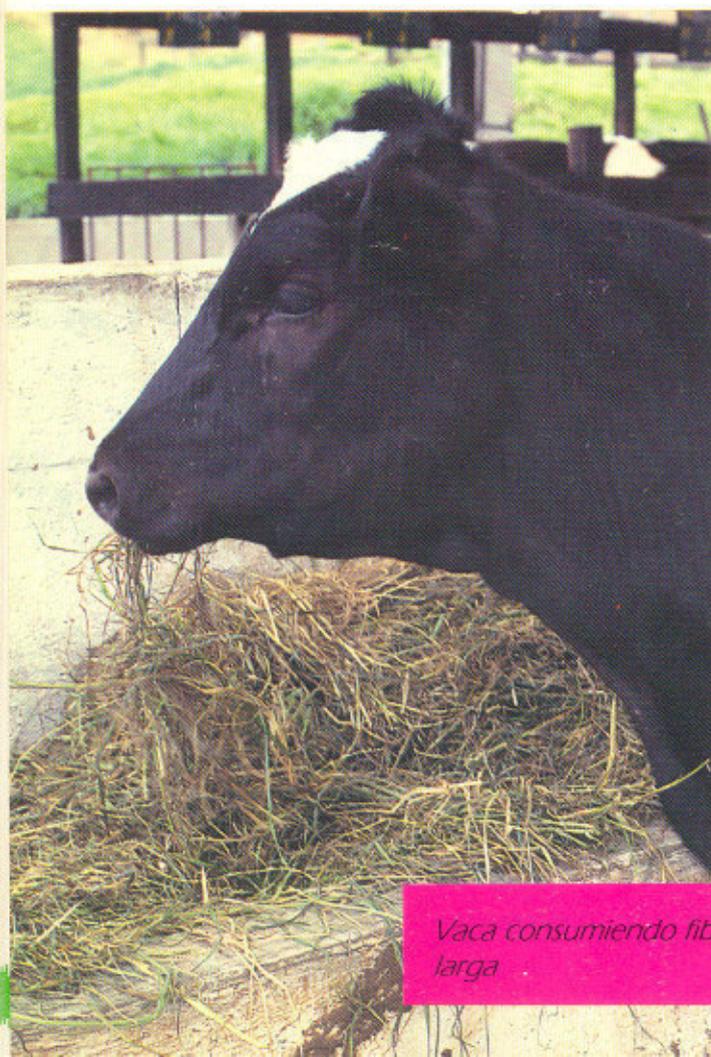
Tabla 1. **Composición de alimentos (a base de materia seca)**

ALIMENTO	En Neta lactanc. Mcal/kg (M.S)M.	Prot Cruda % de Seca M.	Fibra Cruda % de Seca M.	FND* % de Seca M.	FDA** % de Seca
Ryegrass	1.45	20	22	42	30
Concentrado (ver tabla 4)					
Paja	0.99	4	41	82	54

*FND - Fibra neutrodetergente

**FDA - Fibra detergente ácida

Los datos son promedios de análisis de fuentes varias.



Vaca consumiendo fibra larga

En la base de datos se incluyeron los siguientes alimentos concentrados: maíz grano, cebada grano, torta de soya, torta de algodón y salvado de trigo. La computadora elige la combinación necesaria de ingredientes de concentrado de mínimo costo para componer la ración balanceada, de acuerdo a las limitantes fijadas y a los requerimientos de nutrientes.

INCLUSIÓN DE PAJA

La paja se incluyó en la base de datos para aportar fibra tosca efectiva a la ración en caso de que fuera necesario.

Tal como fue señalado anteriormente puede haber deficiencia de fibra efectiva cuando la pastura es de alta calidad. Para balancear la fibra en la ración se incluyó una fuente de fibra efectiva cuyo aporte nutritivo es casi exclusivamente fibra, como lo es la paja. No se define en los datos la especie botánica de la paja, pero los datos de ésta son datos de paja de gramínea (trigo).

Tabla 2. **Precios de alimentos en base de datos para cálculo de raciones de mínimo costo a ganado en pastoreo.**

ALIMENTO	Precio relativo materia húmeda	Precio relativo materia seca	Relación de precios materia seca*
Ryegrass	10	50	100
Grano maíz	180	204	408
Grano cebada	150	170	340
Torta de soya	350	398	796
Salvado de trigo	130	151	302
Torta de algodón	280	311	622
Paja	80	88	176

* En relación con ryegrass = 100

PRECIOS DE INGREDIENTES

En la tabla 2 figuran los precios de los alimentos. Los precios no figuran en ninguna moneda determinada. Son precios de valor relativo. La relación de precios se fijó de tal modo que favoreciera al ryegrass con respecto al concentrado, evitando "preferencias" de la computadora al concentrado por precio más favorable en el cálculo de las raciones de mínimo costo.

Datos básicos

- * Peso Vivo 600 kg
- * Producción leche/día 36 kg
- * Grasa butirométrica 3.5%
- * Requerimiento adicional de energía por pastoreo 20% de mantenimiento consumo de ryegrass por cabeza por día.

Bernard y Col (5) calculan un máximo consumo de forraje de 1.82 % del peso vivo, en pastoreo, tomando en cuenta que para una producción de 36 kg de leche se requiere que la vaca consuma 12 kg de concentrado.

En INRA (10) figura un consumo de (materia seca) 70 a 78 g/kg. P. Vivo 0.75 para ryegrass verde, calculado en corderos de raza Texel en período avanzado de crecimiento.

Si calculamos un consumo promedio de 75 gr/kg de peso vivo elevado a 0.75 potencia, obtendríamos según los datos de INRA para los pesos vivos que se calcularon en este trabajo, los siguientes datos:

Tabla 3. Consumo voluntario de pasto verde (ryegrass) según INRA 1981 (11)

Peso vivo Kg	600
Peso Vivo Kg 0.75	113,57
Consumo M. seca gr/kg. P. Vivo 0.75	75
Consumo de pasto Kg M. seca	8,5
Pasto M. seca Kg/P.Vivo	1,41

Rearte y Col (19) mencionados más arriba reportan un consumo de 3.08 % de M. seca de forraje (Kg 18.49 de materia seca total, de los cuales 15.8 kg fueron de pasto en pastoreo y 2.7 kg de heno de alfalfa que se dio como suplemento, aparte de 8.21 kg de concentrado).

El consumo total de alimento que reportan estos autores es sumamente elevado (26.7 kg de materia seca para vacas de 36 kg de producción diaria de leche).

Tabla 4

Limites de nutrientes y alimentos para cálculo de raciones.

Nutrientes	Límite inferior	Límite superior
1- Materia seca Kg	0	22.2
2- Energía N.Lact.(Mcal)	36,48	Libre
3- Proteína cruda %	17	Libre
4- Fibra neutrodetergente Kg	0	6.6
5- Fibra neutrodetergente %	25	Libre
6- Fibra cruda %	0	Libre
7- Fibra detergente ácida	0	Libre

Journet y Col (12) mencionan que el consumo de forraje verde cortado y ofrecido en comedero a vacas de 600 kg de peso vivo y produciendo de 15 a 20 kg de leche/día es muy variable de 8 a 17 kg de materia seca. Tomamos aquí el valor de 1.818 kg de consumo de materia seca de ryegrass con base en el peso vivo del animal por 100 kg de peso vivo, tomando en cuenta que para obtener la producción de leche estipulada la vaca debe ingerir una cantidad considerable de concentrado.

(Bernard) Parámetros nutritivos de la ración, limitantes fijadas en la tabla 3, figuran los límites inferiores y superiores que se fijaron para el cálculo de las distintas raciones.

A) Consumo de materia seca de acuerdo a tabla 6-1 del NRC 1988. Se tomaron los datos relevantes como límite superior de consumo.

Alimentos	Límite inferior	Límite superior
1-Ryegrass M.seca/P.Vivo		
M.seca/P.Vivo	0	1.82
Concentrado kg	0	Libre
Paja kg	0	Libre

Es de anotar que los datos de la tabla 6-1 toman en cuenta también suficiente materia seca para los requerimientos de incremento de peso diario de 0.055 % del peso vivo del animal. En el cálculo aquí presentado no se tomaron en cuenta cambios en el peso vivo.

B) Porcentaje de FND en la ración (a base de materia seca). En el cálculo de las raciones se incluyó un límite mínimo de 25% de FND de acuerdo al NRC 1989, siendo el límite máximo de FND el de Kg de FND total en la ración (1.1% del peso vivo), sin fijar límite máximo de porcentaje de FND. La mínima cantidad de energía estipulada limita también la máxima cantidad de FND en la ración (en alimentos convencionales).

C) Cantidad de fibra neutrodetergente (FND) total en la ración.

La FND sirve como parámetro de evaluación de consumo máximo de alimento y raciones. Por el hecho de que el consumo máximo de FND es fijo, el contenido de FND de los alimentos está en relación inversa al consumo voluntario de éstos (9), el con-

sumo voluntario máximo de raciones mixtas es obtenido cuando el animal ingiere aproximadamente 1.2 Kg de FND de promedio durante la lactancia, siendo el consumo de FND (y también de la materia seca) menor al principio de la lactancia y mayor a mediados de ésta. Tomamos como dato de consumo máximo de FND el 1.1 % del peso vivo del animal, lo que permite un límite de seguridad ya que la variabilidad en el consumo de los animales es alta (15).

D) Porcentajes de fibra cruda y fibra detergente ácida. El NRC 1989 determina una norma mínima de 15% de fibra cruda y 19% de fibra detergente ácida para los niveles de producción y peso vivo que se tomaron en este trabajo.

Por haber tomado como parámetro mínimo de fibra el de FND, los otros parámetros de fibra no fueron limitados.

Los resultados de las raciones en estos parámetros serán discutidos en la parte correspondiente.

En la tabla 5 figuran las raciones calculadas sin paja y con cantidades crecientes de paja hasta 2 kg.

Tabla 5. Contenido de ingredientes y nutrientes de raciones de mínimo costo con cantidades crecientes de paja.

Nutrientes a base de materia seca.
Ingredientes y precios "as fed"

Ración	1	2	3	4	5	6
Composición						
Ryegrass	54,6	54,6	54,6	54,5	53,9	49,4
Concentrado	12,3	11,6	11,4	11,2	11,5	11,9
Paja	0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Nutrientes en ración						
1- M,seca	21,8	22,0	22,1	22,1	22,1	22,1
2- E,Neta L, (Mcal,)	36,48	36,48	36,48	36,48	36,48	36,48
3- Prot, crud %	17	17	17	17	17	17
4- FND %	30,3	30,0	29,9	29,8	29,8	30,0
5- FND Kg	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
7- FND forraje/FND total(%)	69,5	80,8	83,6	86,3	85,9	85,8
8- FND Kg/P,V,	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
9- Fibra cruda %	14,0	14,3	14,4	14,5	14,5	14,4
10- FDA %	18,3	20,1	20,2	20,4	20,3	20,2
11- E,Neta/kg,M,S	1,68	1,66	1,65	1,65	1,65	1,65
12- Forraje kg	10,8	11,8	12,1	12,2	12,0	11,68
13- Forraje / Mat,seca(%)	50,1	53,7	54,6	55,3	54,1	52,8
14- Forraje / P, Vivo (%)	1,82	1,97	1,94	1,89	1,84	1,71
15- Precio ración	2471	2797	2878	2690	3044	3128
16- Relación de precios	100	113	116	120	123	127

Tabla 6. Parámetros nutricionales en concentrado

Nutrientes a base de materia seca. Precios "as fed".

Concentrado de ración	1	2	3	4	5	6
1- En Net, Lact,	1,85	1,89	1,90	1,90	1,90	1,90
2- Mcal,/Kg, M,S,						
3- Prot, cruda %	14,0	14,9	15,2	15,5	15,9	16,4
4- Fibra cruda %	5,9	3,7	3,2	2,6	2,6	2,7
5- FND Kg	18,6	12,4	10,8	9,1	9,2	9,2
6- FDA %	8,0	5,4	4,7	4,0	4,1	4,2
7- Precio de concentr, (Kg)	156,4	187,61	196,1	204,4	206,5	208,6

El porcentaje de FND y FDA está en todas las raciones por encima del mínimo requerido según las normas de NRC, pero todas las raciones contienen menor porcentaje de fibra cruda que el mínimo recomendado en las normas.

Esta discrepancia entre los dos diferentes parámetros de fibra no es común en raciones para ganado lechero en confinamiento, que recibe raciones en las que los forrajes son ensilajes de diferentes tipos y que a veces contienen también heno.

Las normas de uso de FND como parámetro de fibra en composición de raciones, estipulan que el FND de forraje en la ración debe constituir el 75% del total de FND de la ración.

La ración 1 (sin paja) contiene 69.5% de FND de forraje (parámetro 7 en tabla 4), a pesar de contener porcentaje total de FND aparentemente apropiado, el análisis de relación de FND de las diferentes fuentes revela que la ración es deficiente en forraje.

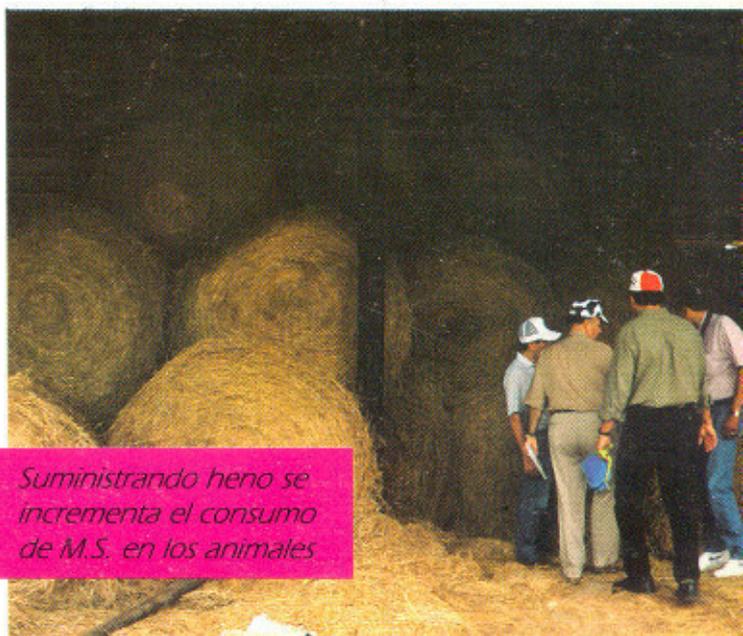
Dado el consumo máximo de FND total en la ración (6.6 kg) la cantidad de FND de forraje debe ser 4.95 Kg para llegar al 75% del FND total. La cantidad de ryegrass incluida en la ración (54.6 kg) proporciona 4.58 kg de FND por lo cual faltan Kg 0.364 de FND de forraje. Para abastecer esa cantidad de FND de ryegrass adicional son necesarios 4.33 kg de ryegrass verde.

Aritméticamente el incremento de ryegrass en la ración satisfaría los parámetros de FND requeridos.

Pero el problema no es solamente de cantidad sino de calidad de fibra, por no contener el pasto de alta calidad fibra tosca insoluble.

La ración 1 es característica de muchos hatos. En las raciones con más de 1 kg de paja el porcentaje de FND de forraje está por encima del mínimo necesario. La inclusión de cantidades adicionales de paja incrementa esa relación pero disminuye la cantidad de pasto incluida y es probable sobre el terreno que el ganado no reduzca el consumo de ryegrass sino el de paja.

En la relación de precios que se determinó y de acuerdo a las limitantes fijadas, la paja no es incluida en las raciones por la computadora, dado que encarecería la ración.



Suministrando heno se incrementa el consumo de M.S. en los animales

La posibilidad de inclusión de la paja en la ración balanceada depende, aparte de la relación de precios de los ingredientes en la ración, de la composición del concentrado que suplementa el pasto. Los tres parámetros nutricionales del concentrado que afectan la inclusión de paja en la ración y su cantidad son:

- 1- El contenido de FND
- 2- El contenido de energía
- 3- El contenido de proteína cruda.

El contenido de FND del concentrado es fundamental para asegurar que el animal ingiera el suplemento forraje a ofrecer; en este caso, de paja, tomando en cuenta que el consumo voluntario de pasto será siempre el máximo de acuerdo a los datos de consumo de ryegrass presentados arriba, y el consumo de concentrado será siempre el máximo ofrecido.

En esas condiciones debido a la limitante de consumo máximo de FND (6.6 Kg en el caso presentado aquí) para que la ración sea consumida en su totalidad es necesario que no contenga más de esa cantidad (1.1% del peso vivo).

El aumento de FND por inclusión de la paja debe ser contrarrestado por la disminución del FND del concentrado.

Las cantidades de FND que contiene el concentrado en cada una de las raciones es el

máximo de fibra que puede contener para permitir la inclusión de la porción fijada de paja, conteniendo la ración el máximo posible de FND para asegurar el consumo de ésta.

Con el incremento de paja en la ración, no aumenta la cantidad de concentrado que la computadora incluyó en dicha ración, pero aumenta la concentración de energía en él, de 1.85 a 1.9 Mcal., debido al efecto de dilución de energía en la ración que produce la inclusión de la paja.

Así aumenta el aporte de energía del concentrado, con el incremento de paja.

Con el incremento de paja la composición del concentrado varía también en proteína por el mismo efecto de dilución de la paja.

El contenido menor de fibra, el mayor valor energético y protéico del concentrado, aumentan su precio por variar los ingredientes necesarios a incluir, para obtener el perfil nutritivo necesario.

El parámetro de FND es el que guarda la mayor correlación con el consumo voluntario máximo de los forrajes y de la ración total (15).

La inclusión del parámetro de kg de FND total en la ración (6.6 Kg) permite el cálculo de raciones que pueden ser consumidas por el ganado, aparte de las guías de consumo máximo que se presentan en el NRC.

La alta calidad de fibra que se busca para poder incluir máxima cantidad de forraje en la ración, constituye un problema cuando éste es el único forraje en la ración.

La inclusión de cierta cantidad de forraje o fibra tosca mejora en el rumen las condiciones que permiten un funcionamiento normal de éste.

Como se mencionó, alteraciones en el funcionamiento normal del rumen causan cambios que afectan el desempeño normal de sistemas varios del animal y como consecuencia de ello se afecta la productividad.

Por la necesidad de satisfacer los requerimientos de energía del ganado de alta producción, como es el caso que tomamos aquí (36 kg de leche/día), no es posible dar sino cantidades reducidas de forraje tosco.

No se puede predecir la cantidad de forraje tosco a incluir en la ración para producir el funcionamiento óptimo del rumen, pero es factible con base en la experiencia acumulada, que la influencia específica del primer kg de paja produzca una mejora notable en el funcionamiento del rumen y como consecuencia en la productividad del hato.

Aparentemente, la influencia principal del suplemento de forraje tosco (paja) no se puede medir únicamente en los parámetros de fibra en la ración, tal como ya se mencionó.

FUENTES DE FIBRA TOSCA

Hasta ahora se mencionó como fuente de fibra tosca la paja, como el alimento que contiene más fibra.

Existen otras posibilidades de uso de fuentes de fibra tosca efectiva. En cierto grado alimentos alternativos (AA) pueden aportar fibra efectiva. Los AA son alimentos no convencionales que contienen nutrientes



La paja, alternativa de fibra tosca

varios en proporciones diferentes de los alimentos convencionales, como granos de cereales o forrajes convencionales, henos, ensilajes o forrajes verdes.

La combinación de nutrientes que contienen los AA puede ser muy particular, como alta cantidad de fibra y alto contenido de energía (por ser la fibra altamente digerible).

La semilla de algodón es una de los AA más atractivos para suplementar el pasto verde con fibra tosca. Contiene menos fibra que la paja pero por tener un valor energético muy alto (2.23 Mcal. de energía neta de lactancia/kg de materia seca) es posible incluirla en la ración reemplazando parte del concentrado convencional y en esa forma aumentar la cantidad de fibra efectiva en la ración sin disminuir la cantidad de pasto, y a la vez aumentando la energía de la ración.

Otros AA son la pulpa de cítricos, la pulpa de remolacha, y los granos de destilería. Ninguno de éstos se asemeja a la semilla de algodón y tienen menor efecto que el de la paja sobre el funcionamiento del rumen. Las cantidades a incluir y otros aspectos de uso de éstos son temas que trascienden de los límites de esta disertación.

La inclusión de AA en lugar de parte del concentrado convencional, en raciones de ryegrass en pastoreo, probablemente no eleva el nivel de producción de cada vaca en comparación con raciones de ryegrass y

concentrado de ingredientes convencionales como fuente de energía.

Esto se debe a que raciones con forraje de alta calidad, aparte del concentrado, aportan suficiente energía, inclusive para altas producciones.

Según Mertens (15) en el caso de uso de AA en raciones se deben reducir los requerimientos de fibra de forraje por el efecto de los AA sobre el rumen.

El uso de heno como fuente de fibra tosca es otra de las posibilidades. Es importante la uniformidad en la composición de éste.

El mejoramiento de la actividad del rumen contribuirá al aumento de la producción por la menor incidencia de problemas digestivos, menor tasa de desecho involuntario y mayor persistencia en la producción.

LA PAJA COMO FUENTE DE SUPLEMENTACIÓN DE FIBRA

La elección de la paja para agregar fibra a la ración, se debe a varias razones relacionadas con las propiedades de ésta, aparte de ser la paja una fuente de alto contenido de fibra.

Uniformidad de composición de la paja. En los datos presentados aquí, la paja suplementa al pasto verde el cual tiene gran variabilidad en composición de acuerdo a las condiciones climáticas como precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa.

Mc Cullough (14) señala esta variabilidad de composición del forraje fresco, mencionando la dificultad de componer raciones balanceadas con este forraje.

Como consecuencia de esto, cuando el forraje principal en la ración lo constituye el forraje verde, la producción de leche es más errática que cuando se usan forrajes como ensilajes que tienen una composición más uniforme que el forraje verde.

Inclusive en los casos en que el forraje constituye menos de la mitad del alimento total que ingiere el rumiante, sus características influyen marcadamente en el metabolismo del rumen.

Una condición importante para obtener la máxima eficiencia ruminal, aparte del ba-

lanceo de la ración, es la uniformidad en el tiempo de la composición de la ración en general y del forraje que compone la ración en particular.

La inclusión de un forraje de composición uniforme actúa como un factor de estabilización de la fermentación en el rumen.

Una de las características de la paja es su uniformidad en la composición. La definición del alimento paja implica que se trata de tallos y hojas secas de una planta que ha terminado su ciclo de crecimiento, ya ha madurado su semilla y ésta ha sido recogida.

Este es un estado fisiológico definido: maduración completa. El estado fisiológico



El pasto es otra fuente de fibra efectiva para los rumiantes.



El heno es fuente importante para suplir fibra a las vacas en sus raciones

influye mucho en la composición de la planta. Por representar siempre la paja un estado fisiológico uniforme de la planta, la composición de ella es uniforme.

Por ser la paja de muy bajo contenido energético su uso en raciones para vacas altas productoras es muy reducido, especialmente en condiciones de abundancia de forraje de buena calidad. En las condiciones de pastoreo de ganado de alta producción sobre pasturas de alta calidad, con suplementación de concentrado, la adición de una fuente de fibra de alta uniformidad en su composición, aún cuando lo sea en cantidades reducidas, aparte de aportar fibra tosca a una ración cuyo forraje no la tiene, aporta una contribución específica de alto valor a las condiciones ruminales, estabilizando la fermentación ruminal y así puede mejorar la producción de los rumiantes y evitar problemas digestivos y otros.

LÍMITES DE FIBRA EFECTIVA

El límite inferior de fibra citado por el NRC 1988 de un tercio de la materia seca de la ración en "equivalente heno", es difícil de traducir en cantidades equivalentes de los diferentes forrajes y en nuestro caso particular tratado aquí, en cantidad de forraje tosco, paja, heno u otros, a ser agregada al pasto ingerido por el ganado.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Allen M.S. y Mertens D.R. (1988) Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.* 118:221.
- 2- A.R.C. (1980) The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureau.
- 3- Arnold G.W., Holmes W. (1958) *J. Agric. Sci. Camb.* 51:248.

- 4- Beever D. E., Cammell S.B. & Wallace A.S. (1974) The digestion of fresh frozen and dried perennial ryegrass. Proc.Nutr.Soc. 33:73A-74A.
- 5- Bernard J.& Chandler P.(1994)Use of pasture as nutrient source for lactating dairy cows reviewed. Feedstuffs Dec.15.
- 6- Craplet N. (1963) The Dairy Cow.Edward Arnols(Ed.)
- 7- Gavish. Programa linear rationally. Programa linear de cálculo de raciones (en idioma Español). Kibutz Guivat Brenner.Guivat Brenner 60948.Israel.
- 8- Howard W.T.,Wollenzein A.C.(1986) Improving the professionalism of Wisconsin County Extension faculty through use of forage analyses and computer ration formulation programs.S.Afr.Tydskr Veek.16:118-122.
- 9- Howard W.T. & Melbye J.(1987) Neutral Detergent Fiber. An improved measure of forage quality. Hoard's Dairyman Sept. 10.
- 10-Gordon F.G.(1975) The effect of including dried grass in the supplement given to lactating cows at pasture. J.Br.Grassland Soc. 30:79-83.
- 11-INRA (1981) Alimentación de rumiantes. Mundi-Prensa. Madrid.
- 12-Journet M.& Demarquilly C. (1979) Grazing.In Broster Swan H.(eds.) Feeding strategy for the high yielding cow 295-321 .Granada Publishing Co.St.Albans.
- 13-Leaver J.D.,Campling R.C.& Holmes W.(1968) Use of supplementary feeds for grazing dairy cattle. Dairy Science Abstract 30:355-61.
- 14-Mc Cullough M.E. Optimum feeding of dairy animals University of Georgia Press. Athens second ed. 1973.
- 15-Mertens D.R.(1990) Using NDF as a measure of forage quality in dairy ration balancing.Georgia Nutrition Conference.
- 16-Morrison F.B.(1965) Alimentos y alimentación del ganado. Tomo II p.811 ED. UTEHA. México.
- 17-National Research Council (1988) Nutrient requirements of dairy cattle. National Academic Press.Washington D.C.1988 Update 1989.
- 18-Preston T.R.& Leng R.A.(1990) Ajustando los Sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Consultorías para el desarrollo rural integrado en el trópico (Condit Ltda. Cali. Colombia).

- 19- Rearte D.H., E.M. Kessler, and G.I. Hargrove (1986) Response by dairy cows to hay supplement with early spring grazing or to delay in turning to pasture. *J. Dairy Sci.* 69:1366-1373.
- 20- Rearte D.H. (1992) Alimentación y Composición de la leche en los sistemas pastoriles. E.E.A. Balcarce Cerbas INTA.
- 21- Shaver R.D., A.J. Nytes, L.D. Satter y N.A. Jorgensen (1988) Influence of feed intake, forage physical form, and forage fiber content on particle size of masticated forage, ruminal digesta and feces of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:1566-1572.
- 22- Tayler J.C. y Wilkinson J.M. (1972) The influence of level of conc. Feeding on the voluntary intake of grass and on liveweight gain by cattle. *Anim. Production.* 14:85-96.
- 23- Vadiveloo J. y Holmes W. (1979) The effect of forage digestibility and concentrate supplementation on the nutritive value of the diet and performance of finishing cattle. *Anim. Prod.* 29:121-130.
- 24- Van Soest P.J. (1965) Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants : voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility *J. Animal Sci.* 24:834.
- 25- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Science.* 74:3583-3597.
- 26- Welch J.G. (1982) Rumination, particle size and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.* 54:885-894.
- 27- Welch J.G. (1986) Physical parameters of fiber affecting passage from the rumen. *J. Dairy Sci.* 69:2750-2754.
- 28- S.T. Woodford & M.R. Murphy (1988) Dietary alterations of particle breakdown and passage from the rumen in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:687-696.