

Michael Hutjens



## ALIMENTACIÓN de la vaca lechera para optimizar la PROTEÍNA láctea

### Introducción

Las pasturas exuberantes pueden tener valores altos de proteína cruda con un alto tenor de degradación ruminal (**Tabla 1**). La proteína láctea continúa teniendo gran importancia en la producción y mercadeo de productos lácteos e impacta la producción de quesos, y es uno de los nutrientes más deseados por los consumidores, en la leche y derivados lácteos. En 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 con forraje en pastoreo.

### 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 la vacas lecheras requieren para producir leche, crecer, reproducirse y para su mantenimiento (Hutjens, 2008).

Las dos fuentes de aminoácidos de proteína metabolizable son:

**1. Proteína bacteriana:** producida en el rumen, es una excelente fuente de aminoácidos. Para optimizar su producción, por parte de las bacterias, se requiere de una fuente disponible de nitrógeno (la degradación de la proteína da como resultado amoníaco y aminoácidos), una fuente de carbohidratos fermentables en el rumen (fibra soluble, almidones y azúcares) y un ambiente ruminal estable (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 microbiana por día, cantidad que puede sostener una producción entre 20 y 25 litros de leche.

En vacas por encima de 35 litros, los microorganismos ruminales pueden proveer del 60 al 75% de los requerimientos de aminoácidos.

Michael Hutjens  
Ph.D en Ciencia Lechera y  
Ciencia de la Nutrición -  
Universidad de Wisconsin,  
Estados Unidos.

M.Sc. en Ciencia Lechera -  
Universidad de Wisconsin,  
Estados Unidos.

Médico Veterinario y  
Nutricionista - Universidad  
de Wisconsin, Estados  
Unidos.

Docente de Nutrición y  
Alimentación, Universidad de  
Wisconsin, Estados Unidos.

hutjensm@illinois.edu  
Estados Unidos

La optimización del consumo de materia seca es otro factor que 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):** fracción de proteína en el alimento que no es desdoblada en amoníaco y aminoácidos, durante la fermentación ruminal (también llamada proteína sobrepasante o proteína de escape).

Los ingredientes de los concentrados (**Tabla 2**) varían en niveles de la PNDR dependiendo de la fuente de proteína, las uniones en la matriz de la proteína (proteína ligada), los procesos en el alimento (como calentamiento o fermentación) y el almacenamiento (es diferente el ensilaje húmedo en comparación con el heno seco).

Una vez los requerimientos totales de la vaca lechera exceden las fuentes bacteriales de aminoácidos, la PNDR debe proveer los aminoácidos adicionales necesarios.

## Los nutrientes del pasto que impactan la proteína láctea

Pasturas de alta calidad pueden aportar más del 85% de la proteína degradada en rumen (PDR), que es capturada como proteína microbiana y transformada a fuentes de aminoácidos (**Tabla 1**).

Pastos	Materia seca (MS)	Proteína cruda	Proteína no degradable en rumen	Fibra detergente ácido (FDA)	Fibra detergente neutro (FDN)	Carbohidratos no fermentables	Energía neta - lactancia
	(%)	(----- % de materia seca -----)					(Mcal/kg MS)
<b>Pasto</b>							
Primavera	20	21	18	26	48	18	1,67
Verano	20	19	30	33	54	15	1,58
Otoño	20	22	26	28	50	18	1,67
<b>Leguminosas</b>							
Primavera	20	25	18	25	36	23	1,65
Verano	20	22	20	30	20	20	1,50
Otoño	20	25	18	26	23	23	1,65

**Tabla 1.** Composición promedio de los nutrientes en los pastos ( Muller & Holden, 1994).

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

\*Valores pueden cambiar dependiendo en el proceso y fuente.

**Tabla 2.** Contenido nutricional de insumos seleccionados que complementan los sistemas de alimentación en pastoreo (Hutjens, 2008; Vande Haar, 2010).

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. El proceso requiere energía de la vaca para producir BUN. Este puede ser reciclado por la vaca vía 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 debe estar disponible una fuente energética en el rumen, que posibilite a los microorganismos producir la proteína microbiana. 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 calidad.

Otra consideración clave es el mantenimiento óptimo del pH ruminal (por encima de 5,8) y la tasa de pasaje de alimentos (5 a 8% por hora). Un raigrás de alta calidad se puede degradar de 9 a 14% por hora.

Si las fuentes de almidón se vuelven solubles rápidamente, pueden conllevar a una acidosis ruminal que reduce el contenido de proteína y grasa láctea, baja la producción de leche y conlleva a riesgos para la salud del animal (acidosis ruminal subaguda - ARS, laminitis de las pezuñas y 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).

▶ Azúcares como las melazas y la pulpa de los cítricos tienen una rápida liberación de energía en el rumen, pero aumentan el riesgo de ARS.

**Recomendación:** 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 dependerá de la fuente y su proceso. Cebada y trigo son más rápidos para fermentarse que el maíz o el sorgo.

La molienda fina de granos (por debajo de 1.000 micrones) puede incrementar la tasa de fermentación, pero puede producir ARS.

**Recomendación:** limitar el nivel de almidones totales de 15 a 25% de la ración total.

▶ 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 frijol soya se recomiendan como fuentes de fibra degradable ruminal. La tasa de degradación de la fibra proporciona al rumen, favorablemente, AGV y un pH ruminal estable.

**Recomendación:** Tener como objetivo del 8 al 13% de fibra soluble en el total de la ración en materia seca.

▶ 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 (la FDN está relacionada con factores de llenado), reduce el riesgo de ARS y mantiene la salud ruminal y el crecimiento microbial.

**Recomendación:** tener como objetivo del 32 al 38% de FDN.

▶ Fibra efectiva en el rumen (eFDN o fibra detergente neutro efectiva) 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 (*buffer* ruminal producido por la vaca) para una óptima salud y productividad ruminal, y se mantiene el pH del rumen cercano a 6,25.

**Recomendación:** proveer 2 kilos de fibra larga (por encima de 18 milímetros) proveniente desde ensilaje de maíz, heno o henolaje. Si se utiliza paja, limitar la cantidad a 1 kilo por vaca al día, debido a su bajo valor nutritivo y reducida tasa de pasaje.

Algunas consideraciones se deben tener en cuenta en la formación de la proteína cuando la producción de

leche está por encima de 25 litros diarios. Para lograr altos niveles de PNDR, se debe adicionar granos de destilería, harina de gluten de maíz, harina de torta de soya tratada con calor, harina de torta de soya o granos de cervecería, estos elementos pueden ser fuente de aminoácidos como PNDR. Además, se requiere tener cuidado con su balance. Por ejemplo, los subproductos de maíz son altos en metionina, mientras que los productos de soya son altos en lisina. Adicionando metionina y lisina a las raciones para vacas por encima de 35 litros diarios, se puede incrementar la proteína láctea y la producción de leche.

Una ración total parcialmente mezclada (pTMR: *partial total mixed ratio*) es un sistema de alimentación que puede complementar las pasturas mientras que incrementa 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 (las plantas procesadoras bonifican para obtener más eFDN), maíz o granos de cebada, proteína de soya tratada con calor (fuente de PDNR),

Raza	Grasa	Proteína	Relación Grasa / Proteína
	----- (%) -----		
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

**Tabla 3.**

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

minerales y aditivos (bicarbonato de sodio, monensina y productos de levadura).

## Oportunidades para evaluar en la finca la proteína láctea

Al entender la relación entre la grasa y la proteína en la leche, se pueden descubrir las oportunidades que se tienen para conseguir sus componentes (**Tabla 3**).

Si el porcentaje de proteína cruda con respecto al porcentaje de grasa es menor a 0,75 ó 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 (vacas de alta producción comparadas con las de baja), número de partos o lactancia (vacas primíparas compa-

radas con vacas maduras), días en leche (vacas por debajo de 100 días en ordeño y vacas por encima de 200 días en ordeño, por ejemplo) 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:

- ▶ Analice las estadísticas de los registros para determinar los niveles de proteína cruda en la dieta (16,5 a 17%), PDR (65% del total de la proteína cruda), PNDR (35% del total de proteína cruda) y la proteína soluble (33% del total de la proteína cruda).
- ▶ Analice los almidones (del 15 a 25% de la ración de materia seca) y azúcares (6 al 8% del total de materia seca).

La firmeza de las boñigas puede ser un indicador de

escasez de nitrógeno (baja proteína en el balanceo de la dieta). La calificación del aspecto de la materia fecal se fundamenta en el siguiente sistema:

**1:** cuando es aguada, situación indeseable.

**3:** 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.

Los hatos pueden tener diferentes niveles de MUN dependiendo de su ración y su programa de alimentación, la relaciones entre el tiempo de alimentación y el tiempo de ordeño, sistemas de alimentación (ración parcialmente mezclada, componentes nutricionales o sistemas en pastoreo) y los patrones de alimentación de las vacas.

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, definir cuáles cambios de alimentación están causando este incremento.

▶ Monitorear semanalmente los promedios del tanque de leche para reducir la variación día a día.

▶ 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 8 a 10 vacas por grupo, para calcular un valor verdadero del MUN. El estrés calórico puede contribuir a incrementar los valores de MUN en 2 ó 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 ensilaje de maíz procesado (sin la presencia de granos enteros) puede mejorar la fermentación y disponibilidad de almidones en el rumen, disminuyendo el MUN. El ensilaje

de maíz fresco, al tener bajos niveles de carbohidratos fermentables (menos almidones disponibles), eleva 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 comparados con granos de soya crudos, por ejemplo) puede disminuir los valores de MUN.

Existen 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. 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).

▶ Menor cantidad de desórdenes metabólicos como "hígado graso" y la conversión de amoniaco a urea en el hígado.

▶ Aumenta 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. Cuando se proveen 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.

## Conclusiones

▶ El aumentar el contenido de proteína láctea puede incrementar el valor de la

leche de 30 a 50 centavos de dólar por 45 kilos, en los Estados Unidos.

▶ Se deben seleccionar suplementos proteicos según las necesidades de aminoácidos y los aspectos económicos.

▶ Si los niveles del MUN están bajo 7 y sobre 16 miligramos por decilitros, los valores en el hato pueden no ser los óptimos.

▶ El balanceo de aminoácidos, utilizando modelos sistematizados, puede ayudar a reducir los niveles de proteína cruda a la vez que se 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. 177-184.

Hutjens, M.F. (2008a). *Building on milk protein*. Ponencia presentada en Four State Dairy Nutrition and Management Conf. Proc. 103-105.

Hutjens, M.F. (2008b). *Feeding guide*. Atkinson: Hoards and Sons Publishing.

Muller, L.D. & Holden. L.D. (1994). *Nutritional consideration and limitations with grazing*. Ponencia 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 septiembre de: [www.spartandairy.msu.edu](http://www.spartandairy.msu.edu)