

Alimentación de la vaca lechera

para optimizar la proteína láctea

Michael Hutjens

Doctorado en Ciencia Lechera y Ciencia de la Nutrición
Maestría en Ciencia Lechera
Médico Veterinario y Nutricionista
Universidad de Wisconsin
hutjensm@illinois.edu
Estados Unidos

Adaptada de Conferencia presentada en 8vo Seminario Internacional de leche y carne Colanta por:

Wveimar Londoño A.

Zootecnista
Universidad de Antioquia
Coordinador Nacional de Nutrición – Concentrados Sales y Fertilizantes COLANTA
wveimarla@colanta.com.co
Colombia

Resumen

Es bien conocida la importancia que tiene la proteína de la leche para la industria en la alimentación humana y el valor que tiene en diferentes países, al igual que para la industria colombiana. Por este motivo, es importante para los productores de leche entender cómo se produce la proteína láctea y los factores que intervienen en su formación, partiendo de los requerimientos nutricionales y las condiciones para la producción de proteína microbial que es la principal fuente de aminoácidos.

El balance adecuado de la dieta, teniendo en cuenta los aportes nutricionales de las fuentes principales de alimentación como son los pastos y forrajes y complementada con ingredientes de calidad que aporten los nutrientes necesarios, la utilización de modelos computarizados que ayuden a simular el comportamiento ruminal, el monitoreo del comportamiento en la concentración de grasa y proteína, y la estimación del nitrógeno ureico en leche (MUN) son herramientas que se pueden utilizar para lograr los objetivos planteados en la producción lechera.

Abstract

It is well known the importance of milk protein for human food industry and the value it has in different countries, as well in the Colombian industry. It is therefore important to the dairy producers understand how dairy milk protein is formed and the factors involved in the formation, based on nutritional requirements and conditions for the production of microbial protein that is the main source of amino acids.

The proper balance of diet considering the nutritional intake of main food source such as pasture and forage and also supplied with quality ingredients that provide the nutrients needed, the use of computer models to help simulate the rumen performance, monitoring behavior in the concentration of fat and protein and estimating milk urea nitrogen (MUN) are tools that can be used to achieve the goals outlined in milk production.

Introducción

La proteína de la leche tiene gran importancia en la producción y mercadeo de productos lácteos, impacta la industrialización de quesos y es uno de los nutrientes más deseados por los consumidores, en leche y derivados lácteos. En países como los Estados Unidos, una gran proporción de la leche comercializada es pagada en kilogramos de proteína, junto con los otros sólidos. La proteína comúnmente vale dos veces más que la grasa en los Estados Unidos (Hutjens, 2008).

El objetivo de este artículo es examinar los factores que determinan la producción de proteína en la composición de la leche, en sistemas de producción en pastoreo.

Las proteínas, por definición, son moléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos que tiene un orden predeterminado genéticamente. De esta manera se conforman las diferentes proteínas que van a constituir los diferentes tejidos o compuestos requeridos por lo seres vivos. Esto no difiere para las proteínas de la leche, sin embargo, es necesario saber cuál es la fuente de estos aminoácidos para la formación de la proteína láctea.

Fuentes de proteína láctea

El balance óptimo y la cantidad de los aminoácidos son requerimientos fundamentales para la producción de proteína láctea (Holden, 2001). La proteína



metabolizable (PM) es la fuente de aminoácidos que las vacas lecheras requieren para producir leche, crecer, reproducirse y para su mantenimiento (Hutjens, 2008). La PM es producida en el rumen mediante dos rutas.

1. *Proteína microbial*

Es una excelente y principal fuente de aminoácidos. Para optimizar su producción, las bacterias del rumen requieren de:

- una fuente disponible de nitrógeno originado de la degradación de la proteína de la dieta, de la que se obtienen amoníaco y aminoácidos,
- una fuente de carbohidratos fermentables en el rumen, provenientes de la fibra soluble suministrado por pastos y forrajes de alta digestibilidad y subproductos de molinería como los salvados y cascarilla de soja,
- almidones y azúcares, proporcionado por cereales y tubérculos
- además de un ambiente ruminal estable relacionado con un pH favorable, óptima velocidad de paso y absorción de ácidos grasos volátiles (AGV).

Cuando se presentan estos factores, los microorganismos ruminales pueden producir de 2 a 2,5 kilos de proteína microbial por día, cantidad que puede sostener una producción entre 20 y 25 litros de leche. En vacas por encima de 35 litros de producción, los microorganismos ruminales pueden proveer del 60 al 75% de los requerimientos de aminoácidos. Un adecuado consumo de materia seca contribuye a una mayor

digestibilidad de la materia orgánica, que conduce a una mayor producción de proteína microbiana.

2. Proteína no degradable en rumen (PNDR)

Es una fracción de proteína en el alimento que no es degradada por las bacterias ruminales

en amoníaco y aminoácidos, también denominada proteína sobrepasante o proteína de escape. En los ingredientes de los alimentos concentrados (Tabla 1) varían los niveles de la PNDR dependiendo de la fuente de proteína. Las uniones en la matriz de la proteína, conocida como proteína ligada a fracciones

de la fibra, y los procesos en el alimento como calentamiento o fermentación, les confieren a las uniones de los aminoácidos resistencia al ataque bacteriano. Esta proteína debe proveer los aminoácidos necesarios, cuando el aporte de la proteína microbiana fue agotada por los requerimientos totales de proteína en la vaca.

Tabla 1. Contenido nutricional de ingredientes que complementan los sistemas de alimentación en pastoreo (Hutjens, 2008; Vander Haar, 2010).

Ingrediente	Proteína cruda (PC)	Proteína no degradable en rumen (PNDR)	Fibra detergente neutro FDA)	Fibra detergente neutro efectiva (eFDN)	Energía neta de lactancia	Almidón	Azúcar	Aceite	Nivel
	%	% PC	%	%	Mcal/kg MS	%	%	%	% Dieta
Pulpa de remolacha	10,00	74,00	46,00	25,00	1,53	1,00	15,00	1,00	10,00
Granos de cervecería	29,00	55,00	46,00	25,00	1,69	7,00	0,00	5,00	20,00
Pulpa de cítricos	7,00	30,00	24,00	5,00	1,87	0,00	24,00	5,00	10,00
Ensilaje de maíz	9,00	34,00	45,00	60,00	1,54	30,00	2,00	3,00	50,00
Granos de destilados de maíz	30,00	55,00	39,00	5,00	1,87	10,00	5,00	10,00	10,00
Gluten de maíz	18,00	30,00	35,00	5,00	1,76	18,00	5,00	3,00	25,00
Semilla de algodón	6,00	17,00			1,87	0,00	5,00	19,00	10,00
Melaza	6,00	17,00			1,87	0,00	50,00	0,00	10,00
Cascarilla de soya	14,00	42,00	60,00	5,00	1,51	0,00	0,00	3,00	20,00
Trigo molido	19,00	22,00	37,00	25,00	1,75	22,00	5,00	4,00	10,00
Ensilaje de maíz	12,00	23,00	60,00	70,00	1,24	10,00	0,00	3,00	50,00
Heno de trigo	5,00	76,00	73,00	90,00	0,86	1,00	5,00	1,00	5,00

Tabla 2. Composición promedio de los nutrientes en los pastos en USA (Muller & Holden, 1994) y en el Altiplano Norte y Oriente Antioqueño.

Pasto	Materia seca (MS)	Proteína cruda (PC)	Proteína no degradable en rumen (PNDR)	Fibra detergente ácido (FDA)	Fibra detergente neutro (FDN)	Carbohidratos no fibrosos	Energía neta de lactancia
	%	% Materia seca					Mcal/kg MS
USA							
Gramínea							
- Primavera	20,00	21,00	18,00	26,00	48,00	18,00	1,67
- Verano	20,00	19,00	30,00	33,00	54,00	15,00	1,58
- Invierno	20,00	22,00	26,00	28,00	50,00	18,00	1,67
Leguminosa							
- Primavera	20,00	25,00	18,00	25,00	36,00	23,00	1,65
- Verano	20,00	22,00	20,00	30,00	20,00	20,00	1,50
- Invierno	20,00	25,00	18,00	26,00	23,00	23,00	1,65
Altiplano Norte y Oriente de Antioquia*							
- Kikuyo	16,80	21,50		34,02	59,94	10,27	1,15
- Ryegrass	17,16	23,16		27,42	48,59	12,30	1,35

*Laboratorio de Bromatología, COLANTA 2012.

Los nutrientes del pasto que impactan la proteína láctea

Las pasturas exuberantes pueden tener valores altos de proteína cruda con un alto tenor de degradación ruminal (Tabla 2).

Pasturas de alta calidad pueden aportar más del 85% de la proteína degradada en rumen (PDR), que es capturada para producir proteína microbial y luego transformada en aminoácidos (Tabla 2). Si los niveles de PDR son muy altos, el exceso de amoníaco puede ser absorbido por la pared ruminal y convertido en nitrógeno ureico en la sangre (BUN: *blood urea nitrogen*) por el hígado. Este

proceso requiere de un gasto energético adicional de la vaca para producir BUN, el cual puede ser reciclado por la vaca a través de la saliva, excretada por el riñón en la orina o secretada en leche como nitrógeno ureico en leche (MUN: *milk urea nitrogen*).

Para capturar el amoníaco, una fuente energética proveniente de carbohidratos en el rumen debe estar disponible, que posibilite a los microorganismos producir la proteína microbial. Para lograrlo, la tasa de disponibilidad de carbohidratos debe ser igual a la tasa de amoníaco liberado. Por ejemplo, las fuentes de azúcares deben ser iguales al amoníaco liberado o complementarlo,

cuando el animal se alimenta con pasturas de alta contenido de nitrógeno, como el kikuyo y el ryegrass.

No olvidemos que el proceso de producción de proteína microbial requiere de un mantenimiento óptimo del pH ruminal que debe estar por encima de 5,8 y la tasa de pasaje de alimentos 5 a 8% por hora. En el caso de los ryegrass, la tasa de degradación puede estar alrededor de 9 a 14% por hora. Si las fuentes de almidón tienen una tasa de degradación más rápida que el ryegrass pueden conllevar a una disminución del pH en el rumen, así se reduce la protección de proteína y grasa láctea, baja la producción de leche

y surgen riesgos para la salud del animal, como la acidosis ruminal subaguda (ARS), la laminitis de las pezuñas y la reducción de la fertilidad.

Balance de nutrientes para sistemas en pastoreo

La pastura no es una fuente “perfecta” de nutrientes para vacas por encima de 20 litros de leche diarios. Cuando las vacas producen altos niveles de leche, se requiere un correcto balance de nutrientes y suplementación. Dos aspectos claves son discutidos a continuación. Los carbohidratos fermentables en rumen pueden ser el primer nutriente limitante en las raciones en pastoreo para complementar la rápida disponibilidad de la PDR (Bertrand et al., 2006). Lo azúcares, como las melazas y la pulpa de cítricos, tienen una rápida liberación de energía en el rumen pero aumentan el riesgo de ARS, por lo tanto, es recomendable limitar el nivel de azúcares totales,

incluidas las fuentes suministradas por las pasturas de 6 a 8% de la ración total de materia seca.

La disponibilidad de los almidones depende también de la fuente y su proceso; la cebada y el trigo, por ejemplo, son más rápidos para fermentarse que el maíz o el sorgo. Sin embargo, el maíz extruido tiene una tasa de fermentación más alta que el maíz molido. Además, una molienda fina de granos, por debajo de 1.000 micrones, puede incrementar la tasa de fermentación, pero también puede producir ARS. Por tal motivo, es recomendable limitar el nivel de almidones totales de 15 a 25% del total de la ración. No obstante, el balance de la dieta puede requerir niveles altos de almidones. Como estrategia se puede suministrar la ración en varias comidas al día.

Las fuentes de fibra soluble pueden proveer al rumen de energía disponible para las bacterias, con bajo riesgo de ARS. La pulpa de cítricos, el gluten de maíz, la

pulpa de remolacha, la mogolla de trigo y la cascarilla de fríjol soya se recomiendan como fuentes de fibra degradable en el rumen. La tasa de degradación de la fibra proporciona al rumen, favorablemente, la producción de AGV y un pH ruminal estable. Para favorecer esta condición, se debe tener como objetivo del 8 al 13% de fibra soluble en el total de la ración en materia seca.

La fibra detergente neutro (FDN) refleja la cantidad total de pared celular o fibra en la ración. Un adecuado nivel es requerido para optimizar el consumo de alimento ya que la FDN está relacionada con factores de llenado y reduce el riesgo de ARS, mantiene la salud ruminal y el crecimiento microbial, por tal motivo las dietas debe contener del 32 al 38% de FDN.

Sin embargo, la fibra efectiva en el rumen (eFDN o fibra detergente neutro efectiva), que se define como la cantidad de fibra con



Mezclas de forrajes.

Foto: Dany Avendaño V.

Alfalfa

Foto: Dany Avendaño V.

capacidad de estimular la rumia y la salivación, disminuye la tasa de pasaje de los sólidos en el rumen y permite la fermentación bacteriana de la fibra. De esta manera, se forma un tapete o capa en el rumen y se estimula la masticación del bolo y la rumia. Así, se favorece la producción de bicarbonato de sodio como efecto de la salivación, para una óptima salud y productividad ruminal, conservando la estabilidad del pH ruminal cercano a 6,25. Cuando se carece de una adecuada cantidad de fibra efectiva es conveniente el suministro de heno o henolaje, a razón de 2 kilogramos por día. Si los forrajes ofrecidos no son de buena calidad se debe limitar a un kilo diario por vaca.

Cuando la producción de leche supera los 25 litros por día se debe tener algunas consideraciones para la formación de la proteína. Los

altos niveles de PNDR requeridos pueden ser obtenidos con la adición de granos de destilería, harina de gluten de maíz, harina de torta de soya tratada con calor, harina de torta de soya o granos de cervecera. Además, se requiere tener cuidado con su balance de aminoácidos. Por ejemplo, los subproductos de maíz son altos en metionina, mientras que los productos de soya son altos en lisina. Una proporción adecuada de estos ingredientes puede cubrir el requerimiento de lisina y metionina indispensables para la producción de proteína láctea. En el mercado existen aminoácidos sintéticos protegidos, para evitar la degradación ruminal de lisina y metionina, que pueden ser adicionados a las raciones para vacas por encima de 35 litros diarios para lograr incrementar la proteína láctea y la producción de leche.

Una alternativa que puede funcionar es una ración total parcialmente mezclada (pTMR: *partial total mixed ratio*). La pTMR es un sistema de alimentación que complementa el aporte nutricional de las pasturas, ayuda a incrementar el consumo de materia seca, estabiliza el ambiente ruminal y permite el uso de ingredientes óptimos para lograr el equilibrio de los nutrientes requeridos.

En los Estados Unidos, alimentar con el 50% de materia seca aportado por el pasto y el 50% por la pTMR puede mantener altas producciones de proteína láctea y de producción de leche. La pTMR contiene ensilaje de maíz, maíz o granos de cebada, proteína de soya tratada con calor, minerales y aditivos como bicarbonato de sodio, monensina y productos de levadura.

Oportunidades para evaluar en la finca la proteína láctea

Una manera de entender el grado de alimentación es establecer la relación entre la grasa y la proteína en la leche, allí se pueden descubrir las oportunidades que se tienen para conseguir sus componentes (Tabla 3).

Si el porcentaje de proteína total con respecto al porcentaje de grasa en la leche es menor a 0,75 o 75%, hay que buscar las razones por las que esta relación es tan amplia. Esta relación puede ser evaluada utilizando los datos de los análisis de leche de diversos grupos de vacas según su producción, es decir vacas de alta producción comparadas con las de baja, número de partos o lactancia, vacas primíparas comparadas con vacas maduras, días en leche vacas por debajo de 100 días en ordeño y vacas por encima de 200 días en ordeño, y producción de leche, vacas por debajo de 15 litros comparadas con vacas por encima de 25 litros.

Si la proteína láctea es baja, se debe considerar la siguiente lista de chequeo.

1. Analice las estadísticas de los registros para determinar los niveles de proteína cruda en la dieta. Lo ideal es de 16,5 a 17%, con un aporte de PDR de 65% del total de la proteína cruda y PNDR del 35%.

2. Verifique el aporte de los almidones, de 15 a 25% de la ración de materia seca, y de

Tabla 3. Relación normal de la grasa y la proteína láctea en varias razas de ganado lechero (Hutjens, 2008)

Raza	Grasa	Proteína	Relación Proteína / Grasa
	%		
Ayrshire	3,86	3,13	0,81
Pardo Suizo	3,95	3,25	0,82
Guernsey	4,42	3,30	0,75
Holstein	3,66	2,99	0,82
Jersey	4,57	3,54	0,77

azúcares, de 6 a 8% del total de materia seca.

3. Monitoree la consistencia de las boñigas. Este puede ser un indicador de escasez de nitrógeno como consecuencia de bajo aporte de proteína en la dieta.

La calificación del aspecto de la materia fecal se fundamenta en el siguiente sistema de calificación:

- **1:** Presencia de heces líquidas. Es una condición indeseable.
- **3:** Presentación de anillos concéntricos y depresión en la mitad, que corresponde a una deposición óptima.
- **5:** firme y no pegajosa, similar al estiércol de caballo. Es una situación indeseable.

Si las vacas en pastoreo tienen una calificación de materia fecal inferior a 2 puede indicar la falta de fibra efectiva, excesiva PDR o bajo pH ruminal.

Otra herramienta muy utilizada es evaluar en el hato los diferentes niveles de MUN, dependiendo de su ración y su programa de alimentación, las relaciones entre el tiempo de alimentación y el tiempo de ordeño, los sistemas de alimentación, la calidad de la dieta

y los patrones de alimentación de las vacas. Para ello se recomienda determinar el rango “normal” de MUN para su hato. Los valores pueden estar entre 7 y 16 miligramos por decilitro de leche.

Cuando los valores de MUN están 2 a 3 puntos por encima del límite superior normal, es conveniente determinar los cambios de alimentación que están causando este incremento.

Es recomendable monitorear semanalmente los promedios del tanque de leche, para reducir la variación día a día, y utilizar sistemas de computación que permitan evaluar grupos de vacas dentro del hato, desde el servicio hasta el parto, días en leche y producción de leche.

Trabajos realizados en Pensilvania recomiendan un mínimo de ocho a diez vacas por grupo, para calcular un valor verdadero del MUN. Algunas causas como el estrés calórico pueden contribuir a incrementar los valores de MUN en 2 o 3 unidades debido a cambios en el rumen y el flujo de la sangre. Si la ARS está ocurriendo, el crecimiento microbial puede

reducirse y presentarse un exceso de amoníaco.

Al inicio de la lactancia, cuando las vacas se encuentran en balance energético negativo y se están utilizando aminoácidos como fuente de energía, los valores del MUN se pueden incrementar. Vacas con un MUN por encima de 16 pueden presentar menor fertilidad y experimentar bajas tasas de concepción.

El aporte de almidones a partir de ensilaje de maíz procesado sin la presencia de granos enteros, puede mejorar la fermentación y disponibilidad de almidones en el rumen, disminuyendo los valores de MUN. El ensilaje de maíz fresco, al tener bajos niveles de carbohidratos fermentables (menos almidones disponibles), tiene un efecto contrario elevando el MUN. Los investigadores de la Universidad de Michigan recomiendan tres meses de fermentación del ensilaje de maíz para optimizar la disponibilidad de almidones en el rumen.

Vacas que consumen abundante ensilaje de pastos o de mezclas de gramíneas y leguminosas, húmedos y altos en proteína cruda, pueden incrementar los valores del MUN. La molienda o procesamiento fino de los granos incrementa la fermentación en el rumen y aumenta la captura de amoníaco por la flora microbiana del rumen, disminuyendo el MUN.

El cambio a fuentes de proteína menos degradables (granos de soya tratados térmicamente



Ensilaje de maíz.

Foto: Dany Avendaño V.

comparados con granos de soya crudos, por ejemplo, puede disminuir los valores de MUN. Si los niveles del MUN están bajo 7 y sobre 16 miligramos por decilitros, los valores en el hato pueden no ser los óptimos.

La utilización para simular el comportamiento de la dieta, a través de modelos computarizados sobre el rumen, que están disponibles para estimar el aporte de aminoácidos para ganado de leche, con base en fuentes de producción microbial y PNDR en el balance de raciones con proteína metabolizable y aminoácidos (lisina y metionina), puede traer las siguientes ventajas:

- Incremento de la producción de leche (de 1 a 2,5 litros), la proteína láctea (de 0,1 a 0,2 puntos porcentuales) y la grasa (de 0,1 a 0,3 puntos porcentuales).
- Disminución de la cantidad de desórdenes metabólicos como “hígado graso” y la conversión de amoníaco a urea en el hígado.
- Aumento de la fertilidad con menores valores de BUN y MUN. Si los niveles de proteína metabolizable (PM) son los óptimos, con los niveles adecuados de lisina (6,6% de PM) y metionina (2,2 % de PM), se habrán satisfecho los requerimientos de aminoácidos para las vacas de alta producción.

La metionina posee varias funciones, entre ellas la de incrementar la producción de leche y sus componentes. Además, es una fuente donadora de metilo (similar a la colina) que sirve para mejorar la movilización de grasa desde el hígado y la reducción del nivel de cuerpos cetónicos. La alimentación con leguminosas como alfalfa, tréboles y torta de soya), la metionina metabolizable puede ser limitante al balancear aminoácidos.

Productos del maíz como el ensilaje, grano y otros subproductos pueden requerir tanto lisina como metionina metabolizables.

En conclusión, en Estados Unidos, por ejemplo, aumentar el contenido de proteína láctea puede incrementar el valor de la leche de 30 a 50 centavos de dólar por 45 kilos. Para conseguirlo, se deben seleccionar suplementos proteicos según las necesidades de aminoácidos y los aspectos económicos involucrados.

El balanceo de aminoácidos, utilizando modelos sistematizados, puede ayudar a reducir los niveles de proteína cruda a la vez que incrementan el volumen de leche y sus componentes.



Referencias

Bertrand, J.A., Gehman, A.M., Jenkins, T.C. & Pinkerton, B.W. (2006). *The effects of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture*. Trabajo presentado en Mid-Atlantic Dairy Grazing Conference.

Holden, L.A. (2001). *Alternative feeds for dairy cattle on pasture*. Ponencia presentada en Proc. Segundo National Alternative Feed Symp.

Hutjens, M.F. (2008). *Building on milk protein*. Ponencia presentada en Four State Dairy Nutrition and Management Conf. Proc.

Muller, L.D. & Holden, L.D. (1994). *Nutritional consideration and limitations with grazing*. Ponencias presentada en Proc. Of PA Grazing Conf. Penn State: University, College Park.

Vande Haar, M. (2010). *Spartan dairy ration evaluator/balancer*. Version 3.0. Michigan: State University. Extraído el 19 de septiembre de 2012: www.spartandairy.msu.edu

Foto: Dany Avendaño V.