

Las grasas protegidas como fuente energética en la alimentación de vacas lecheras

Fernando González M.
fgonzalm@puc.cl
Fernando Bas M.
fbas@puc.cl
Departamento de Zootecnia

El mejoramiento genético de las razas lecheras, el mayor conocimiento de la nutrición y de los aspectos metabólicos del animal, así como la mayor inversión en tecnología en los sistemas productivos, ha significado un aumento sustancial en la productividad de los rebaños lecheros. Más del 35% de las vacas lecheras existentes en el país, mayoritariamente de la raza Holstein Friesian, pueden ser consideradas de alta producción. Al analizar la información de la producción de leche, consumo de materia seca y peso vivo, obtenida a partir de datos recolectados en lecherías de la Región Metropolitana que utilizan sistemas pro-

ductivos muy similares, es evidente el desfase que se produce entre el “peak” de producción de leche y el de consumo de materia seca (Figura 1). Esto significa que en el momento de máximo requerimiento la vaca no satisface sus demandas nutricionales solo con la dieta. El consumo insuficiente de energía hace que la vaca movilice rápidamente la grasa corporal, existiendo claras evidencias de la repercusión negativa de esta movilización sobre la producción de leche, condición reproductiva y estado de salud de los animales. Esta situación se refleja en una pérdida de peso y de la condición corporal, que en su punto más bajo coincide con el “peak” de producción y puede prolongarse hasta las 10 a 14 semanas postparto.

Para revertir la situación antes mencionada es necesario estimular un mayor consumo de materia seca y au-

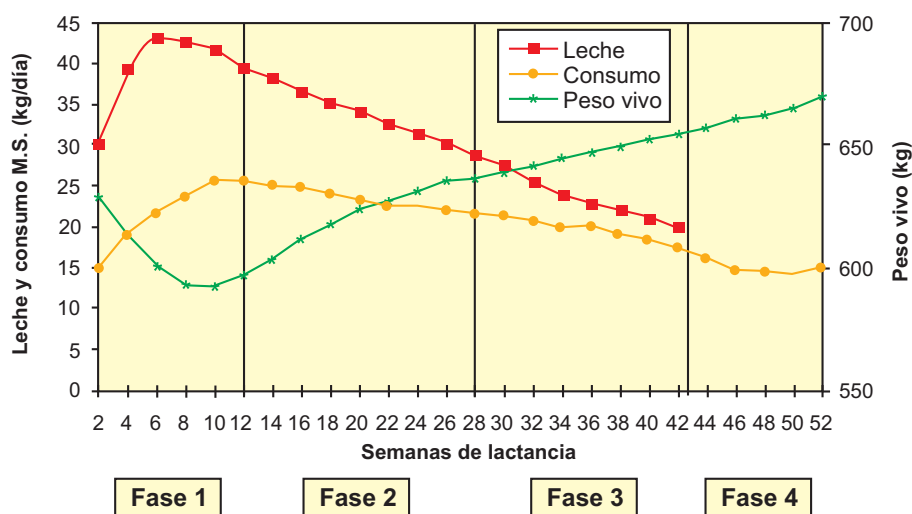
mentar la concentración energética de la ración para lograr un máximo aporte y utilización de nutrientes y evitar trastornos metabólicos. Para ello se requiere del suministro de forrajes de alta calidad, la incorporación de alimentos concentrados y la elaboración de dietas balanceadas de acuerdo a los requerimientos del animal y a las limitantes fisiológicas ruminales. Es importante para este propósito que las vacas durante las últimas tres semanas preparto, reciban una alimentación con mayor contenido de carbohidratos solubles y proteína (2,6 Mcal de Energía Metabolizable y 16% PC) y así producir una adaptación de la población de microorganismos ruminales a la dieta que eventualmente consumirán al iniciar la siguiente lactancia.

Los animales postparto, los que aún no han alcanzado su máxima producción y aquellos con altas producciones deben recibir una ración con una alta concentración energética (2,8 a 2,9 Mcal de Energía Metabolizable por kg de materia seca). Sin embargo, este objetivo es difícil de lograr, puesto que si se aumenta la proporción de granos podría producirse un cuadro de acidosis ruminal y alteraciones metabólicas graves como cetosis o el síndrome de baja materia grasa láctea.

Frente a esta disyuntiva, la inclusión de grasas de origen animal o aceites vegetales pareció ser una buena alternativa para aumentar la concentración energética de la ración, evitando incluir cantidades excesivas de carbohidratos solubles (almidón). Por ejemplo, 1 kg de sebo bovino aporta 6,6 Mcal de Energía neta de lactancia (base materia seca), comparado con las 1,95 Mcal que aporta 1 kg de gra-

Figura 1

Producción de leche, consumo de materia seca y peso vivo en vacas Holstein Friesian en la Región Metropolitana



Fuente: F.Gonzalez y F.Bas. (Ciencia e Investigación Agraria, 2001, en prensa)

no de maíz. Sin embargo, esto no se ha reflejado en una mayor producción de leche; más bien ha significado una disminución tanto de la producción como de los componentes lácteos, grasa y proteína, una disminución de la digestibilidad de la fibra y un aumento de los trastornos ruminales, metabólicos y reproductivos.

Efectos de la inclusión de grasa en la dieta

La menor utilización de la fibra ha sido atribuida a varios factores, entre otros a la formación de una película de grasa que impermeabilizaría la superficie de la fibra, previniendo de esta manera el ataque enzimático bacteriano; a la disminución de la actividad microbiana por adsorción de la grasa a la superficie de la membrana bacteriana; a la disminución de la disponibilidad de cationes para unirse a los ácidos grasos o a la modificación de la población microbiana por posibles efectos tóxicos de algunos ácidos grasos sobre ciertos microorganismos, especialmente sobre las bacterias celulolíticas. Como consecuencia de esto se produce una alteración de las distintas fracciones de los ácidos grasos volátiles en el rumen, disminuye la relación acético/propiónico y se reduce la disponibilidad efectiva de acetato a la glándula mamaria. Esto es particularmente importante, porque los ácidos grasos de cadena corta y la mitad del ácido palmítico (C16:0) presente en la grasa láctea, son sintetizados a partir de acetato y betahidroxibutirato, ambos de origen ruminal, producto de la degradación de la fibra. El resto de los ácidos grasos son sintetizados a partir de los ácidos grasos de cadena larga circulantes en el plasma, de los cuales más del 80% provienen de la dieta y menos de un 15% de la grasa corporal.

Una serie de estudios indican que la mayor captación de ácidos grasos de cadena larga insaturados en la glándula mamaria inhibiría la síntesis de ácidos grasos de cadena corta en el tejido mamario, reduciendo efectivamente la posibilidad de aumentar la producción de grasa láctea mediante

la suplementación de este tipo de ácidos grasos. Por otra parte, se ha señalado también que los ácidos grasos de cadena larga poliinsaturados (C18 a C22) ejercerían un efecto inhibitorio sobre la enzima lipasa lipoproteica, clave en la captación de glicéridos plasmáticos hacia la glándula mamaria. En este sentido, la incorporación de grasas y aceites altamente insaturados podría disminuir la producción de leche y de los componentes lácteos grasa y proteína, alterando la relación acético/propiónico en el rumen y disminuyendo la disponibilidad de los sustratos precursores de la grasa láctea.

El aumento del nivel de saturación y la esterificación de los ácidos grasos disminuyen el efecto inhibitorio de los lípidos sobre la fermentación ruminal. Los ácidos grasos saturados de cadena larga, son menos tóxicos que los insaturados debido a que son insolubles en el licor ruminal y tienen menor probabilidad de ser adsorbidos a la pared bacteriana o a la superficie de la fibra y de ser incorporados al interior de la bacteria. También los ácidos grasos saturados reaccionan más rápidamente con cationes bivalentes (calcio y magnesio) para formar jabones insolubles en el rumen que no alteran los procesos fermentativos bacterianos. Sin embargo, varios factores limitan la formación de estos jabones: el tipo y la cantidad de suplementación mineral, el tipo y cantidad de grasa adicionada, el pH ruminal y posiblemente la velocidad de paso del contenido ruminal. Es probable que la magnitud de la formación de sales cálcicas de ácidos grasos libres en el rumen sea aún más disminuída debido a que los suplementos cálcicos tradicionalmente usados como suplementos minerales son muy insolubles y no favorecen la formación de sales cálcicas.

¿Cuánta cantidad y qué tipo de grasa utilizar?

El contenido total de grasa no debería exceder el 7,5% de la materia seca de la ración. Considerando las tres fuentes de grasa que pueden estar presentes en una dieta, el aporte de

cada una de ellas no debería sobrepasar un tercio del total (2,5% de la materia seca). Una primera fuente corresponde a la grasa aportada por el forraje e ingredientes no grasos. Otra, a los suplementos grasos (sebo bovino, aceites vegetales, aceites de pescado) o ingredientes vegetales (semilla de algodón, proto soya inactivado por calor) con alto contenido de ácidos grasos insaturados. Su aporte va a depender de las características de los ácidos grasos en cuanto al largo de la cadena de carbonos, grado de insaturación y porcentaje de ácidos grasos insaturados en las grasas y aceites no protegidos. La ecuación propuesta por Jenkins¹ (1997), permite precisar el nivel de incorporación de alimentos con alto contenido de ácidos grasos insaturados en la ración, pudiendo ser inferior al porcentaje anteriormente señalado.

¹ Consumo de grasas insaturadas (% peso vivo) = (FDN) x 3.5 / UFA

FDN = Fibra Detergente Neutro

UFA = Ácidos grasos insaturados (% grasa total; suma de ácidos grasos mayores a C 16:1-6)

Una tercera fuente corresponde a la inclusión de grasas tratadas (grasas inertes, protegidas o grasas bypass), las que al ser insolubles en el rumen no interfieren con el metabolismo bacteriano, pudiendo incorporarse en una mayor proporción si no se utilizan suplementos grasos o semillas de oleaginosas. La incorporación de estas grasas es una alternativa real y segura para mejorar la concentración energética de la dieta para vacas lecheras. Se elaboran a partir de aceites vegetales (aceite de palma africana) y sebo bovino, principalmente como sales cálcicas de ácidos grasos libres (Megalac®, 5,40 Mcal de energía neta de lactancia por kg de materia seca) o ácidos grasos libres parcialmente hidrogenados (Energy Booster®, 6,74 Mcal de energía neta de lactancia por kg de materia seca). Su utilización en el país no ha sido posible por el alto costo de estos productos, lo que limita su importación.

¿Por qué proteger la grasa a utilizar como suplemento?

Existen numerosas investigaciones referente al uso de suplementos grasos en las dietas para ganado lechero y una amplia oferta de estos suplementos, que difieren en el origen de la grasa, estructura química, nivel de saturación de los ácidos grasos y la forma física de presentación. En el caso de las sales cálcicas es importante señalar que estas se disocian en calcio y ácidos grasos libres en el rumen, lo que básicamente depende del pH ruminal y del grado de insaturación de la sal. Las sales cálcicas de ácidos grasos insaturados se disocian más fuertemente a pH ácido. Esto último es importante, especialmente cuando se suministran raciones con alta proporción de concentrados y el pH ruminal puede caer bajo 6,0, alterándose la fermentación ruminal al disociarse la sal y quedar una proporción importante de ácidos grasos insaturados libres en el medio ruminal para ejercer sus efectos inhibitorios sobre el crecimiento de la población microbiana. Esto es perfectamente posible en los estados de acidosis subclínica, trastorno que puede comprometer a gran parte del ganado en un rebaño lechero.

La hidrogenación de una grasa aumenta su punto de fusión, pero al mismo tiempo disminuye su solubilidad en el rumen. En un ensayo con vacas lecheras se estudió el efecto de un sebo bovino parcialmente hidrogenado (70% de ácidos grasos saturados), sobre la producción y composición de la leche, fermentación ruminal y utilización de nutrientes. La producción de leche no presentó diferencias significativas entre tratamientos, aún cuando la mejor respuesta se obtuvo a nivel del 4% de inclusión del sebo bovino. La materia grasa láctea permaneció baja y la proteína láctea disminuyó al incorporar la grasa, pero no hubo mayor disminución a mayor inclusión de la grasa. La ración base estuvo compuesta por forraje, 43% de la materia seca, resultante de una mezcla de ensilaje de maíz y de alfalfa con una FDN promedio de 35%. Es probable que el bajo contenido de

materia grasa y proteína láctea sea una consecuencia directa del bajo aporte de materia seca y FDN proveniente del forraje, lo que pudo haber inducido un cuadro de acidosis ruminal de tipo subclínica con alteración de la fermentación ruminal.

La forma química de protección de las grasas es otra característica que debe ser considerada al momento de evaluar la calidad de una grasa protegida, puesto que se ha encontrado que la producción de leche aumenta, sin variar el contenido de grasa y proteína, con la suplementación grasa, obteniéndose una mejor respuesta a la suplementación con ácidos grasos de origen animal.

También la forma física de presentación de la grasa afecta la respuesta a la suplementación grasa. En experimentos en los que se utilizó una grasa parcialmente hidrogenada, triglicéridos con 81% de ácidos grasos saturados, suplementada en forma granulada (prilled) o en escamas, se determinó que la producción de leche y la digestibilidad de los ácidos grasos fue mayor cuando se suministró como prilled, sugiriendo que el menor tamaño de partícula es un factor clave en la mayor utilización de las grasas.

Algunos especialistas en nutrición animal señalan que la suplementación con grasas protegidas podría producir una disminución de la proteína láctea. Sin lugar a dudas, la alimentación influencia el nivel de proteína en la leche, pero el tema es más complejo y son muchos los factores dietarios que afectan negativamente la concentración de la proteína láctea, entre los principales se puede contar:

- Déficit absoluto de proteína degradable
- Déficit de proteína degradable relativo a un bajo aporte de carbohidratos solubles.
- Déficit de proteína no degradable.
- Balance aminoacídico incorrecto (bajo aporte de metionina y lisina en la fracción de proteína no degradable).
- Exceso de carbohidratos solubles.
- Bajo pH ruminal (acidosis

subclínica).

- Bajo aporte de fibra efectiva.

La relación entre los carbohidratos solubles y la proteína dietaria con las grasas protegidas

El aporte de carbohidratos solubles (almidón) como precursores de energía para los procesos bacterianos de fermentación ruminal es importante por su efecto sobre la producción y composición de la leche. En vacas de alta producción alimentadas con dietas con 3% de una sal cálcica de ácidos grasos libres de aceite de palma, la producción de leche aumentó al incluir una mayor proporción de carbohidratos solubles. Sin embargo, el contenido de grasa disminuyó como consecuencia del menor aporte y menor digestibilidad de la fibra detergente neutro al aumentar esta fuente de carbohidratos. En este experimento el porcentaje de proteína láctea no fue afectado por el contenido de carbohidratos solubles.

En un experimento posterior se evaluó el aporte de la proteína y de la fracción proteica no degradable sobre la producción de leche, materia grasa y proteína láctea al suplementar un 2% de una sal cálcica de ácidos grasos libres de aceite de palma a dietas con diferente contenido y origen de la proteína dietaria. No hubo efecto de la suplementación grasa sobre la proteína láctea. Sin embargo, el origen de la proteína afectó el contenido de proteína láctea, aún cuando la interacción entre la grasa con la fuente de la proteína suplementada sugiere que el porcentaje de la proteína dietaria afectó esta respuesta. No se observaron cambios en la producción de leche, materia grasa y proteína láctea al reemplazar la fuente de proteína dietaria, aún cuando esto significó aumentar el porcentaje de proteína no degradable.

Algunos investigadores han propuesto un aporte adicional de 72 g de proteína no degradable por cada megacaloría de energía neta aportada por la grasa, sobre un 3% de suplementación grasa en la ración. Es necesario tener presente que para expresar el potencial de síntesis de

proteína láctea debe maximizarse la producción de proteína bacteriana, lo que obviamente representa un menor costo que aumentar la fracción de proteína no degradable en la ración. La síntesis de proteína microbiana es función del aporte de energía a las bacterias, por lo que es posible optimizar la síntesis de proteína láctea por la vía de aumentar el aporte de carbohidratos solubles y de la fracción de proteína degradable a las bacterias ruminales.

El aporte de proteína bacteriana (PCB, g/día) y el consumo de energía (Energía Neta Lactancia, Mcal/día) se relacionan en la ecuación siguiente:

$$\text{PCB (g/día)} = 71,6 \times (\text{E.Neta lactancia, Mcal/día}) - 193$$

Esta ecuación es válida hasta un 3% de inclusión de suplementos grasos. Esto significa que una vaca de alta producción que consume 25 kg de materia seca, idealmente con una concentración energética de 1,72 Mcal de E. Neta lactancia, recibiría un aporte de proteína bacteriana que alcanzaría a los 3,0 kg/día, lo que para un requerimiento de 4,5 kg/día (18% PC) representaría un 66% del total de la proteína como proteína bacteriana y un 34% como proteína no degradable, situación que parece normal.

La elaboración y utilización de grasas protegidas en Chile

En el año 1990, pareció bastante atractiva la idea de elaborar una grasa protegida a partir de aceites de pescado, por la disponibilidad de materia prima en el país y las posibilidades de exportación de este producto a otros mercados. Es así como en el Departamento de Zootecnia de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se realizaron una serie de ensayos con el propósito de determinar la factibilidad de la elaboración de una grasa inerte a partir de residuos de la industrialización de aceites de pescado y su evaluación nutricional en vacas lecheras. Esta investigación fue financiada por Química Industrial

SPES SA y posteriormente a través de un proyecto Fondecyt 1995, N° 1951013.

Primeramente en trabajos in vitro se determinó que el aceite de pescado protegido como sal cálcica o hidrogenado no afectó la digestibilidad de la pared celular hasta niveles de inclusión del 6% de la dieta. Los resultados obtenidos fueron confirmados posteriormente por trabajos in vivo en que la digestibilidad aparente y la degradación de la FDN no fueron afectadas por el tipo de grasa y nivel de inclusión hasta 6%.

La información bibliográfica indica que la digestibilidad aparente de los ácidos grasos de cadena larga saturados es baja. Por este motivo, se evaluó el efecto del aceite de pescado protegido como sal cálcica o hidrogenado sobre la digestibilidad aparente de la Grasa Total y de la FDN, determinándose que no hubo efectos significativos del tipo de grasa sobre la digestibilidad aparente de estos nutrientes. Sin embargo, el nivel de inclusión afectó significativamente la digestibilidad de la grasa.

Los resultados obtenidos en estos trabajos mostraron que los aceites de pescado sometidos a un proceso de hidrogenación y suministrados en la forma de triglicéridos no afectaron la fermentación ruminal y por ello podrían ser considerados dentro de la categoría de “grasas inertes o protegidas”. Por otra parte, la estructura química, el largo de la cadena de carbonos y el grado de saturación del aceite hidrogenado de pescado, no afectó negativamente la absorción intestinal de los ácidos grasos, a juzgar por los altos valores de digestibilidad aparente encontrados.

En un ensayo de quince sema-

nas de duración, se evaluó el efecto del aceite hidrogenado de pescado (AHP), suplementado desde el inicio de la lactancia, sobre la producción de leche, composición de nutrientes lácteos y peso vivo, en un rebaño de vacas lecheras de alta producción. La producción de leche aumentó en los grupos con incorporación de grasa, observándose una mayor respuesta productiva en el grupo con 3% de inclusión de grasa respecto al control (Cuadro 1).

De acuerdo a este estudio, la grasa AHP no tendría efectos negativos sobre la producción de acético y propiónico a nivel ruminal, lo que permitiría mantener los niveles de grasa láctea sin alteraciones. La proteína láctea se mantuvo constante, al contrario de lo que se ha indicado respecto a que las dietas con grasa disminuyen el porcentaje de proteína en la leche, debido a una menor síntesis de proteína microbiana en el rumen y/o a una disminución de la insulina a nivel mamario, la cual interviene en la captación de aminoácidos.

La curva de producción de leche (Figura 2) presentó características similares en todos los tratamientos, ajustándose a la forma normal de una curva de lactancia. Los grupos suplementados con grasa alcanzaron un “peak” de producción más alto que el control, siendo mayor en el grupo con 3% de inclusión, 3,4 l (7,6 % superior al del grupo control), lo que sugeriría una mayor producción en la lactancia estimada en 700 litros.

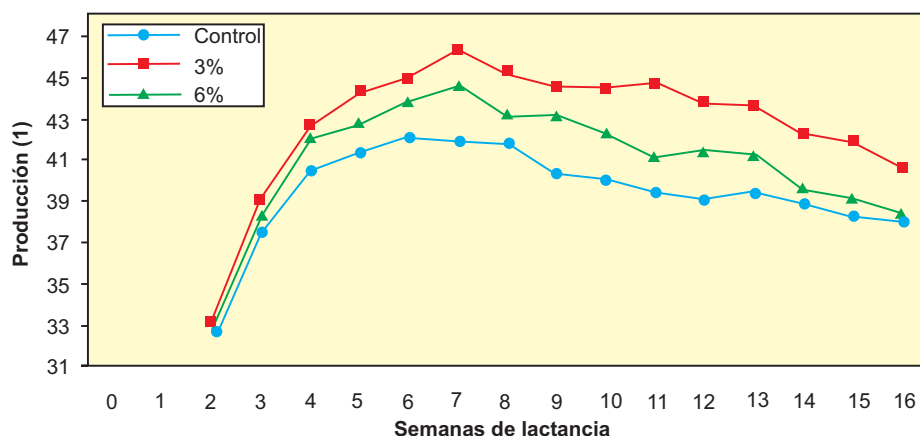
Respecto al peso vivo de los animales (Figura 3), la mayor pérdida se produjo durante las dos primeras semanas postparto, siendo el grupo control, quien presentó la mayor disminución durante este periodo. Sin embar-

Cuadro 1
Efecto de la inclusión de un aceite hidrogenado de pescado (AHP) sobre la producción y composición de nutrientes de la leche

Parámetros	Tratamientos		
	0 % AHP	3% AHP	6% AHP
Producción de leche (L/día)	39,43	42,89	40,78
Materia grasa (%)	3,43	3,45	3,49
Proteína (%)	3,14	3,11	3,09

Figura 2

Producción de leche de vacas suplementadas con tres niveles de grasa hidrogenada de pescado



Fuente: F. González y F. Bas (Ciencia e Investigación Agraria, 2001, en prensa)

go, esta pérdida continuó hasta la sexta semana de lactancia en todos los grupos, a partir de la cual se observó una recuperación del peso hasta el final del período experimental. Estos resultados coinciden con lo afirmado por especialistas en cuanto a que el manejo de los animales debe enfocarse hacia que la máxima pérdida de peso se produzca no más allá de la tercera semana postparto e iniciar una recuperación de la condición corporal de tal manera disminuir la duración del balance energético negativo, evitando trastornos metabólicos y reproductivos asociados.

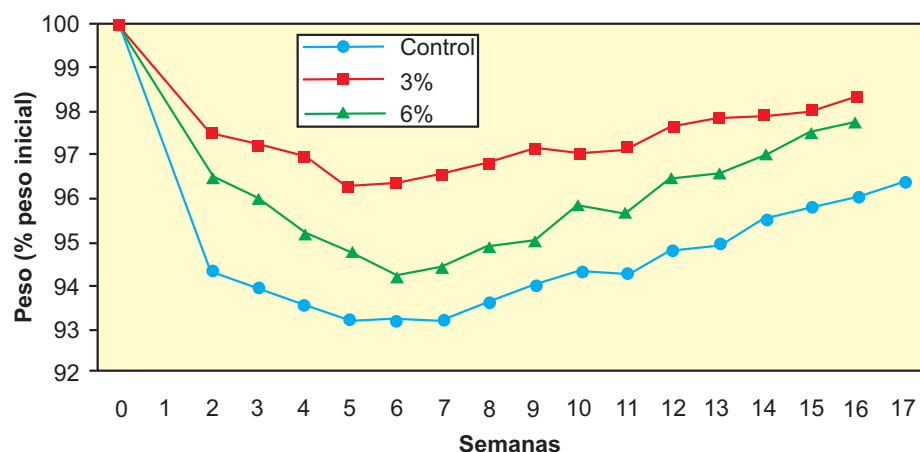
Los resultados obtenidos en este ensayo, permiten concluir que la ma-

yor producción de leche, el menor consumo de materia seca y la menor pérdida de peso, estarían indicando una mayor eficiencia en el uso de la energía proveniente de la grasa evaluada. Por otra parte el hecho de que no existieran diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de grasa y proteína láctea estaría señalando que las dietas formuladas aportaron al rumen una cantidad suficiente de nutrientes para una actividad fermentativa ruminal normal y que la inclusión del aceite hidrogenado de pescado hasta niveles del 6% no reflejó problemas ruminales que pudieran haber alterado la síntesis láctea.

Es habitual que la mayoría de las

Figura 3

Variaciones de peso como porcentaje del peso inicial en vacas alimentadas con tres niveles de GHP



Fuente: F. González y F. Bas (Ciencia e investigación Agraria, 2001, en prensa)

vacas lecheras presenten en las primeras semanas postparto algún grado de cetosis producto de la movilización de tejido graso para contrarrestar el déficit de energía que se produce por el rápido incremento de la producción de leche y el bajo consumo de materia seca. Esto afecta negativamente a los animales, por eso es que, en estricto rigor, las grasas protegidas deben incorporarse desde el momento mismo del parto, para tratar de evitar la movilización excesiva de grasa corporal. Esto ha sido corroborado en animales suplementados con grasas protegidas desde el inicio de la lactancia, a través de la medición de niveles sanguíneos normales de enzimas metabólicas y otros componentes como ácidos grasos no esterificados, betahidroxibutirato, colesterol y glucosa.

Consideraciones finales en el uso de grasas protegidas

Para lograr una respuesta positiva a la suplementación grasa es necesario considerar los siguientes aspectos esenciales:

1. Suministrar una alimentación balanceada durante el período seco, especialmente durante las tres últimas semanas postparto, para estimular el crecimiento de las bacterias ruminales, adaptándolas a la nueva alimentación que recibirán al iniciar la siguiente lactancia y así maximizar la utilización de nutrientes;
2. Asegurar que los animales lleguen al parto con una condición corporal entre 3,5 y 3,75 puntos, lo cual evitará problemas relacionados con el parto y posibilitará un mayor consumo de materia seca y;
3. Aportar una alta concentración energética (2,8 a 2,9 Mcal de energía metabolizable por kg de materia seca) y proteica (18% proteína cruda) en la ración para los grupos postparto y alta producción. Si estas condiciones se cumplen los efectos positivos de la suplementación grasa se visualizarán de manera notoria. La evaluación de numerosos ex-

perimentos y resultados de campo justifican la incorporación de las grasas protegidas en la alimentación de las vacas lecheras. Algunos de los beneficios que se obtendrían se enumeran a continuación:

- Aumento sustancial de la producción de leche.
- Aumento del contenido de materia grasa láctea.
- No se afecta el contenido de la proteína láctea.
- Mejora fuertemente la persistencia de la producción de le-

che.

- Mejora el balance energético y la condición corporal, previniendo la presentación de trastornos metabólicos (cetosis; hígado graso).
- Permite la incorporación de un mayor nivel de fibra en la ración, lo cual ayuda a la prevención de trastornos digestivos ruminales (acidosis subclínica ruminal).
- Aumenta la eficiencia en el uso de la energía para producción de leche.

- Mejora la eficiencia reproductiva y la condición de salud del rebaño, prolongando su vida productiva.
- Mejora la palatabilidad de la ración.
- Mejora la eficiencia de conversión alimenticia a producción de leche (kg de leche/kg de materia seca).
- En condiciones de calor aumenta el consumo de materia seca (concepto de ración fría; produce un menor incremento calórico en el animal.).

Diploma en Administración de Negocios y Empresas Silvoagropecuarias

LUGAR DE REALIZACIÓN

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Campus San Joaquín
Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul
Santiago, Chile

FECHA

Marzo a Diciembre de 2002

HORARIO

Martes y Jueves de 18:00 a 21:00 horas

VALOR MATRÍCULA

UF 115

PERÍODO DE INSCRIPCIÓN

2 de Noviembre 2001 al 11 de Marzo del 2002
(cupos limitados)

CONSULTAS E INSCRIPCIONES

Para inscribir el diploma y obtener información utilice cualquiera de los siguientes medios:

Fax : (56 2) 686 5727

Teléfonos: (56 2) 686 5704 y 686 5726

e-mail: danes@puc.cl

PROGRAMA DE DESARROLLO EMPRESARIAL 2002