

## *Estrategias Nutricionales para Manipular la Proteína de la Leche*

*Pedro Melendez, MV, MS, PhD  
College of Veterinary Medicine  
Universidad de Missouri, EEUU*

El 95% de la proteína de la leche es proteína verdadera, el restante 5% es nitrógeno no proteico, principalmente nitrógeno ureico (urea). De la proteína verdadera, el 78% es “caseína”, la que se relaciona directamente con el rendimiento en la producción de quesos. Los factores nutricionales que impactan el contenido de la proteína láctea y que han recibido mayor atención durante los últimos 25 años son la relación forraje : concentrado de la dieta, la cantidad y calidad de la proteína de la dieta y la cantidad y calidad de la grasa de la dieta. No obstante, hay que diferenciar entre aquellas respuestas que afectan el % de la proteína de la leche versus aquellas que afectan la producción de kilogramos de proteína total al día (función del % de proteína y los litros totales de leche producido al día). Generalmente ocurre que los cambios dietarios que tienen un impacto positivo en la producción de leche y de proteína causan a su vez un efecto negativo en el % de proteína láctea. La meta en la mayoría de los casos es incrementar el contenido proteico de la leche mientras se mantiene o incrementa la producción de leche.

En la mayoría de los casos, reduciendo el % de forraje en la dieta incrementa tanto el % como la cantidad de proteína producida en la leche. Tanto el contenido como la calidad de la proteína dietaria también impactan la producción y el % de proteína de la leche, pero el efecto no es tan dramático como uno esperaría. La proteína que alcanza el intestino delgado de la vaca, se le denomina proteína metabolizable. Es un 80% digestible, vale decir por cada 100 g de proteína que alcanza el intestino 80% es absorbida en forma de aminoácidos (unidades estructurales de las proteínas, así como los ladrillos son los aminoácidos de una muralla). Así, la proteína metabolizable o sus aminoácidos son usados por la vaca para sintetizar sus propias proteínas para los procesos de mantención, preñez, lactancia, y crecimiento. No obstante, existen algunos aminoácidos que son limitantes y se consideran esenciales para el animal, donde encontramos los más limitantes: la LISINA y METIONINA. De este modo, algunos alimentos se clasifican según la disponibilidad de estos 2 aminoácidos. A modo de ejemplo, el maíz y sus derivados son bajos en lisina. El poroto soya y algunas proteínas animales son bajos en metionina. Es por esto, que se ha visto que la producción de leche responde positivamente a la suplementación de los aminoácidos llamados

lisina y metionina, especialmente relacionado al contenido y % de proteína de la leche (caseína). Esto puede ser una gran ventaja para aquellos productores que se dedican a la elaboración de quesos y subproductos de la leche. Los aumentos en producción de leche son más evidentes durante la lactancia temprana y las respuestas son mayores cuando la proteína cruda es entre 14 y 18%. La lisina y metionina se pueden suplementar a través de insumos proteicos ricos en estos aminoácidos (harina de pescado rica en ambos aminoácidos, soya que es rica en lisina y gluten meal que es rico en metionina) o productos comerciales del tipo aditivos que contienen estos aminoácidos.

La suplementación de grasa dietaria tiene un impacto negativo sobre la proteína de la leche, por lo tanto el uso de grasa en la alimentación de la vaca lechera debe ser usada racionalmente y con precaución, sobre todo en aquellos predios dedicados a la producción de queso.

En la medida que el sistema de pago de la leche sea relacionada al contenido de los sólidos se hace fundamental el manejo nutricional y alimentario de la vaca lechera que ayude a modificar en forma positiva el contenido de sólidos de la leche.

## **Genética**

Las características más heredables relacionadas al ganado bovino lechero son los porcentajes de proteína y grasa siendo las de menor heredabilidad las características relacionadas a la fertilidad. La heredabilidad de la grasa y la proteína de la leche en kilogramos producidos es de 0,30 respectivamente. Vale decir en términos simples, el 30% de la producción de grasa y proteína en la leche (kilogramos) se explica por la genética, y el restante 70% por el ambiente (nutrición, confort, temperatura y humedad del ambiente, etc.).

Uno de los conceptos importantes de entender cuando hablamos de selección genética es la correlación que existe entre las diferentes características. Correlación genética nos dice cómo un par de características co-varían o cambian al mismo tiempo. Cuando la correlación genética es cercana a cero significa que un grupo diferente de genes controla cada característica y la selección por una característica tendrá un mínimo efecto sobre la otra. Sin embargo, cuando la correlación genética es distinta de cero significa que un mismo grupo de genes afecta ambas características. Así, la selección por una característica va a incrementar la otra característica si la correlación es (+) o va a disminuir la otra característica si la correlación (-).

Muchas características se han combinado en índices de selección. Uno de ellos es el llamado “Merito Neto” que fue introducido en Agosto del año 2000. Las características del “Merito Neto” son controladas por varios genes en común, por lo tanto son características correlacionadas genéticamente. Tal correlación es la responsable de ubres más profundas o la inserción abierta de pezones frontales en vacas de mayor producción. Una respuesta correlacionada a la selección por mayor producción de leche es también responsable por el aumento en el consumo de materia seca de vacas contemporáneas comparado a vacas de hace 40 años atrás.

Los índices de “Merito” son herramientas para seleccionar toros de razas lecheras los cuales combinan evaluaciones genéticas para producción, salud, estructuras corporales y fertilidad. Estos índices se diseñaron para mejorar el rendimiento económico de futuras vacas lecheras. Las diferencias en el sistema de precios de los productos lácteos en EEUU han resultado en la creación de 3 tipos de índices de “Merito”. Estos son el “Merito Neto”, “Merito de Leche” y el “Merito de Queso”. Los 3 índices consideran los costos de producción también como los ingresos asociados con el mejoramiento genético bajo las condiciones del índice y del mercado. Así el “Merito Neto” se diseñó para productores que comercializan sus productos en mercados que pagan bonos por proteína. El “Merito de Leche” se diseñó para productores que comercializan su leche en mercados donde no se paga por proteína. Finalmente el “Merito de Queso” se diseñó para productores que comercializan su leche con plantas queseras. Los índices se expresan como el ingreso neto en el tiempo de vida del animal en dólares (ingresos menos costos) esperado para las hijas de un toro, relativo a la base genética, la cual es cero para una vaca promedio dentro de cada raza nacida en el 2000.

El énfasis en proteína, grasa y leche ha ido disminuyendo en las diferentes versiones de los índices de mérito a través del tiempo. Así la importancia relativa de proteína y grasa en conjunto para el mérito neto ha ido desde un 62% en el 2000 a un 55% en el 2003 a un 46% en el 2006. Esta disminución refleja como el valor marginal en producción adicional de leche ha disminuido relativo a los costos de mantener la salud y la fertilidad de las mismas vacas que producen leche en forma considerable. Por ejemplo, la selección para una mayor producción de leche (la cual incrementa el ingreso) también aumenta el score de células somáticas y disminuye la fertilidad, ambos incrementando los costos de mantener aquella vaca en producción. En general, el progreso genético en cada característica del “merito neto” no es fácil de predecir, considerando solo los énfasis en porcentajes. Por ejemplo, la leche recibe “cero” énfasis en el “merito neto” pero se espera que incremente

en casi 1000 kg de leche en la población Holstein después de un periodo de 10 años. Esto se debe a que la leche, la proteína y la grasa están controlados por mucho de los mismos genes y la selección que incrementa los kilogramos de proteína y grasa, automáticamente incrementarán la producción de leche. Es por esto que si se selecciona por sólidos en base al índice de mérito neto, indirectamente la producción de leche aumentará en el tiempo. Si se selecciona por índice de queso, el impacto sobre la proteína será mayor en el tiempo. No obstante, si la nutrición y el ambiente no es el óptimo, la expresión de estas características se verán mermadas.

## **Ambiente**

La genética no expresa su óptimo si no se le da el ambiente adecuado, incluyendo la nutrición. Es por esto que otras variables medioambientales más allá del manejo alimentario son importantes de considerar. El bienestar animal es uno de los tópicos de moda hoy en día donde los aspectos de un buen alojamiento, adecuado espacio de comederos, sombra, piso, densidad animal, calidad y disponibilidad de agua por nombrar algunos juegan un rol fundamental en la máxima expresión de la producción de leche junto a la producción de sólidos. Una vaca enferma (cojera, mastitis) o una vaca con estrés (exceso de calor, ambiente de maltrato animal, etc.) o una vaca que no tiene un descanso mínimo de estar echada 10 a 12 horas en forma comfortable rumiando no va a producir ni la leche ni los sólidos esperados. Es por esto que el manejo ambiental es parte fundamental para expresar la genética potencial en que el productor ha invertido. Debemos recordar que la genética, en cuanto a los sólidos, explica solo un 30% de la variación observada y el restante 70% es explicado por el manejo ambiental.

## **Como modificar la composición de la Leche**

Desde los años 80 se ha establecido que manipular la composición de la leche tiene una serie de oportunidades pero también restricciones. El componente más sensible de modificar a través de la manipulación dietaria ha sido la grasa láctea. Sin embargo, es claro que el contenido de lactosa no puede ser modificada a través de la manipulación dietaria, excepto bajo condiciones extremas e inusuales de alimentación. La proteína tiene un patrón intermedio de modificación entre la grasa y la lactosa. En este contexto, entre los años 1980 y 2005 se han visto esfuerzos evidentes en tratar de modificar la composición de la leche y los mayores logros se han visto en el porcentaje de materia grasa y la composición de sus ácidos grasos.

Una serie de factores influyen la composición final de la leche los que incluyen la genética, la raza animal, el ambiente, el estado de la lactancia, el número de lactancia y la nutrición de la vaca, todos factores que trabajan en conjunto para determinar la composición final de la leche.

### *PROTEINA DE LA LECHE*

Las fracciones nitrogenadas de la leche se pueden dividir en forma general en 3 categorías: caseína, suero y nitrógeno no proteico (NNP). La caseína abarca cerca del 78% de todo el nitrógeno de la leche y es una proteína de un excelente valor biológico debido a la composición de sus aminoácidos. El nitrógeno del suero alcanza cerca del 17% y el NNP el 5%. La elaboración del queso, su estructura y maduración y su rendimiento dependen directamente del contenido de caseína de la leche y por ende, lo que se busca en la nutrición lechera es optimizar la producción de proteína de la leche, con especial énfasis en la producción de caseína o proteína verdadera.

Dentro de los factores nutricionales a mencionar que influyen el contenido de proteína de la leche están la relación forraje:concentrado, la cantidad y calidad de la proteína de la dieta y la cantidad y calidad de la grasa dietaria.

Es importante hacer la distinción entre aquellos factores que afectan el porcentaje de proteína de la leche versus de aquellos que afectan la producción bruta de proteína de la leche en kilogramos de proteína. Muchas veces ocurre que los cambios dietarios tienen un impacto positivo sobre la producción total de leche y kilogramos de proteína producidos por la vaca pero tienen un impacto negativo sobre el % de proteína de la leche. Por lo tanto, lo que se busca es incrementar el % de proteína de la leche mientras se mantiene o incrementa el nivel de producción de leche.

#### *Relación forraje:concentrado*

En la mayoría de los casos, reduciendo la proporción de forraje en la dieta de vacas lecheras incrementa tanto el contenido de proteína en % y en kilogramos. El contenido de proteína puede incrementar en 0,4% o más si la proporción de forraje en la dieta se reduce a 10% o menos en base materia seca. Debido a que una concentración mínima de forraje se requiere (no menos de un 40%) para evitar trastornos digestivos y metabólicos, reducir la relación forraje:concentrado no es un método práctico que consistentemente incremente el contenido de proteína en la leche. El punto en cuestión es saber si el exceso de forraje es una causal primaria en la depresión de proteína en la

leche o es debido a una disminución en el consumo total de energía cuando la dieta es muy rica en forrajes.

Al incrementar los granos de cereales en la dieta se produce una mayor cantidad de ácido propionico en el rumen y por ende un aumento en los niveles de insulina. Además, en conjunto con un aporte de proteína de muy buena calidad se demostró un incremento en el % de proteína de la leche en un 10% y un incremento en la producción total de proteína en kilogramos en un 28%. Esto se explica porque dietas ricas en almidón y otros carbohidratos de rápida fermentación llevan a una mayor producción de ácido propionico y proteína microbiana en el rumen, que conlleva a la vaca a producir más kilogramos de leche y de proteína láctea.

#### *Cantidad y calidad de la proteína dietaria*

A diferencia del factor relación forraje:concentrado de la dieta, los efectos de la cantidad y calidad de la proteína de la dieta sobre el contenido de la proteína de la leche ha sido extensivamente estudiado. Sin embargo, prontamente fue esclarecido que cambios dramáticos tanto en la cantidad como en la calidad de la proteína produjo modestos cambios en el contenido de proteína de la leche.

#### *Cantidad y tipo de Grasa*

Al estudiarse las grasas como fuente de energía para la producción de leche de las vacas lecheras, también se observó que la suplementación de grasas indujo una disminución en el contenido de proteína de la leche. Como resultado, el uso de grasa como fuente de suplemento dietario tiene que ser limitado en aquellos mercados donde se paga bonificación en forma considerable por el contenido de proteína de la leche. En promedio, el contenido de proteína de la leche declina en un 0,03% por cada 100 gramos de consumo de grasas de suplemento o cerca de un 0,1 a 0,3% para los niveles más típicos de suplementación de grasas de sobrepaso. Cuando las grasas de sobrepaso son suplementadas en dietas de vacas lecheras, el % de caseína es la fracción proteica que más se afecta en forma negativa del total de los componentes proteicos de la leche. Los efectos de las grasas en la fracción proteica del suero han sido más inconsistentes y en general el nitrógeno no proteico aumenta. No obstante, debido a que las grasas de sobrepaso incrementan la producción de leche cuando son apropiadamente utilizadas, la producción total de proteína en la leche permanece constante o incluso incrementa a pesar de que el % de proteína en la leche puede declinar. Una explicación parcial a este

efecto negativo que tienen las grasas de sobrepaso sobre el % de proteína de la leche es que los ácidos grasos elevados en sangre deprimen la liberación de somatotrofina (hormona de crecimiento) la cual reduce la extracción de aminoácidos de la sangre por parte de la glándula mamaria. Otra hipótesis a este efecto negativo que tiene las grasas de sobrepaso sería a que estos suplementos reducirían el flujo de sangre (7%) hacia la glándula mamaria, previniéndose así la extracción eficiente de aminoácidos desde la sangre. Sin embargo, la mayor producción en volumen de leche incrementaría debido a una menor síntesis de grasa en la glándula mamaria, un menor uso de acetato para producción de energía y por ende una mayor cantidad de glucosa disponible para la formación de lactosa (azúcar de la leche) y por ende una mayor síntesis de volumen de leche.

### **Perspectivas futuras**

Mientras el precio de la leche esté íntimamente asociado al contenido de sus componentes, los productores deberían continuar mirando en la nutrición de su rebaño como un medio eficaz para modificar la composición de la leche a un óptimo que conlleve a un máximo retorno económico. A medida que conozcamos más sobre el genoma de la vaca lechera se irán abriendo nuevas oportunidades para manipular genéticamente el contenido de los sólidos de la leche o desarrollar líneas de vacas que produzcan un tipo de leche con una composición específica. En este contexto, la nutrición de la vaca lechera va a permanecer como un pilar fundamental en la expresión de las modificaciones genéticas potenciales. La gran oportunidad que se tiene en el horizonte a corto y mediano plazo en manipular la composición de la leche se redirigirá en usar la leche como un medio de transporte y entrega de compuestos químicos (nutraceuticos) que van a mejorar la salud humana y combatir enfermedades clínicas tales como la obesidad, intolerancia a la lactosa u osteoporosis. El perfil de ácidos grasos de la leche y su modificación estratégica va a continuar recibiendo atención en el corto plazo ya que es un reservorio único para mucho de los isómeros *trans* que se originan en el rumen y de muchos más por conocer. Por otro lado, incrementando ciertas proteínas específicas en la leche para mejorar la salud humana también van a ser áreas de mucha exploración científica, pero debido a que la modificación de las proteínas de la leche son menos evidentes a los cambios de la dieta a diferencia de la grasa de la leche, la manipulación del contenido de la proteína láctea a nivel de la planta procesadora y en el área de ingeniería de los alimentos va a jugar un rol fundamental.