MANEJO NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE. EL DESAFIO DE INCREMENTAR LOS SÓLIDOS TOTALES EN LA LECHE. UNA NECESIDAD DE CORTO PLAZO

Ing. Agrónomo M.S. Sr. Héctor Manterola B.
Universidad de Chile.

INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial en la actualidad es a producir una leche más concentrada, especialmente en la fracción proteica y minerales y menos en la fracción lipídica. Chile no escapa a esta tendencia y ya se están observando algunas señales claras en las pautas de pago de las empresas lácteas, otorgando incentivos a proteínas y grasas. El desafío es grande ya que se confrontan dos grandes enfoques: o producir más volumen de leche ya sea individual o por hectárea o producir más sólidos totales por vaca o por hectárea. El incremento en volumen de leche por animal, normalmente lleva aparejado una disminución de los sólidos totales, aun cuando al término de la lactancia, el total de kilos de proteína y grasa puedan ser superiores si se compara con vacas de menor producción pero con leche más concentrada. Por otra parte, la composición de la leche está siendo afectada constantemente por factores tanto endógenos como exógenos que determinan día a día su composición. Muchos de estos factores son poco controlables, sin embargo en el caso de la nutrición y alimentación es factible lograr efectos significativos, principalmente en la concentración de lípidos, ya que la concentración de proteínas es más difícil modificarla. El presente documento tiene por objetivo dar antecedentes sobre aquellos componentes de le leche que son modificables por acción de distintos manejos y presentar algunas cifras de incremento de ellos.

CONSTITUYENTES DE LA LECHE Y SU RELATIVA ESTABILIDAD

La leche vacuna está constituida en promedio por 87% de agua y 13% de llamados sólidos lácteos, porcentajes que varían según la raza, etapa de lactancia, manejo nutricional y muchos otros factores. Dentro de los sólidos lácteos se encuentran:

Proteínas: pueden fluctuar entre 3 y hasta 4% y comprende no sólo a fracción proteica verdadera sino también la no proteica constituida por urea y amoníaco. La proteína verdadera está constituida a su vez por cantidades variables de distintos tipos de caseína (alfa-1, alfa-2, beta-2 y kappa) y lactoalbúminas que pueden representar entre 15 a 20% de las proteínas. La fracción proteica verdadera es alta al inicio de la lactancia especialmente en la fase calostral, para ir disminuyendo hasta los 40 a 60 días, que corresponde al incremento en el volumen o "peak" de lactancia. En las fases siguientes aumenta gradualmente hasta llegar a su máximo en la tercera fase de lactancia. (Fig. 1). La fracción nitrogenada no proteica, principalmente la urea varía en función de la movilización de aminoácidos del tejido muscular, en la primera fase y de la cantidad de proteína soluble y nivel de carbohidratos no estructurales en la dieta.

Lípidos. Constituye la fracción energética de la leche y al mismo tiempo es la más variable y la más fácil de modificar tanto en concentración como en composición. El 99% de los lípidos se encuentra en forma de triglicéridos y el resto como fosfo-lípidos,

glicolípidos, colesterol, ácidos grasos libres, esteroles y vitaminas liposolubles. Los principales ácidos grasos constituyentes poseen entre 4 y 18 carbonos, siendo más abundante el mirístico (C14), palmítico (C16), oleico (C18-1) y linoleico (C18-2). El triglicérido más importante es el 1,2 dipalmitil-3 butiroil glicérido. Al igual que en la proteína, está en alta concentración al inicio de la lactancia, para disminuir durante el peak y luego ir aumentando su concentración a medida que avanza la lactancia. En la segunda y tercera fase de lactancia es donde es más factible variar nutricionalmente las concentraciones de grasa, ya que en la primera etapa, un alto porcentaje de ella proviene de la movilización de grasa del tejido adiposo. (Fig.1).

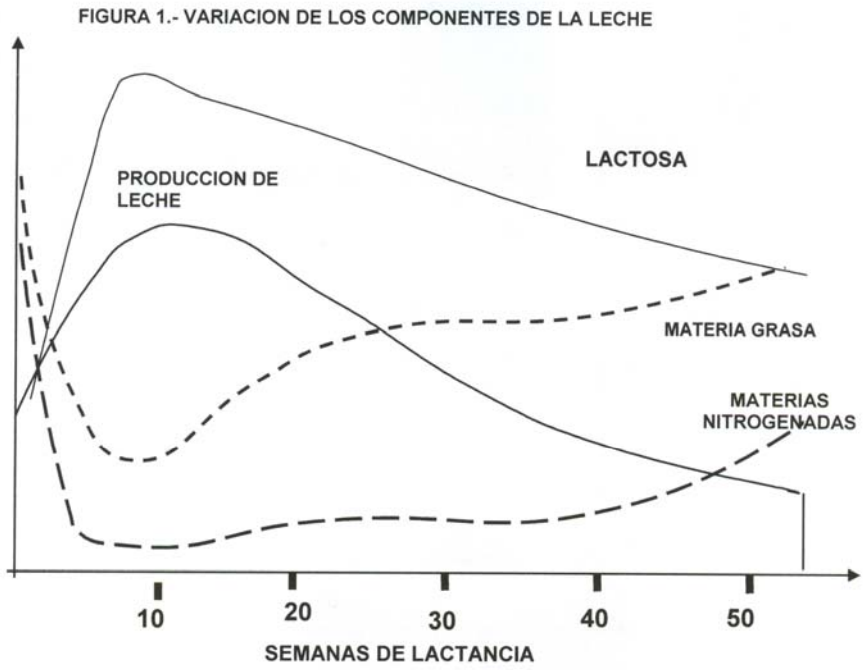

Figura 1.- Variación de los componentes de la leche.

Lactosa: Es un disacárido compuesto por una molécula de glucosa y una de galactosa. Su concentración tiende a ser relativamente independiente de la dieta y es el principal agente osmolar de la leche, facilitando el flujo desde el interior de la célula secretora a los alvéolos. Por ello, su concentración va relativamente paralela a los volúmenes emitidos y además está estrechamente correlacionada con los niveles de sodio, cloro y potasio, que también tienen un rol osmolar. A medida que aumenta la concentración, inmediatamente se produce un mayor volumen, por lo que su concentración se mantiene estable. Como su sustrato original es el ácido propiónico en rumen, al aumentar el porcentaje de concentrados, se aumenta la cantidad de lactosa y por lo tanto hay una respuesta en mayor volumen de leche. (Fig. 1).

Componentes inorgánicos. Constituyen el principal aporte mineral de la leche, especialmente calcio, fósforo y magnesio, los cuales se encuentran asociados a las caseínas, por lo que precipitan conjuntamente con ellas. El potasio, sodio y cloro, son fundamentales para la osmolaridad, por lo que están en estrecha relación con la lactosa. Estos elementos provienen directamente de la sangre por lo que no es posible su modificación, ya que son absorbidos por las células por gradiente de concentración.

FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Existe una gran diversidad de factores que determinan la concentración de cada uno de los componentes de los sólidos totales de la leche, factores que pueden agruparse en endógenos (raza, biotipo, edad, etapa de lactancia, estado nutricional interno) y exógenos (medio ambiente en que está el animal, que involucra clima, nutrición-alimentación, manejo zootécnico, manejo sanitario, etc.)

Es importante analizar brevemente como actúan cada uno de ellos con el fin de comprender hasta que punto se pueden manejar para variar la composición de la leche.

Factores endógenos:

Raza y biotipo: Existen grandes diferencias entre razas y algo menores en los biotipos de cada raza, en cuanto a concentración de sólidos totales y por supuesto en cuanto a volúmenes producidos. Es así que razas como la Holstein Friesian se caracteriza por altos volúmenes de producción, pero bajos contenidos de sólidos totales, si se la compara con la Jersey. La cruza de J x H produce concentraciones intermedias y volúmenes mayores a Jersey puro, pero inferiores a Holstein. (Cuadro 1)

Cuadro 1.- Comparación del contenido de diferentes constituyentes de leche en tres razas

Nutriente (%)	Holstein	Jersey	J x H
Grasa	3,4	5,2	4,9
Proteína	3,2	3,9	3,6
Lactosa	4,1	4,3	4,2

Dentro de la raza Holstein, hay biotipos como el Holstein Neocelandés, que fue seleccionado para una mayor aptitud de pastoreo y un menor tamaño, con volúmenes de producción inferiores al Friesian, pero con mayor concentración de sólidos totales. A la hora de tomar decisiones, es necesario tener en cuenta que el Holstein puede ser más eficiente en la producción de litros por hectárea, pero el Jersey o la cruza, será más eficiente en la producción de kilos de sólidos por hectárea.

Edad: La edad constituye un factor poco importante si la tasa de reposición es normal. Tiene un mayor efecto sobre el volumen de producción y a través de este sobre el contenido de sólidos totales. La lactosa desciende a razón de 0,13% entre los 2 a 4 años; 0,14% entre 4 y 6 años y 0,25% entre 6 y 8 años.

Etapa de lactancia: Es un factor que no siempre es tomado en cuenta ya que a la hora de formular raciones o establecer un manejo alimenticio, se toma en cuenta el promedio de concentración de grasa y proteína. Estos dos componentes varían como ya se dijo a través de la lactancia (Fig. 1) por lo que también varían los kilos/día de producción (Cuadro 2)

Cuadro 2.- Variación de los contenidos de grasa y proteína.

	Al peak	A 100 días	A 200 días	A 250 días
Kg leche/día	40	35	25	20
% de grasa	3.2	3.4	4.1	4.7
Kg/día grasa	1.3	1.2	1.0	0.9
% de proteína	3.2	3.1	3.2	3.4
Kg/día proteína	1.2	1.0	0.8	0.7

Estado sanitario. Estados febriles pueden reducir tanto el flujo como la concentración de sólidos ya que el organismo deriva energía y proteínas a producir proteínas plasmáticas y anticuerpos. En la glándula mamaria, una mastitis ya sea clínica o subclínica afecta la composición de la leche, ya que afecta la permeabilidad de la membrana celular de las células secretoras, disminuyendo el contenido de lactosa y potasio y aumentando el de sodio y cloro. Otro ejemplo se refiere a la enfermedad metabólica llamada acidósis ruminal que provocará el síndrome de "caída de grasa" y la cetosis que provoca un descenso en la proteína láctea.

Nivel hormonal: Dentro de las diferentes hormonas relacionadas, la que mayor importancia cobra es la relación Insulina/Hormona del crecimiento (Somatotrofina) relación que determina la partición de los nutrientes absorbidos en el rumen e intestino hacia los distintos tejidos. Al inicio esta relación es baja por lo que se privilegia la remoción de reservas hacia la glándula mamaria; posteriormente va aumentando con el avance de la lactancia, por lo que los flujos van siendo en parte derivados hacia los tejidos de depósito. (Fig.2)

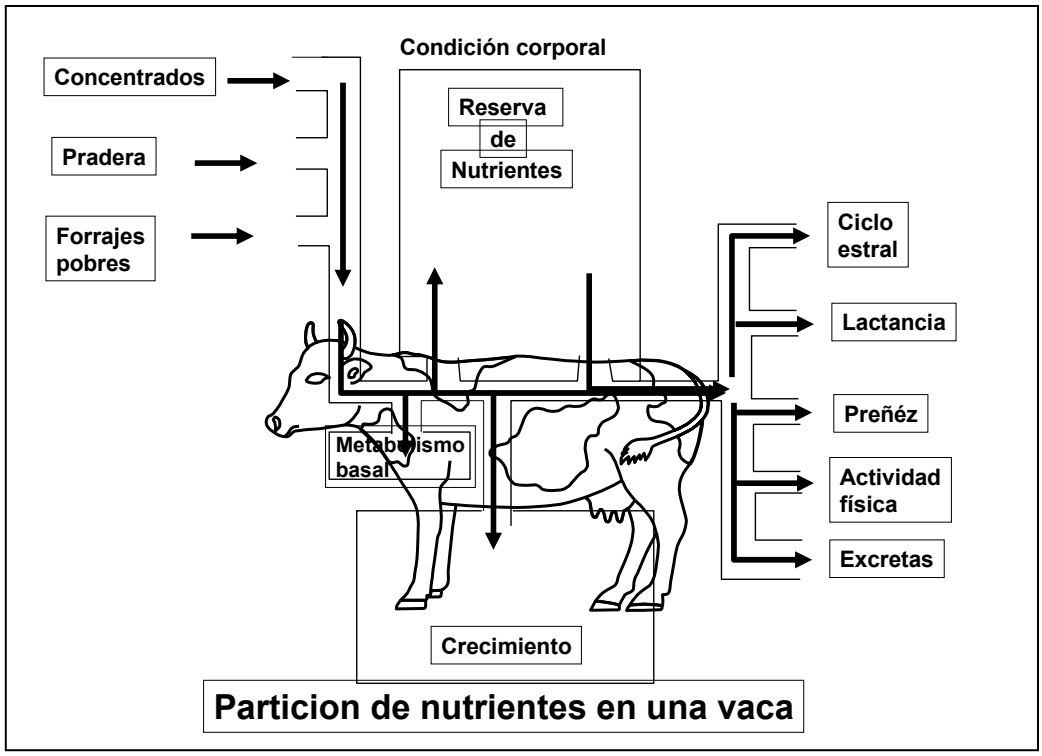

Figura 2.- Partición de los nutrientes en una vaca.

Factores exógenos:

Factor climático: temperaturas altas tienen un efecto indirecto, ya que afectan el consumo de materia seca, especialmente de fibra por lo que cambian los patrones fermentativos alterándose la relación C2/C3 y provocando una reducción del volumen de leche y de la concentración de grasa. Además, se produce una disminución de la síntesis proteica ruminal que deriva en un menor aporte de proteína, lo que a su vez provoca una disminución de la concentración de proteína en la leche. Temperaturas bajas, especialmente bajo cero, aumentan el costo de mantención disminuyendo el aporte de energía a la glándula mamaria.

Factor manejo alimenticio: Dependiendo de la etapa de lactancia, el manejo alimenticio puede afectar significativamente tanto el volumen como la concentración de nutrientes en la leche. Durante la primera fase de lactancia y hasta el término del peak la mayor parte de los nutrientes de la leche provienen de la movilización de reservas de los tejidos de depósito (adiposo y muscular) lo cual sumado a la reducción del consumo por efectos de la gestación previa, provoca balances negativos tanto de energía como de proteínas (Fig. 3).

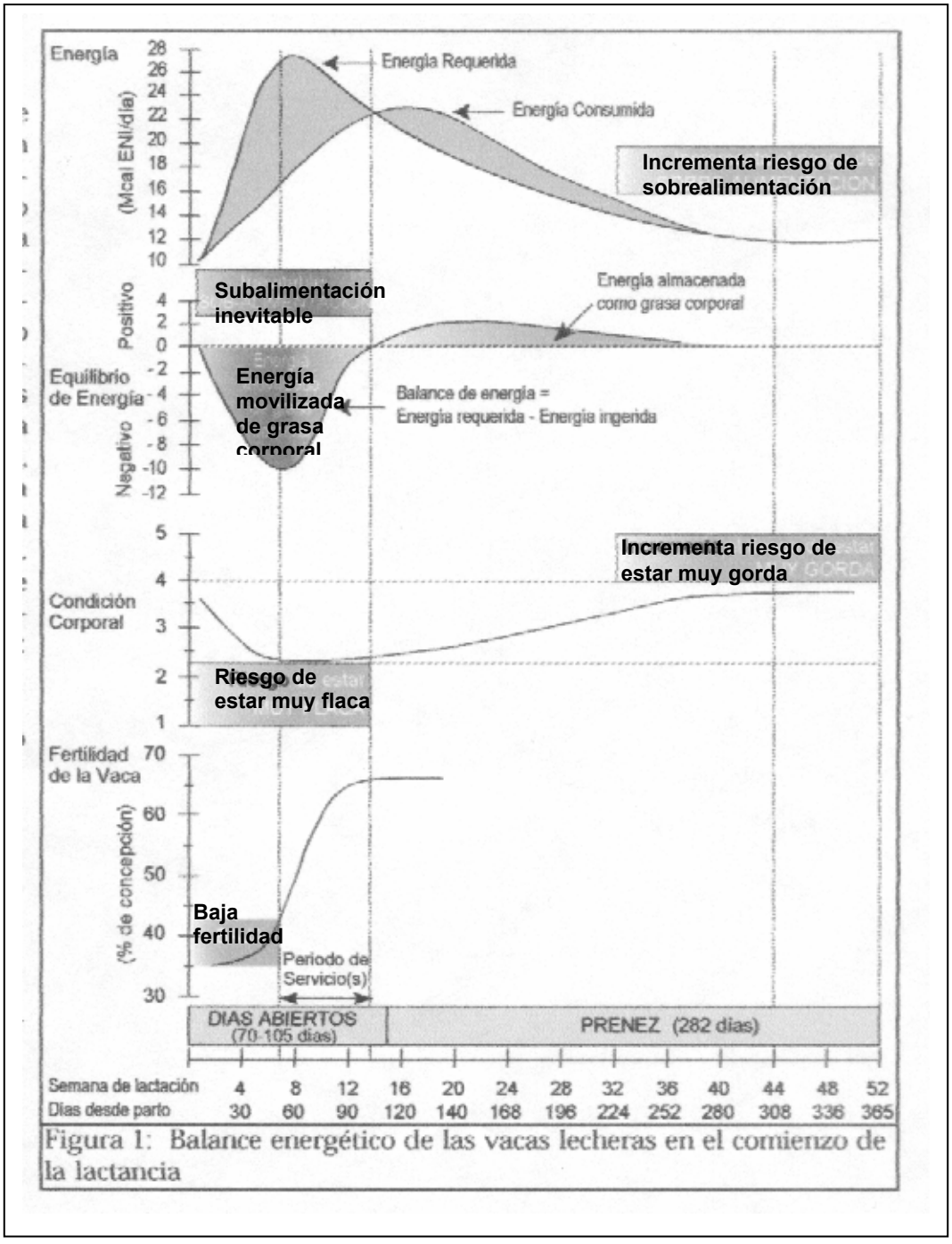

Figura 1: Balance energético de las vacas lecheras en el comienzo de la lactancia

Figura 3.- Balances energéticos de las vacas lecheras durante la lactancia.

Durante esta fase, como el consumo es limitado, se puede lograr un mayor impacto en los sólidos, utilizando concentrados tanto energéticos como proteicos y dentro de estos, con un alto porcentaje de proteína sobrepasante.

Durante la segunda y tercera etapa, es donde más se puede lograr modificar las concentraciones de sólidos totales, con manejo alimenticio adecuado. Es necesario tener en cuenta que el consumo se ha restablecido a su nivel normal, las relaciones hormonales han cambiado y por lo tanto una parte de los flujos de nutrientes empiezan a derivarse hacia los tejidos de depósito. En estas fases el manejo nutricional y

alimenticio cobra importancia ya que permite mantener una mejor persistencia de la lactancia y aumentar los contenidos de grasa y secundariamente proteína. El manejo nutricional durante el período seco y de preparto tiene una gran influencia sobre el volumen y concentración de nutrientes en la primera fase de lactancia, justamente por las altas movilizaciones de reservas que se producen en esa fase. Por ello, la condición corporal que debe alcanzar la vaca en los 60 días post seca debe ser la adecuada, pero no alta, ya que provocaría cetonemia en la primera fase de lactancia y habría una baja significativa de la proteína láctea.

Manejo zootécnico: El manejo durante la ordeña y en general durante la lactancia tiene un importante efecto tanto en los volúmenes como en las concentraciones de sólidos totales. Al alterarse la rutina de ordeño o provocar stress en ese momento, determina en el animal, descargas de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) que redirigen los flujos de nutrientes, afectando tanto el volumen como concentración de nutrientes.

MANEJOS NUTRICIONALES PARA MODIFICAR LOS CONSTITUYENTES DE LA LECHE

Modificación del contenido graso: El contenido graso de la leche, puede variar hasta en tres unidades según la ración, especialmente en el período post peak de lactancia. Como gran parte de los precursores utilizados por la glándula mamaria para síntesis de los ácidos grasos se originan en el rumen, por fermentación de los alimentos, cualquier modificación a este proceso afecta directamente la concentración de grasa en la leche. Es así que una reducción en la producción de ácidos acético y butírico, unida a un incremento en la producción de ácido propiónico provocará una caída sustantiva de la grasa. Es el caso de una dieta con relación forraje/concentrado baja. En el Cuadro 3 se observa que a medida que se va aumentando la fracción concentrado en reemplazo del forraje, la fibra detergente neutro (FDN) total va disminuyendo, lo que es esperable, el tiempo de masticación se va reduciendo, el aporte tampón de saliva también disminuye, por menor rumia, el pH ruminal decae significativamente y la relación C2/C3 se va reduciendo.

La relación más favorable sería 40% Forraje/60% concentrado para lograr una relación molar C2/C3 de 2.1. Sin embargo, esta relación puede variar según el tipo de forraje y concentrado utilizado y según el plano de alimentación. La relación concentrado/forraje debe ajustarse al nivel de alimentación de los animales vale decir que si se aumenta el consumo de materia seca, se requiere mayor cantidad de forraje para mantener el porcentaje de grasa en leche. Diversos autores coinciden en que cuando se mantiene una relación F/C constante, por cada Megajoule de consumo extra, la materia grasa se reduce entre 0,03 y 0,15 unidades porcentuales. En términos generales, el aporte de FDN para mantener o incrementar el porcentaje de grasa de la leche debe ser equivalente o superior a 1,2% del peso vivo y alrededor del 75% de éste debe ser de fibra larga.

Cuadro 3.- Efecto de la relación F/C sobre parámetros ruminales.

Forraje	Concentrado	FDN	Tº.mastic.	Ap. Tampón saliva	pH rumen	Proporción
		% de MS	Min/día	Kg/dia		C2/C3

100	0	65	960	2.4	7	3.9
80	20	55	940	2.3	6.6	3.4
60	40	45	900	2.2	6.2	2.9
40	60	34	820	2.1	5.3	2.1
20	80	24	660	1.9	5.4	1.4
0	100	14	340	1.5	5.0	0.8

El aporte de carbohidratos no estructurales (CNE), los cuales provienen principalmente de cereales, provoca respuestas variadas en la producción y composición de leche. Este efecto está relacionado con la tasa de degradación ruminal y con el porcentaje de almidón sobrepasante que puede tener cada uno de ellos.

Si la fracción degradable en rumen es fermentadas muy rápidamente, se produce una baja fuerte del pH ruminal que inhibe la actividad de la flora celulolítica, reduciendo la fermentación de la fibra, lo cual determina una menor producción de acetato, alterándose la relación C2/C3, disminuyendo el contenido de grasa en leche. Otro efecto de un bajo pH ruminal es la biohidrogenación incompleta de las grasas insaturadas, lo cual lleva a la absorción de ácidos grasos de cadena larga en configuración trans a diferencia de los sintetizados en glándula mamaria que son Cis, por lo que tienen un efecto inhibidor directo de la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria. Bajo estos antecedentes, es relativamente fácil reducir o aumentar la grasa en leche, modificando la relación F/C y variando el tipo de CNE de la ración.

Cuadro 4.- Efectos de la relación F/C y del tipo de carbohidratos sobre la producción y composición de leche.

RELACION HENO/CONCENTRADO				
	" 40 : 60 "		" 10 : 90"	
	CEBADA	MAIZ	CEBADA	MAIZ
PRODUCCION DE LECHE KG/DIA	16,1	19	20,6	15,6
% GRASA	4,35	3,9	2	2,9
PRODUCCION DE GRASA GR/DIA	725	761	419	461
% PROTEINA	3,05	2,9	2,9	3,3
PRODUCCION DE PROTEINA GR/DIA	506	562	617	535
% LACTOSA	4,39	4,4	4,48	4,41
PRODUCCION DE LACTOSA GR/DIA	729	852	954	714
CONSUMO DE ALMIDON KG/DIA	4,1	4,3	5,75	6,37
ALMIDON DIGERIDO EN RUMEN %	89	72	90	67
(ADAPTADO DE SUTTON EL AL. 1980)				

Al comparar la cebada con el maíz, en una relación 40/60, se observa que el maíz produce un mayor volumen de leche, con menos concentración de grasa, sin embargo el mayor volumen compensa y el total de kilos es mayor con maíz. Lo mismo se encuentra con la proteína láctea. La lactosa no presenta diferencias en concentración. Al analizar el consumo de almidón éste es muy similar en ambos cereales, sin embargo, la cebada presenta un mayor porcentaje de almidón digerido en rumen, por lo que el maíz aporta mayor cantidad de almidón sobrepasante, que inducirá una mayor producción de lactosa.

Al aumentar el aporte de concentrado y tener una relación 10/90 la cebada provoca una mayor producción de leche, sin embargo el contenido de grasa cae fuertemente, de tal forma que con maíz se produce mayor cantidad de gramos de grasa por día. Sin embargo, con la proteína ocurre algo diferente, ya que si bien hay una menor concentración, el volumen de leche compensa esta menor concentración. Al analizar el consumo de almidón, se observa que el del maíz es superior, sin embargo la cantidad de almidón degradada en rumen en cebada es muy superior al del maíz. Esto afecta los patrones fermentativos, reduciendo la actividad celulolítica y fomentando la amilolítica, por lo que se reduce la generación de acético y aumenta la de propiónico. De todas formas, la cebada produjo algo más de sólidos totales por día que el maíz.

La adición de grasa en la dieta ha dado resultados variables sobre el contenido de grasa láctea. El uso de grasa debe tener como objetivo aumentar la concentración energética de la ración cuando se ha logrado alcanzar el máximo de inclusión de concentrados farináceos en la ración. Se ha visto que el aporte de grasa extra en la ración no origina una respuesta directa en la concentración de grasa láctea, contra lo esperado por los productores. Al aumentar el consumo de grasa, la respuesta más normal es un incremento en el volumen de leche sin variar la concentración de grasa, por lo que lo que se aumenta son los kilos diarios producidos. Es conveniente destacar una serie de elementos a considerar a la hora de adicionar grasas a las raciones:

- El pH ruminal originado por la ración utilizada, ya que si éste es bajo, se producirá una biohidrogenación incompleta de los ácidos grasos poliinsaturados y un aumento en su absorción, lo que inhibirá la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria.
- El grado de protección de la grasa: Los ácidos grasos no esterificados tienen un efecto inhibitorio directo sobre la flora celulolítica, reduciendo la fermentación de la fibra y por lo tanto la producción de acetato.
- La digestibilidad de la fibra de la ración: La fibra menos digestible se verá más negativamente afectada por la inclusión de grasas no inertes.
- El consumo de energía previo: Por efectos metabólicos, la grasa tiene un efecto de reducir el consumo de materia seca y por lo tanto de energía.

- El perfil de los ácidos grasos: El aumento de ácidos grasos a nivel de la glándula mamaria determina una inhibición de la síntesis de ácidos grasos de cadena corta.
- Estado de lactancia y mérito genético: Al inicio de la lactancia, el aporte extra de grasa se traducirá en un aumento del volumen de leche en las vacas con mayor potencial genético y una reducción de la movilización de las reservas corporales en las de menor potencial. En el último tercio de lactancia, las vacas con mayor potencial responderán principalmente en la producción de leche, pero las de menor potencial aumentarán la depositación de grasa.

Cuadro 5.- Efectos del tipo de grasa utilizado sobre la producción y composición de leche. Respuestas observadas en % sobre la ración control.

Tipo de grasa	Forma de inclusión	Producción de leche	% de grasa	% de proteína	Producción de grasa	Producción de proteína
Copra	Libre	4.3	9.4	-	16.2	-
Sebo	Libre	-0.9	10.7	-1.1	9.4	-3.2
Algodón	Semilla	12	8.6	-3.4	13.4	0
Algodón	Libre	0.9	-15.6	0.9	-17.3	-0.7
Girasol	Semilla	4.9	-12.6	2.7	-15.3	-0.2
Girasol	Libre	0.9	-15.6	0.9	-17.3	-0.7
Soya	Semilla	1.4	-1.21	-2.3	-	-
Soya	Extrusionada	1.4	1.12	-2.7	-	-
Soya	Libre	-0.7	-0.4	-2.2	0	-3.2
Raps+Linaza	Extrusinados	2.5	-13	-7	-10	-4.2
Jabón calcico	Saponificado	0.15	-3	-3.8	12	11
Grasa	Hidrogenada	0.01	3.9	1.4	4.2	1.4

Las grasas de semillas oleaginosas son insaturadas y el efecto depende del tipo de ración y del nivel de aporte. Su inclusión provoca incrementos en el volumen de leche y en la grasa. Constituyen la mejor fuente de grasa cuando además la ración requiere de aporte proteico. Respecto a los aceites, ellos ejercen un efecto negativo sobre la fermentación ruminal de la fibra, efecto que es mayor en fibras menos digestibles. El efecto derivado de la inclusión es un incremento en la producción de leche y grasa pero un descenso en la concentración de ella. Las grasas animales, por el hecho de ser saturadas tienen un efecto menos adverso sobre la fermentación ruminal que los aceites. Finalmente las grasas aportadas como jabones cálcicos o grasas hidrogenadas no afectan a la fermentación ruminal y permiten modificar el perfil graso de las grasas de la leche, aumentando los PUFAs.

Existen una serie de aditivos que permiten potenciar la actividad fermentativa ruminal y por lo tanto la generación de acetato e incrementar la concentración de grasas lácteas. Entre ellos se destacan los tampones o Buffers, como el bicarbonato de sodio o potasio y el alcalinizante el óxido de magnesio. Estos productos actúan muy eficientemente cuando hay un alto aporte de concentrados en la dieta o inclusiones altas de ensilajes de maíz.

Modificaciones al tenor proteico:

Las modificaciones logradas en el porcentaje de proteína láctea mediante cambios en la alimentación son muy inferiores a los obtenidos en la grasa y generalmente fluctúan entre 0,1 y 0,3 unidades porcentuales. Esto se debe a que el proceso de síntesis proteica está muy relacionado con el código genético e implica que si falta un aminoácido específico, el proceso se detiene. Los dos aminoácidos más limitantes son la lisina y la metionina , seguidos por la Treonina y los ramificados Valina e isoleucina. Debido a que el mayor aporte de aminoácidos proviene de la síntesis proteica microbial en rumen, los esfuerzos deben orientarse a potenciar al máximo ese proceso, y apoyarlo con fuentes proteicas sobrepasantes sólo cuando los niveles de producción lo ameriten o cuando la ración sea deficiente en ciertos aminoácidos escenciales. Esto aseguraría la llegada de la suficiente cantidad de aminoácidos a la glándula mamaria para una adecuada síntesis proteica. Por otra parte hay que tener en cuenta que el rumiante utiliza diversos aminoácidos para sintetizar glucosa, fundamental para la síntesis de lactosa. En la medida en que el rumiante tenga fuentes de glucosa ya sea a partir del propionato o de almidones sobrepasantes, no utilizará aminoácidos para este fin y los derivará a síntesis proteica.

Al analizar los efectos de diferentes factores nutricionales sobre el porcentaje y producción de proteínas lácteas, se observa que el consumo de energía es el factor más importante (Fig. 4) ya que cuando se aumenta el aporte de energía en la ración por incremento en el aporte de CNE se produce un aumento de la producción de leche y del porcentaje de proteína. Esto se debe a que al aumentar el nivel de CNE, aumentan los niveles de insulina lo cual provocará una mayor captación de aminoácidos por la glándula mamaria y un incremento en la síntesis proteica. A nivel ruminal, un incremento en la energía disponible para la síntesis proteica microbial derivará en un mayor aporte de proteína metabolizable y sustratos glucogénicos. Las respuestas medidas han sido de 0.03 unidades porcentuales de proteína por cada MegaJoule extra de energía.

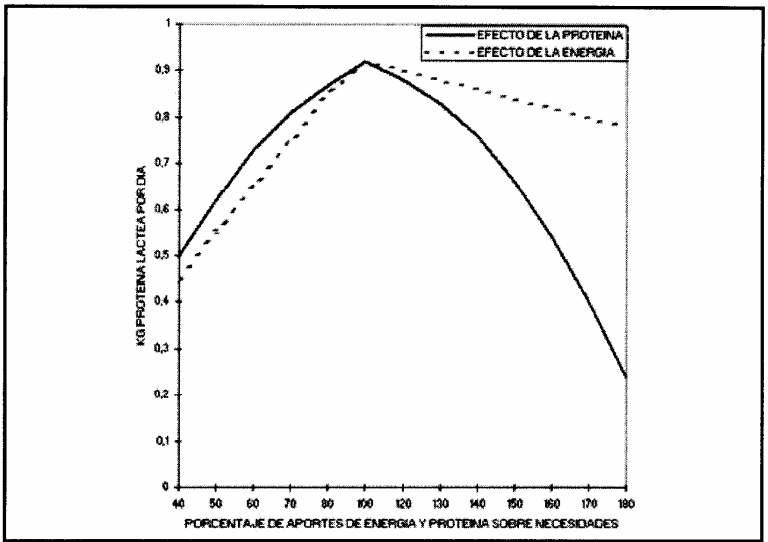

FIGURA III / EFECTO DEL CONSUMO DE ENERGIA Y PROTEINA SOBRE LA PROTEINA LACTEA

Figura 4.- Efectos del consumo de energía y proteína sobre la proteína láctea.

Esto se debe a un aumento en los niveles de insulina , que determina un incremento en el contenido de proteína láctea. Por otra parte el aumento en energía disponible para la síntesis microbial determinará un mayor aporte de proteína metabolizable y una mayor proporción de ácido propiónico. A esto se suma el efecto ahorrante ya mencionado, por parte de los CNE, que evitarán que el rumiante utilice aminoácidos glucogénicos para obtener su glucosa. La respuesta esperada es de 0.03 unidades porcentuales de incremento en proteína láctea, por cada MegaJoule extra de energía consumida.

El aporte de mayor cantidad de proteína provoca respuestas mínimas en la concentración de proteína láctea que se calcula en 0,02 unidades porcentuales en el rango de 9 a 17% de proteína en la ración. La proteína microbial es la mayor y principal fuente de aminoácidos esenciales, por lo que los esfuerzos deben orientarse a maximizar la producción de proteína microbial. La proteína no degradable pero digestible debe constituir un complemento a la microbial y debe tener un perfil de aminoácidos adecuado a los requerimientos de la glándula mamaria, especialmente en los aminoácidos limitantes.

Como una parte importante de las fuentes proteicas del rumiante provienen de las praderas y estas poseen elevadas cantidades de proteínas muy solubles y altamente degradables, el aporte de CNE de diferente tasa de degradación es fundamental para maximizar la síntesis proteica microbial y evitar los excesos de amoníaco que significarán un costo energético y uso de aminoácidos esenciales para la conversión del amoníaco a urea. Al respecto se grafica en la figura 5, como lograr esta sincronización entre la generación de amoníaco y la generación de energía y cadenas carbonadas para el crecimiento microbial

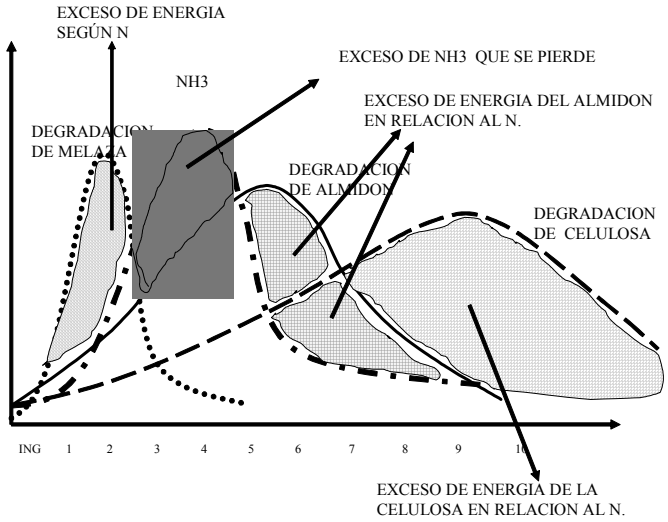

Figura 5.- Curvas de degradación de diferentes tipos de carbohidratos y de la proteína soluble.

Se puede visualizar que en la medida que se aporten fuentes de CNE de diferente tasa de degradación, un mayor porcentaje del amoníaco total puede ser captado por las bacterias ruminales para la síntesis de sus proteínas.

El uso de proteínas y aminoácidos protegidos ha tenido respuestas exitosas y en otros casos no ha habido respuestas productivas. En gran parte de las investigaciones se ha logrado aumentar el contenido de proteína pero principalmente se ha logrado mantener la concentración proteica al aumentar el volumen de producción. Es el caso de estudios realizados en una lechería en Casablanca en que se protegió el gluten de maíz y el afrecho de soya con formaldehído al 1%. (Gráfico 1).

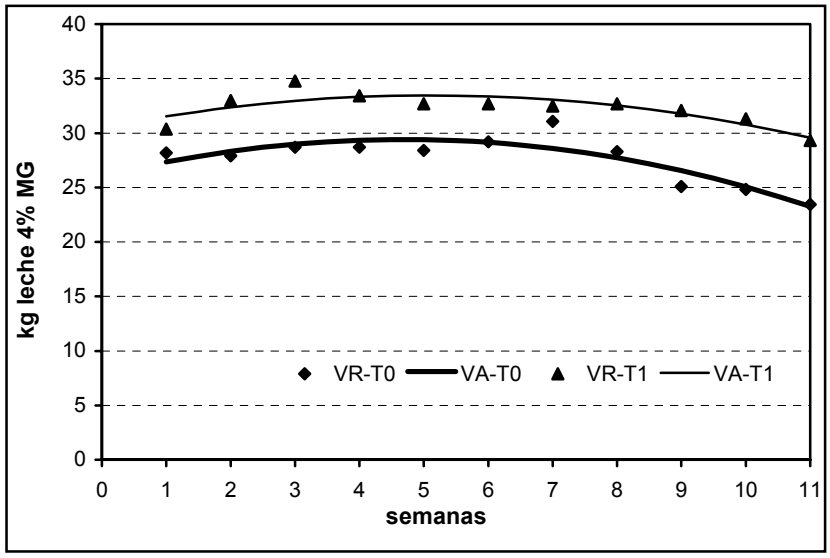

Gráfico 1.- Inclusión de fuentes proteicas tratadas sobre la producción de leche.

Se aprecia que la inclusión de gluten de maíz y afrecho de soya tratados con formaldehído provocó una respuesta inmediata en vacas lecheras de alta producción, observándose resultados significativos a partir de la primera semana y que se hicieron más significativos después de la mitad del período de control.

Se puede observar que al cabo de las 11 semanas de ensayo, se obtiene casi un 17% de mayor producción de leche al incluir estas fuentes proteicas, tratadas.

Respecto a los efectos sobre la producción de proteínas se observan diferencias a favor de los subproductos tratado, de hasta 15%

Respecto a los efectos sobre la producción de grasa, se observaron diferencias más marcadas entre los tratamientos que en el caso de las proteínas, a favor del tratamiento con subproductos tratados.

Cuadro 6.- Efecto de la inclusión de fuentes proteicas tratadas sobre la producción de leche.

Intervalo	**T0**	**T1**	**Diferencia Neta**	**Diferencia %**
1	281,6±16.1	303,6±16,1	22,0	7,8
2	560,6±31,0	633,3±31,0	72,8	13,0
3	847,4±44,1	981,0*±44,1	133,6	15,8
4	1134,4±55,4	1315,3*±55,4	180,9	15,9
5	1418,3±65,4	1642,2*±65,4	223,9	15,8
6	1710,2±76,7	1969,0*±76,7	258,7	15,1
7	2020,8±88,6	2293,8*±88,6	273,0	13,5
8	2303,6±101,0	2620,6*±101,0	317,1	13,8
9	2554,3±112,0	2941,4*±112,0	387,1	15,2
10	2802,3±121,9	3254,4*±121,9	452,1	16,1
11	3036,8±132,4	3547,4*±132,4	510,7	16,8

Cuadro 7.- Variación de la producción de grasas.

Intervalos	T0	T1	Diferencia neta	Diferencia %
1	10,7	8,98	-1,72	-16,1
2	21,1	19,65	-1,45	-6,9
3	31,5	31,25	-0,25	-0,8
4	41,86	43,61	1,75	4,2
5	51,76	56,31*	4,55	8,8
6	62,16	68,91*	6,75	10,9
7	73,46	81,26	7,8	10,6
8	83,66	93,46*	9,8	11,7
9	92,6	105,46*	12,86	13,9
10	101,63	117,06*	15,43	15,2
11	112,23	128,76	16,53	14,7

Cuadro 8.- Variación de la producción e grasa.

Intervalos	T0	T1	Diferencia	Diferencia

			neta	%
1	9,9±0,6	11,8*±0,6	1,8	18,43
2	19,8±1,2	24,5*±1,2	4,8	24,01
3	29,9±1,6	38,0*±1,6	8,1	27,09
4	40,0±2,1	50,7*±2,1	10,8	26,98
5	49,8±2,4	62,9*±2,4	13,1	26,36
6	60,7±2,8	75,3*±2,8	14,7	24,17
7	72,8±3,3	87,8*±3,3	14,9	20,50
8	83,2±3,8	100,0*±3,8	16,8	20,18
9	91,8±4,1	111,9*±4,1	20,1	21,85
10	100,3±4,5	123,6*±4,5	23,4	23,30
11	108,3±4,9	134,9*±4,9	26,6	24,55

La adición de aminoácidos protegidos, especialmente Lisina y metionina, provocan un incremento en el volumen de leche y en el porcentaje de proteína láctea, pero la respuesta depende de la etapa de lactancia. (Cuadro 9)

Cuadro 9.- Efectos de la adición de lisina y metionina protegida sobre la producción y composición de leche en distintas fases de la lactancia.

Semana	1 a 9	10 a 29
Nº experimentos	16	71
Aportes de metionina gr/dia	10	8
Aportes de lisina gr/día	24	20
Respuestas sobre grupo control		
Leche (kg/día)	0.7	0.1
Proteína (gr/día)	56	31
Grasa (gr/día)	10	1
% de proteína	0.12	0.1
% de grasa	-0.1	0

Se observa que las mayores respuestas son en la producción de leche más que en el contenido de proteína.

La inclusión de grasas suplementarias en la ración, siempre se ha asociado con una reducción del porcentaje de proteína de la leche (Cuadro 5) disminuyendo en 0,04 unidades porcentuales por cada 1% de aumento de aporte de grasa de la ración. Una de las principales causas es la sustitución de los CNE por grasa, que determina una menor disponibilidad de energía rápida para los microorganismos afectándose la síntesis proteica. Además hay una disminución del ácido propiónico a nivel ruminal, por lo que el rumiante deriva más aminoácidos a obtener glucosa.

A modo de resumen, se presenta en el Cuadro 10, los principales efectos por cambios nutricionales, sobre la producción y composición de leche.

Cuadro 10.- Resumen de efectos nutricionales sobre la producción y composición de leche.

EFECTO SOBRE		
CAMBIO	PORCENTAJE DE GRASA	PORCENTAJE DE PROTEINA
INGESTION MAXIMA	AUMENTO	AUMENTO 0,2 A 0,2 UDS
AUMENTO DE LA FRECUENCIA DE ALIMENTACION DE CONCENTRADOS	AUMENTO DE 0,2 A 0,3 UDS	AUMENTO LIGERO
REDUCCION DE LA INGESTA DE ENERGIA	POCO EFECTO	DESCENSO DE 0,1 A 0,4 UDS
ALTO APORTE DE CNE>45%	DESCENSO DE 1%	AUMENTO DE 0,1 A 0,2 UDS
APORTE NORMAL DE CNE	AUMENTO	MANTENIMIENTO
ALTO APORTE DE FDN	INCREMENTO MARGINAL	DESCENSO DE 0,1 A 0,4 UDS
BAJO APORTE DE FDN <26%	DESCENSO DE 1% O MAYOR	AUMENTO DE 0,2 A 0,3 UDS
PEQUEÑO TAMAÑO DE PARTICULA	DESCENSO DE 1% O MAYOR	AUMENTO DE 0,2 A 0,3 UDS
ALTO APORTE DE PROTEINA BRUTA	SIN EFECTO O REDUCCION	AUMENTO SI EXISTIA DEFICIENCIA PREVIA
BAJO APORTE DE PROTEINA BRUTA	SIN EFECTO O REDUCCION	DESCENSO SI LA RACION ES DEFICIENTE
ALTO APORTE DE PROTEINA NO DEGRADABLE >40%	SIN EFECTO	AUMENTO SI LA RACION PREVIA ERA DEFICIENTE
AMINOACIDOS PROTEGIDOS	SIN EFECTO	AUMENTO SI LA RACION PREVIA ERA DEFICIENTE
GRASA SUPLEMENTARIA	VARIABLE SEGUN FUENTE	DESCENSO DE 0,1 A 0,2 UDS
ADITIVOS MINERALES	AUMENTO SI LA RACION ERA ACIDOGENICA	VARIABLE SEGUN ADITIVO
VITAMINAS B	SE REQUIEREN MAS EXPERIENCIAS	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de los diversos factores que afectan la producción y composición de leche el manejo nutricional permite cambiar las concentraciones de grasa y en menor grado las de proteína.

Es así que para modificar la concentración de grasa se recomienda:

- Mantener una relación F/C adecuada.
- Valorar convenientemente los aportes de fibra en la ración según su orígen y efectividad (forrajes y subproductos).
- Sustituir parte de los concentrados ricos en almidones por otros ricos en fibras muy digestibles.
- Valorar la degradabilidad del almidón.
- Al no poder usar raciones completas, repartir el concentrado más frecuentemente.
- Utilizar substancias tampones y/o alcalinizantes según tipo de ración.
- Utilizar semillas de oleaginosas en cantidad adecuada, teniendo en cuenta que aportan proteína.
- Aportar grasas inertes si los requerimientos de proteína están cubiertos.
- No aportar grasas suplementarias antes de la 5ª semana.

Para modular la concentración de proteína se recomienda:

- Optimizar el consumo de energía mediante una adecuada relación F/C.
- Valorar los aportes de energía fermentescible, especialmente si se usan grasas suplementarias.
- Ajustar los aportes de proteína degradable a la energía disponible.
- No utilizar excesiva cantidad de proteína rápidamente degradable.
- Utilizar mezclas de cereales de diferente degradabilidad.
- Utilizar fuentes de proteína no degradable pero digestible con perfiles de aminoácidos adecuados.
- Utilizar proteínas protegidas.