



Suplementación de vacas lecheras a pastoreo



Consorcio Lechero
LA CADENA LÁCTEA DE CHILE

Editores

Rubén Pulido F.

Julián Parga M.

Francisco Lanuza A.

Oscar Balocchi L.



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

Rubén Pulido Fuenzalida

Médico Veterinario (U. Austral de Chile),
MS (P. U. Católica de Chile),
PhD (U. de Londres, Gran Bretaña)
Profesor Titular
Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad Austral de Chile

Julián Parga Mate de Luna

Ingeniero Agrónomo (U. de Chile),
D.E.A. (U. de Rennes-INRA, Francia)
Doctor (c) (U. de Rennes-INRA, Francia)
Consultor Privado Producción Animal

Francisco Lanuza Ayerdi

Médico Veterinario (U. de Chile)
Dr. med.vet. (U. de Hannover, Alemania)
Investigador Producción de Leche
Centro Regional de Investigación Remehue
Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Oscar Balocchi Leonelli

Ingeniero Agrónomo (U. Austral de Chile)
MSc (U. de Reading, Gran Bretaña)
PhD (U. de Gales, Gran Bretaña)
Profesor Titular
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Austral de Chile



Consorcio Lechero
LA CADENA LÁCTEA DE CHILE



Suplementación de vacas lecheras a pastoreo

Editores

Rubén Pulido F., Julián Parga M., Francisco Lanuza A. y Oscar Balocchi L.



2011

Osorno, Chile,

Esta publicación surge en el marco del proyecto “Suplementación Estratégica de Vacas Lecheras a Pastoreo”, del Consorcio Tecnológico de la Leche S.A. (FIC-CS-C-2004-1-P-001), cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).



Editores: Rubén Pulido F., Julián Parga M., Francisco Lanuza A. y Oscar Balocchi L.

Registro de Propiedad Privada N°: 208.285

Diseño y Diagramación: Agencia Cromosoma

Impresión: Imprenta América

Primera Edición

Tiraje: 2.000 unidades

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite la fuente y el autor.

Osorno, Chile 2011

PRESENTACIÓN

La presente publicación es el resultado del trabajo coordinado de instituciones comprometidas con la cadena láctea nacional, pero es por sobre todo el producto del trabajo dedicado y profesional de investigadores y docentes de la Universidad Austral de Chile y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

En este libro, ellos ponen al servicio del sector su conocimiento y formación, así como su experiencia directa en la alimentación de vacas lecheras y el manejo de la suplementación como herramienta estratégica para el éxito del negocio lechero. Este manejo de la alimentación toma mayor relevancia cuando la base forrajera es de animales a pastoreo, situación que aborda la presente publicación.

La elaboración de este documento técnico no es fruto de la casualidad sino de la necesidad declarada por el Comité Técnico del Consorcio Lechero. Dicho comité vio en esta iniciativa la oportunidad de consolidar y poner a disposición de los productores de leche, y otros profesionales del sector, el conocimiento que se genera en nuestros centros tecnológicos.

Es importante señalar que esta publicación contó con el financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria y el Consorcio Lechero, en el marco del proyecto “Consorcio Tecnológico de la Leche” código FIC-CS-C-2004-1-P-001.

Estamos seguros que el libro “Suplementación de vacas lecheras a pastoreo” será de ayuda en el mejoramiento de la competitividad del sector lechero, y felicitamos a los autores Sr. Rubén Pulido, Sr. Julián Parga, Sr. Francisco Lanuza y Sr. Oscar Balocchi por esta importante contribución.

Finalmente quisiéramos expresar nuestro particular agradecimiento al Cluster Lácteo, región de Los Lagos, por el apoyo para concretar la impresión de este libro

Sebastián Ganderats F.
Gerente General
Consorcio Lechero

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	LA PRADERA COMO ALIMENTO	11
2.1.	PRODUCCIÓN Y ESTACIONALIDAD DE LA PRADERA	11
2.2.	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PRADERA	13
2.2.1.	Efecto del estado fenológico de las plantas en el valor nutritivo de la pradera	13
2.2.2.	Contenido de materia seca	14
2.2.3.	Contenido de energía	15
2.2.4.	Contenido de proteína	16
2.2.5.	Contenido de fibra detergente neutro	17
2.3.	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA PRADERA COMO ALIMENTO DURANTE EL AÑO	18
2.4.	POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS ALIMENTADAS EXCLUSIVAMENTE CON PRADERA	19
3.	SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS	21
3.1.	INTRODUCCIÓN	21
3.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS SUPLEMENTARIOS	21
3.2.1.	Concentrados Energéticos	23
3.2.2.	Concentrados Proteicos	29
3.2.2.1.	Concentrados proteicos de origen vegetal	29
3.2.2.2.	Subproductos proteicos de origen animal	32
3.2.3.	Aditivos	35
3.2.4.	Voluminosos frescos	40
3.2.4.1.	Brásicas forrajeras	40
3.2.4.2.	Leguminosas forrajeras: alfalfa y trébol rosado	42
3.2.5.	Voluminosos conservados	44
3.2.5.1.	Ensilajes	44
3.2.5.2.	Henos	47
3.2.6.	Residuos de cosecha	48
3.2.6.1.	Paja de cereales	48
3.2.6.2.	Paja tratada	48

4.	CONSUMO DE PRADERA POR VACAS LECHERAS A PASTOREO	49
4.1.	INTRODUCCIÓN	49
4.2	FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE MATERIA SECA EN PASTOREO	49
4.2.1.	Características del animal	50
4.2.1.1.	Estado fisiológico y nivel de producción de leche	50
4.2.1.2.	Edad, tamaño corporal y nivel de reservas corporales	52
4.2.2.	Factores climáticos, estacionales y fotoperiodo	53
4.2.3.	Características de la pradera	54
4.2.3.1.	Estructura de la pradera y facilidad de cosecha	54
4.2.3.2.	Características nutricionales de la pradera que afectan el consumo	57
4.2.4.	Manejo alimentario del ganado	58
4.2.4.1.	Oferta de pradera	58
4.2.4.2.	Suplementación alimenticia	60
5.	RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO	65
5.1.	INTRODUCCIÓN	65
5.2.	RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN DE CORTO PLAZO	66
5.2.1.	Las características del animal	67
5.2.1.1.	Potencial genético de la vaca	67
5.2.1.2.	Condición corporal	68
5.2.1.3.	Estado de lactancia	68
5.2.2.	Características de la pradera y del suplemento	68
5.2.2.1.	Disponibilidad de la pradera	68
5.2.2.2.	Calidad de la pradera	69
5.2.2.3.	Cantidad de suplemento	70
5.2.2.4.	Tipos de suplemento	71
5.2.3.	Estrategia de suplementación	73
5.3.	RESPUESTAS DE LARGO PLAZO A LA SUPLEMENTACIÓN	74
6.	BIBLIOGRAFÍA	75

1. INTRODUCCIÓN

La utilización eficiente de las praderas en la alimentación de vacas lecheras, constituye la base de un sistema de alimentación a pastoreo de bajo costo. En estos sistemas, la producción es dependiente en gran medida del consumo de pradera y de la calidad del forraje disponible, así como de la carga animal y la productividad individual de las vacas.

La cantidad y la calidad de la pradera producida no son constantes durante la estación de pastoreo, lo que impide que los animales con niveles productivos medios a altos satisfagan completamente sus requerimientos nutritivos. Por otro lado, a raíz de la intensificación de la producción de leche y del mejoramiento genético animal se han generado cambios a nivel de la fisiología de la vaca lechera, que alteran su capacidad reproductiva, su salud, producción y por ende, su longevidad. Para enfrentar esta situación ha sido necesario concentrar la densidad nutritiva de las raciones a través del uso de alimentos suplementarios a la pradera y/o aumentar la oferta de materia seca, para permitir, en el marco de comportamiento alimenticio (tiempo de pastoreo - rumia - descanso), alcanzar un consumo adecuado de nutrientes acorde con la mayor demanda fisiológica.

Los suplementos tienen el potencial de entregar un alimento adicional de calidad, pero en general son de mayor costo que la pradera, por lo que deben ser utilizados estratégicamente. Su uso adecuado permite mantener la productividad animal en períodos de escasez de forrajes y mejorarla con respecto a la que es posible obtener solo con pradera. La decisión de la cantidad y tipo de suplemento a utilizar dependerá de diversos factores, tales como la carga animal, el nivel productivo de los animales, la relación de precios entre la leche y el alimento suplementario, además de los posibles efectos de la suplementación en el peso vivo y eficiencia reproductiva de los animales.

En general, la suplementación de las vacas lecheras durante el período de pastoreo no debiera superar el 30% de la dieta total en términos de materia seca. En tales condiciones, la cantidad y calidad nutritiva de la pradera es lo que definirá los parámetros fisiológicos nutricionales y la productividad animal. Por otra parte, cuando él o los suplementos (ensilaje, cultivo suplementario y concentrado) pasan a constituir más del 40% de la dieta, este o estos son los que definen el comportamiento animal.

La información que se presenta en este trabajo es producto de resultados de investigación desarrollados tanto a nivel nacional como internacional en el ámbito de la suplementación de la vaca lechera en pastoreo. Se incluyen antecedentes de la pradera y de los alimentos suplementarios de uso común en Chile, de los factores que afectan el consumo de materia seca de pradera y el efecto de la suplementación en la producción y composición de la leche, en el corto y largo plazo. El objetivo es aportar al conocimiento de productores, profesionales, técnicos y estudiantes, para contribuir en mejorar el uso de los suplementos alimenticios en la vaca a pastoreo y, con ello, mejorar la eficiencia productiva del sistema lechero.

2. LA PRADERA COMO ALIMENTO

Oscar Balocchi L.

2.1. PRODUCCIÓN Y ESTACIONALIDAD DE LA PRADERA

Las condiciones de suelo y clima del sur de Chile son muy adecuadas para el desarrollo de praderas permanentes. Sin embargo, en condiciones naturales, estas tienen un rendimiento de forraje limitado y marcadamente estacional. Dada esta realidad, durante mucho tiempo se han realizado grandes esfuerzos para aumentar la producción de las praderas y disminuir su estacionalidad. La información generada en esta zona muestra que una pradera natural produce entre 3 y 5 toneladas de materia seca por hectárea (ha) al año y puede triplicar su producción de forraje cuando es sometida a un programa de mejoramiento. No obstante, el éxito alcanzado en mejorar la estacionalidad de la producción ha sido menor, dado que esto depende en gran medida de la condición climática, una de las variables que no maneja el productor.

En sistemas de producción de leche en base a praderas es evidente que el aumento de la producción de forraje se traducirá en un incremento de la producción de leche, solo si es que este va acompañado de una buena eficiencia de utilización del forraje producido. Lo anterior permitirá lograr el objetivo final, que es un mayor consumo de forraje por ha, el que está positivamente asociado al margen económico de los sistemas lecheros basados en pradera (figura 2.1).

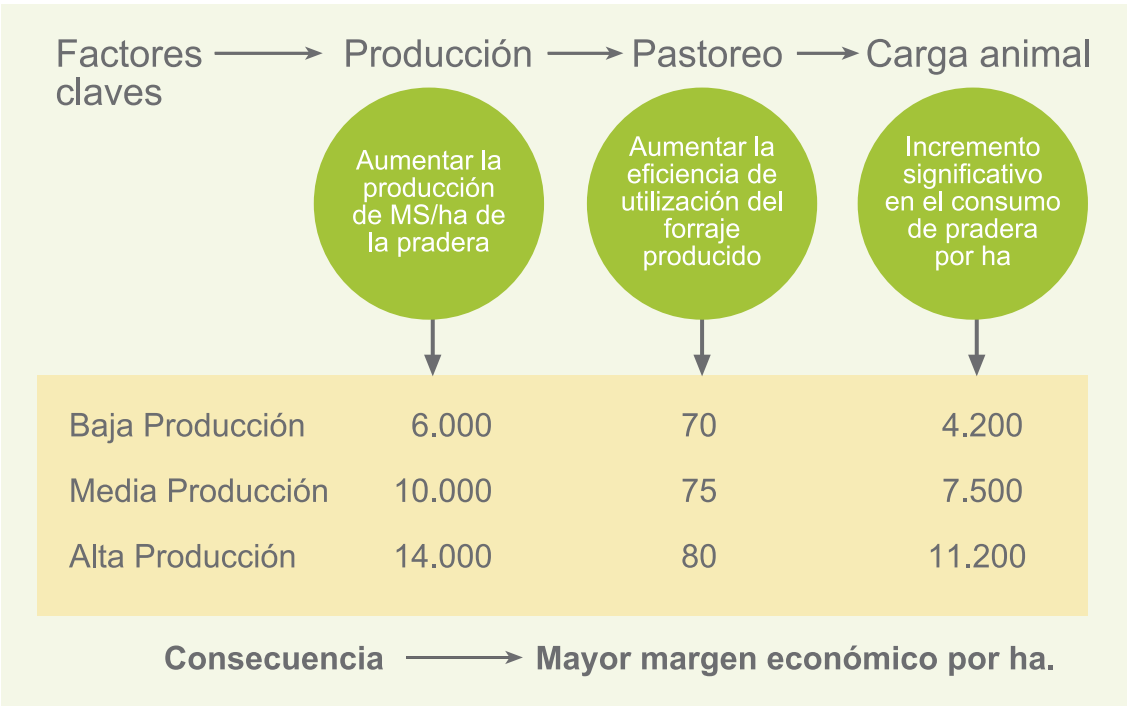


Figura 2.1. Factores claves: producción primaria de la pradera y utilización del forraje producido.

Tal como ya se mencionó, una limitante de la pradera como alimento es la marcada estacionalidad de su producción, lo que genera períodos de excedente y de déficit de forraje en relación con los requerimientos del rebaño. El crecimiento de la pradera en los meses favorables de primavera es 7 a 10 veces mayor que en los meses invernales. Adicionalmente, el verano puede constituirse en un segundo período crítico. En la figura 2.2 se observa el contraste entre el crecimiento de la pradera durante un verano seco y otro lluvioso, lo que demuestra que el verano corresponde al período de mayor variabilidad, por su gran dependencia de la pluviometría. Cuando el verano es seco, el crecimiento de la pradera puede ser incluso inferior al invernal.

La oferta irregular de pradera a través del año representa un gran desafío para el productor lechero, en donde la suplementación con forrajes conservados y cultivos forrajeros son opciones fundamentales para manejar esta estacionalidad. Del mismo modo, la suplementación con concentrados también cumple un rol importante, particularmente en lo relativo al balance apropiado de los nutrientes que permitan satisfacer los requerimientos de vacas en lactancia.

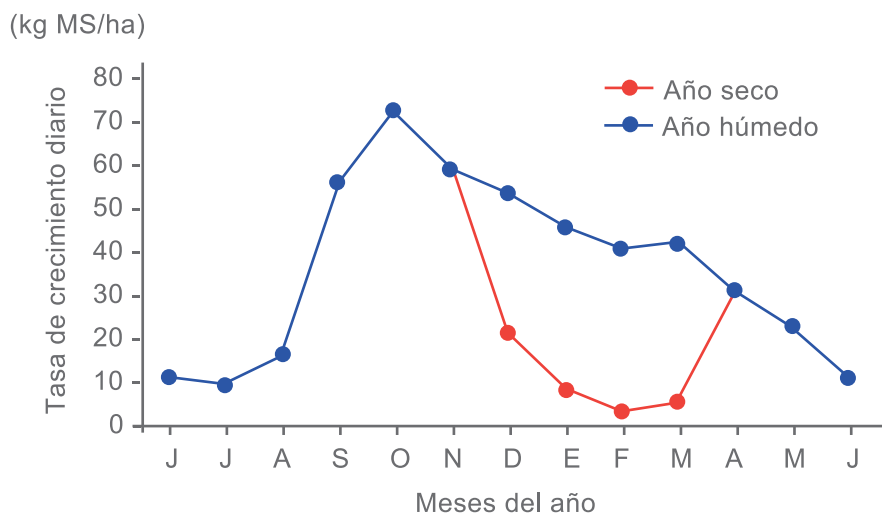


Figura 2.2. Evolución del crecimiento diario (kg MS/ha/día) de una pradera permanente a través del año, en el llano central de Osorno (Teuber y Bernier, 2002).

El crecimiento de las praderas en cada estación del año es variable, dependiendo de las especies que la dominan y, sobre todo, del nivel de fertilidad del suelo y las dosis de fertilizantes aplicadas. El cuadro 2.1 muestra los rangos normales de crecimiento registrados en praderas permanentes fertilizadas en el sur de Chile. El período estival se presenta separando un verano seco de uno húmedo (o con riego), lo que puede corresponder a años con diferente pluviometría, o también, a una diferente latitud (norte-sur) y longitud (este-oeste) dentro de cada área edafoclimática.

Cuadro 2.1. Rangos de tasas de crecimiento en kg MS/ha/día por estación en praderas permanentes fertilizadas, en la zona sur de Chile.

Área edafoclimática	Otoño	Invierno	Primavera	Verano húmedo	Verano seco
Llano central	20-40	8-15	55-80	30-50	5-10
Precordillera andina	15-35	5-10	50-75	35-50	10-20
Precordillera costa	15-25	8-15	45-70	15-30	0-10
Ñadis	15-30	5-10	40-65	30-40	5-10

2.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PRADERA

La pradera permanente representa un alimento cuya disponibilidad y valor nutritivo son variables. Sin embargo, la diferencia en calidad a través del año es predecible, dado que el principal factor que determina el valor nutricional es el estado fenológico de las plantas que componen la pradera. Una buena caracterización nutritiva de la pradera y de la evolución de su calidad permite predecir de mejor manera la respuesta productiva de las vacas al uso de suplementos.

2.2.1. Efecto del estado fenológico de las plantas en el valor nutritivo

Paralelamente, estos cambios reducen la concentración de nutrientes en el forraje producido, desde valores máximos en los estados vegetativos inmaduros, plenos de hojas, hasta valores mínimos en las plantas maduras dominadas por tallos reproductivos. El incremento progresivo de los tallos aumenta el contenido de paredes celulares (fibra) y su lignificación, disminuyendo la proporción de contenidos celulares digestibles (aprovechables) en el forraje. La pérdida de valor nutritivo se manifiesta como una baja en la digestibilidad de la materia seca, asociada a una disminución progresiva del contenido de proteínas y de carbohidratos solubles.

La disminución del valor nutritivo es similar para las diferentes especies y variedades de gramíneas que componen las praderas. Pero la velocidad con que baja el valor nutritivo está determinada por la precocidad de floración (emergencia de espigas) de cada variedad. En este sentido, las especies de floración más tardía disminuyen su valor nutritivo más lentamente. Los cambios en el valor nutritivo, producto del estado fenológico, son menos marcados en leguminosas de crecimiento postrado, como el trébol blanco, dado que en este caso no existe presencia de tallos en el material cosechado.

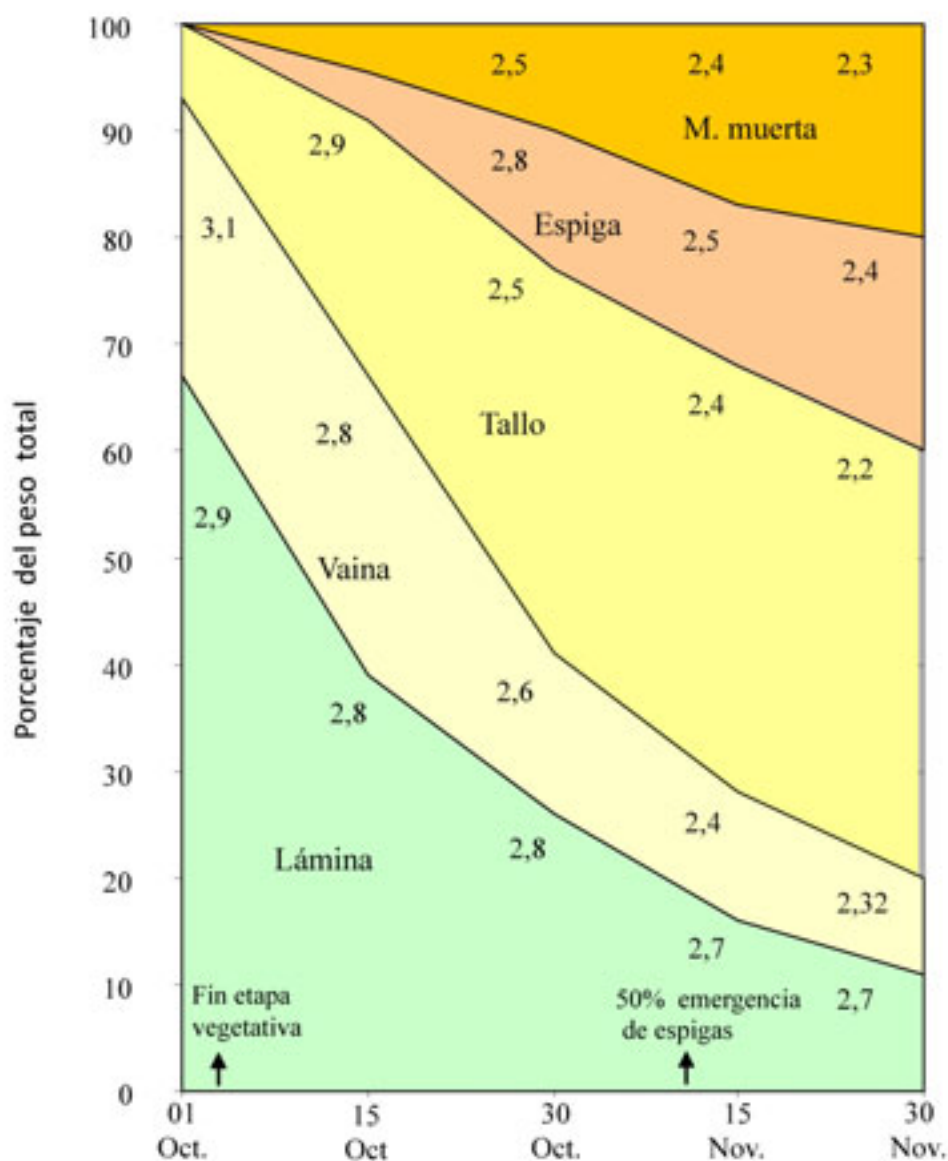


Figura 2.3. Cambios en la contribución de los componentes morfológicos y en la concentración de energía metabolizable en ballica perenne, durante el crecimiento de primavera.

2.2.2. Contenido de materia seca

El contenido de materia seca (MS) de la pradera a través del año es muy variable, con valores muy bajos en invierno y comienzos de primavera, que en la mayoría de los casos no superan el 14%, hasta valores muy altos en verano, especialmente en situaciones de déficit hídrico, cuando pueden aproximarse al 50% de MS. La figura 2.4 muestra la evolución de la concentración de MS en la pradera a través del año, donde se observa que las condiciones climáticas estivales pueden generar una gran diferencia.

Un bajo contenido de materia seca en la pradera puede ser una limitante para un alto consumo en pastoreo, debido al gran volumen de forraje fresco que debe ser procesado diariamente (ver cap. 4). Esto restringe el consumo de energía y el nivel de producción de leche en vacas de elevado potencial productivo, con altos requerimientos nutricionales.

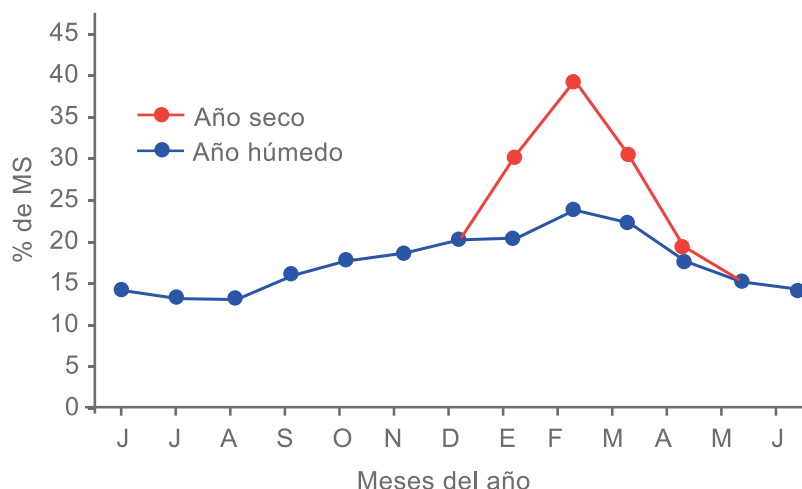


Figura 2.4. Evolución del contenido de materia seca (MS) de una pradera permanente fertilizada en un año con verano húmedo y uno con sequía estival (Anrique et al., 2008).

2.2.3. Contenido de energía

Como se verá a continuación, la figura 2.5 muestra el contenido de energía metabolizable (EM) de praderas permanentes fertilizadas, en lecherías del sur de Chile, distinguiendo entre un año con verano húmedo y otro con verano seco. Se incluye una línea que representa el nivel de requerimientos de EM de vacas en lactancia con una producción de 25 litros diarios. Para un año con verano húmedo, los valores mensuales no descienden de 2,6 Mcal/kg MS. Pero en años con verano seco, el contenido de EM baja considerablemente durante este período a valores de 2,0 a 2,3 Mcal/kg, y tiene un efecto residual que se prolonga al otoño siguiente. Como resultado de lo anterior, durante aproximadamente 6 meses del año se tendrían niveles de energía inferiores a 2,7 Mcal/kg MS. El manejo del pastoreo y, en particular, la frecuencia de pastoreo, es un factor que puede hacer variar la concentración de EM, especialmente en los meses de primavera. Las praderas regadas tienen un valor nutritivo y concentración de EM similar a la obtenida en un verano húmedo.

La concentración de EM de una pradera de buena calidad durante la estación de pastoreo sería suficiente para cubrir los requerimientos de vacas de alta producción de leche, con la excepción de los períodos de sequía. Sin embargo, el consumo insuficiente de pradera que se logra en pastoreo limita la ingesta de energía para producciones promedio mayores a 22-24 litros por vaca (ver cap. 5). Por lo tanto, las vacas de alta producción en pastoreo deberán ser suplementadas para que logren el consumo de MS y EM necesarios para cubrir sus requerimientos.

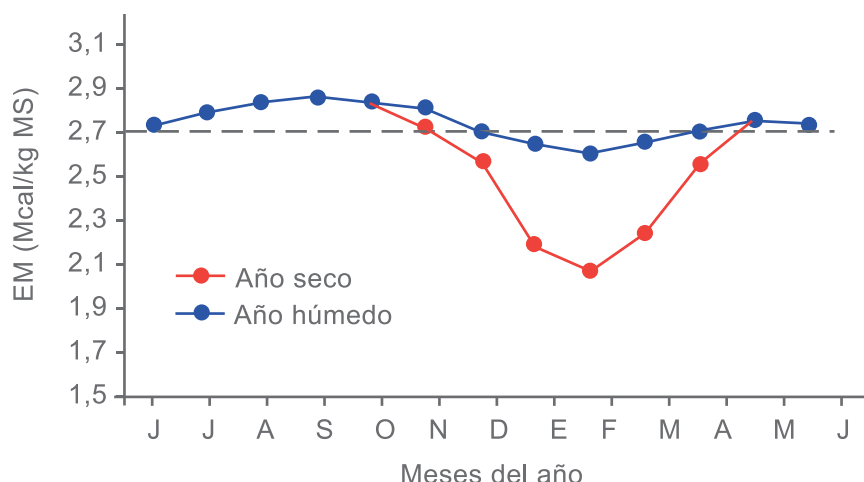


Figura 2.5. Evolución del contenido de energía metabolizable (EM) de una pradera permanente fertilizada en un año con verano húmedo, y en un año con sequía estival (Anrique et al., 2008).

2.2.4. Contenido de proteína

Las praderas permanentes fertilizadas contienen altos niveles de proteína cruda (PC) durante gran parte del año. La figura 2.6 muestra que estos valores superan los requerimientos de una vaca con una producción de 25 litros diarios, señalados en la línea punteada. Solamente durante el período estival los valores de PC son menores a los requerimientos de las vacas en lactancia. En años con sequía estival, el contenido de proteína de las praderas baja significativamente hasta valores cercanos al 10%, lo que es una limitante nutricional para vacas en lactancia.

Por otra parte, durante períodos cortos de tiempo, la pradera puede alcanzar niveles muy altos de proteína, cercanos e incluso superiores a 30%, especialmente inducidos por altas fertilizaciones nitrogenadas asociadas con pastoreos frecuentes. La concentración de proteína en el crecimiento otoñal es usualmente más elevada que en primavera. Otro factor que influye bastante en la concentración de proteína es el manejo del pastoreo, en el que defoliaciones frecuentes aumentan las concentraciones de proteína del pasto.

La mayor parte de la proteína de la pradera es altamente degradable en el rumen (hasta 80%) y es la fuente principal de nitrógeno para los microorganismos ruminales, los que pueden contribuir con más del 50% de la proteína que requiere el animal. No obstante, la eficiencia de síntesis microbiana en vacas a pastoreo no es óptima, ya que el aporte de proteína de la pradera durante gran parte del año es excesivo en relación con el aporte de energía disponible en el rumen (carbohidratos solubles). El nitrógeno no utilizado por dichos microorganismos es absorbido como amonio y debe ser convertido a urea en el hígado, con un consiguiente costo energético para la vaca. Este problema generado por el exceso de nitrógeno es evidente en los meses de otoño, cuando el alto contenido de proteína del pasto se conjuga con el bajo nivel de carbohidratos solubles.

A pesar de la condición de alta degradabilidad ruminal de la proteína, la pradera puede satisfacer los requerimientos de proteína metabolizable de vacas en lactancia. Esto se observa en trabajos realizados en el país, en los que una suplementación de 5 kg/día de concentrado energético no mejoró la síntesis de proteína ruminal en vacas en pastoreo primaveral con alta oferta de pradera. Por este motivo no sería necesaria la suplementación con fuentes proteicas en vacas con producciones de hasta 30 litros, cuando pastorean praderas con niveles de proteína superiores a 24%

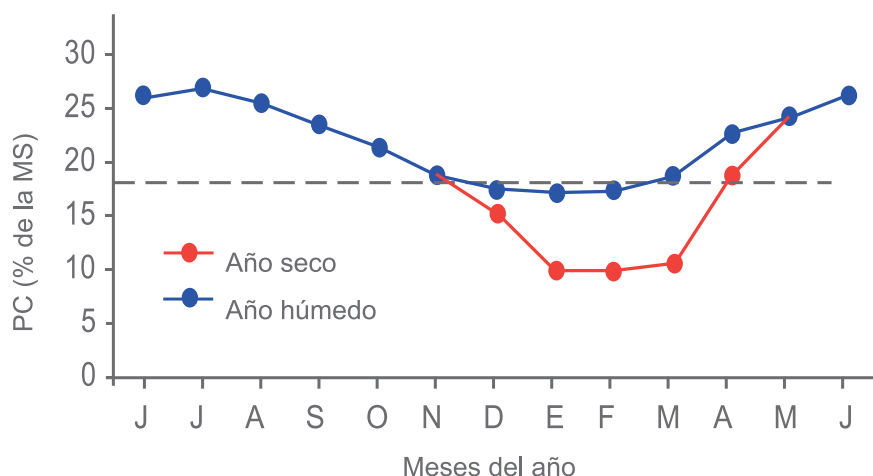


Figura 2.6. Evolución del contenido de proteína cruda (PC) de una pradera permanente fertilizada en un año con verano húmedo y en un año con sequía estival (Anrique et al., 2008).

2.2.5. Contenido de fibra detergente neutro

La fibra detergente neutro (FDN) corresponde a la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina). Es importante porque se relaciona con el contenido de energía y el consumo de forraje. En la medida que aumenta el contenido de FDN, la tasa de digestión y pasaje ruminal disminuye, afectando el consumo de MS, especialmente en praderas en fase reproductiva. En aquellas en estado vegetativo, la FDN está poco lignificada y tiene menos efecto sobre el consumo de forraje.

La figura 2.7 muestra la evolución del contenido de FDN de una pradera permanente fertilizada, en el sur de Chile. Se indica la diferencia que ocurre en un verano húmedo (o pradera bajo riego) y un verano seco. Normalmente, un alto contenido de FDN limita el aporte de energía de la pradera, en especial en plantas en estado reproductivo, cuando la FDN tiene menor digestibilidad.

Por el contrario, cuando se pastorean praderas de alta calidad, particularmente a fines de invierno y comienzos de primavera, la FDN es muy digestible y poco efectiva para estimular los procesos de masticación, salivación y rumia, lo que puede provocar un déficit de fibra efectiva o estructural para el animal. En estas circunstancias, si la pradera contiene menos de 35-40% de FDN y es el único forraje de la dieta, es recomendable suplementar a los animales con pequeñas cantidades de algún forraje tosco, como heno o paja, para corregir el déficit de fibra efectiva, evitar trastornos digestivos y una posible disminución del contenido de materia grasa de la leche.

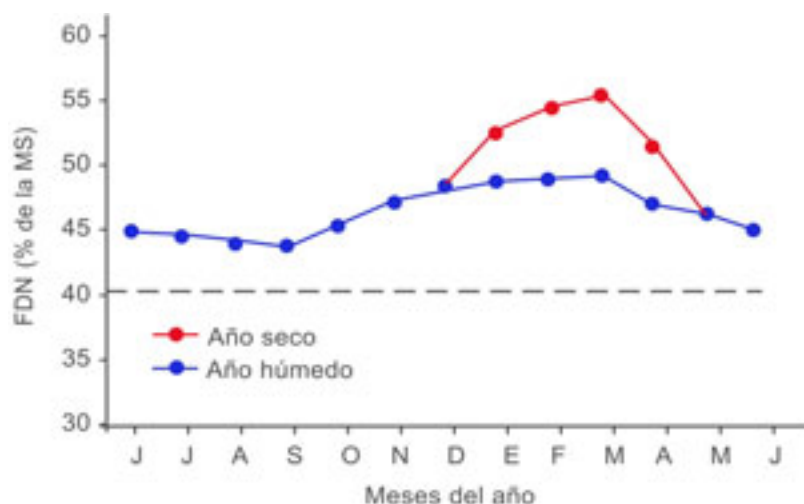


Figura 2.7. Evolución del contenido de fibra detergente neutro (FDN) de una pradera permanente fertilizada en un año con verano húmedo, y un año con sequía estival (Anrique et al., 2008).

2.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA PRADERA COMO ALIMENTO DURANTE EL AÑO

Invierno

- Baja disponibilidad de materia seca, debido a un crecimiento restringido, lo que determina un bajo consumo de pradera en pastoreo.
- Excesivo contenido de agua (baja MS), bajo nivel de fibra efectiva y alta proteína en relación al contenido de energía.

Primavera

- Alta disponibilidad de forraje y una elevada concentración de nutrientes.
- Alto contenido de agua, baja fibra efectiva y alta proteína pueden ser limitantes nutricionales al comienzo de la estación de primavera.

Verano

- Disminución progresiva del valor nutritivo, que restringe el consumo, independiente de la disponibilidad, aspecto que se acentúa en pleno verano, cuando la digestibilidad de la pradera llega a su mínimo.
- Se tornan limitantes nutricionales el contenido de EM, PC y fósforo (se amplía la relación Ca/P); existe un elevado nivel de FDN.

Otoño

- La pradera tiende a ser similar en calidad nutritiva que durante el invierno y comienzo de primavera, en algunos casos con alta acumulación de materia muerta, producto de un subpastoreo en verano.
- El crecimiento otoñal se caracteriza por un alto nivel de PC y baja concentración de carbohidratos solubles, lo que reduce la respuesta productiva de los animales.

2.4. POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS ALIMENTADAS EXCLUSIVAMENTE CON PRADERA

La mayoría de la información disponible en relación al potencial de producción de leche en base a praderas corresponde a etapas parciales de la lactancia. Los estudios contemplan el período invernal (3-4 meses), cuando las vacas se alimentan fundamentalmente con forrajes conservados, o solo consideran el período de crecimiento de la pradera (primavera-verano), con duraciones entre 5 y 8 meses. Evaluaciones que aborden la producción de lactancias completas son bastante más escasas, tanto a nivel nacional como internacional. Para las condiciones del sur de Chile, y debido a las características de los sistemas de producción imperantes, sería necesario incluir una etapa de pastoreo y una de suplementación con forrajes conservados.

Información para lactancias completas existe en Nueva Zelanda, donde se señalan producciones basadas solo en pastoreo de 3.350 L/vaca para vacas de primer parto y de 4.000 L/vaca para vacas adultas de la raza Holstein. En Inglaterra, usando vacas British Friesian, con parto de fines de invierno y un período de estabulación de 87 días alimentadas con ensilaje, todo proveniente de pradera de ballicas perennes, se obtuvieron producciones de 4.006 L/vaca de primer parto y 4.680 L/vaca adulta (con 277 días de lactancia). Por su parte, en los Estados Unidos de Norteamérica se evaluó la producción de leche utilizando solamente ensilaje de alfalfa de un alto contenido de materia seca (47% MS, 21% de PC y 36% de FDA). Este ensilaje fue suplementado con sales minerales y la producción en vacas de primer parto fue de 4.600L/vaca y 5.700 L/vaca adulta.

Acerca de los estudios realizados en Chile se puede mencionar el de Oromo, Purranque, Región de Los Lagos, donde se evaluaron lactancias con un mínimo uso de concentrado (0,5 kg/vaca/día en los primeros 50 días). La producción de leche fue de 3.501 L/vaca en el primer año y de 4.120 L/vaca en el segundo año. En el Centro Experimental Remehue, Osorno, se evaluó la producción de vacas de alto potencial genético alimentadas exclusivamente en base a forrajes. Durante el invierno, las vacas se manejaron en estabulación con ensilaje de maíz, alfalfa y pradera, y durante la primavera-verano, con pastoreo en una pradera de gramíneas y trébol blanco. La producción lograda solo con forrajes (pastoreo + ensilajes) alcanzó 5.115 L/vaca.

Por su parte, en el Centro Experimental Quilamapu, en Chillán, con vacas en pastoreo sin concentrado se alcanzaron producciones de 4.600 a 4.900 L/vaca. Evaluaciones realizadas durante seis años en el Centro Experimental Remehue (Osorno) en el período primavera-verano (entre 10 y 16 semanas) mostraron como promedio de producción 20 L/vaca/día. El resultado por lactancia completa fue de 4.900 L/vaca/lactancia y la producción por hectárea, de 9.760 L/ha, con cargas que fluctuaron entre 1,9 y 2,2 vacas/ha. En este trabajo se muestra el significativo efecto que tienen las condiciones climáticas estivales sobre la producción de leche a pradera. En un año con verano seco (1986-87), el resultado fue de 8.760 L/ha, sin embargo en un año con verano más lluvioso (1989-90), la producción fue de 11.625 L/ha. Se comparó además la producción de leche con mezclas de ballica o festuca con trébol blanco, sin encontrarse diferencias entre ellas.

En síntesis, la producción de leche por vaca cuando se alimentan exclusivamente en base a forrajes (pastoreo + forraje conservado) puede alcanzar niveles desde 3.300 hasta 5.700 L/vaca, con valores más frecuentes en torno a los 4.000-4.500 L/vaca. La producción promedio que se puede esperar en la etapa de pastoreo es cercana a 20 L/vaca/día.

La producción de leche por hectárea dependerá además del valor nutritivo de la pradera y del potencial productivo de las vacas, del rendimiento de la pradera y de la carga animal/ha, las que en conjunto determinarán la oferta y consumo de pradera por animal. Praderas de alto rendimiento podrían mantener cargas anuales de 2 a 2,2 vacas/ha y sostener producciones de leche de hasta 10.000 a 11.000L/ha solo a base de praderas.

3. SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS

Francisco Lanuza A

3.1. INTRODUCCIÓN

La caracterización nutricional de la pradera durante el año, y en especial, en la temporada de pastoreo (septiembre a mayo) refleja que no es un alimento balanceado en los nutrientes que requieren las vacas lecheras a pastoreo (ver cap. 2). Esto ocurre principalmente durante el período estival, en el que el clima determina fuertemente tanto la cantidad como la calidad de la pradera disponible. Así también, en la primavera temprana existe un bajo nivel de materia seca (MS), fibra estructural y un exceso de proteína.

Para abordar esta situación es necesario ofrecer a las vacas en producción, alimentos suplementarios, y así corregir la deficiencia o exceso de uno o más nutrientes, como también cubrir un déficit de cantidad de la pradera, que les permita un adecuado consumo y a la vez resguarde a la pradera de un sobrepastoreo que signifique su degradación.

El objetivo de este capítulo es hacer una breve reseña de los suplementos alimenticios de uso común en la producción de leche a pastoreo. Su caracterización nutricional se basa principalmente en la información nacional publicada recientemente (composición de alimentos para el ganado bovino), y de los proveedores de insumos importados. Además, se señala en qué casos existen restricciones de uso, así como el manejo y procesamiento de algunos subproductos de reciente introducción en nuestro medio.

Es necesario hacer notar que la información que más adelante se entrega debe considerarse solo como una guía de referencia, ya que cada predio lechero tiene características propias, como tipo de praderas y cultivos forrajeros; a lo anterior se agrega la alta variabilidad en los contenidos nutricionales de los alimentos suplementarios de forrajes conservados y de algunos subproductos y concentrados. Lo más adecuado es realizar análisis nutritivos de los alimentos por utilizar y adquirir los suplementos externos de proveedores confiables que respalden sus productos con la composición nutricional e ingredientes utilizados, en el caso de los concentrados balanceados.

3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS SUPLEMENTARIOS

Existen distintos criterios de clasificación de los alimentos en función del contenido de agua, la concentración del nutriente principal o del origen vegetal o animal. Sin embargo, lo más común es combinar varios criterios. Una clasificación posible se presenta en la figura 3.1.

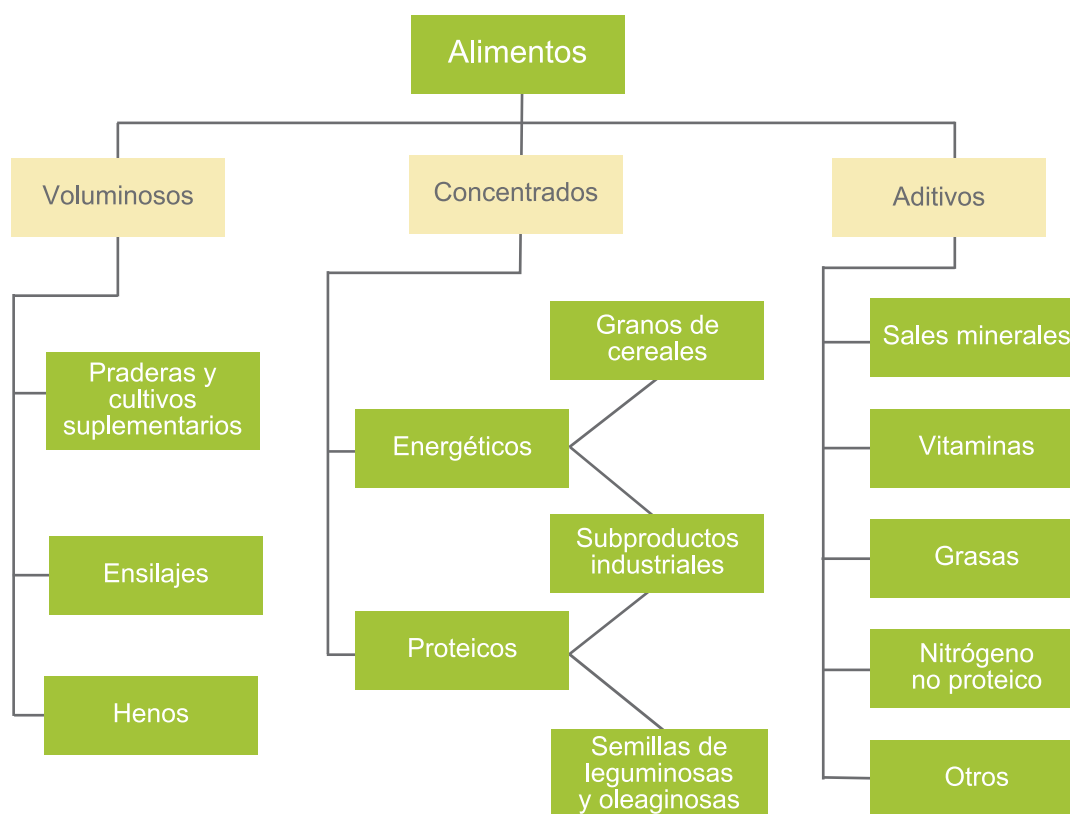


Figura 3.1. Clasificación de alimentos.

Si bien el agua no es considerada como un principio nutritivo, es el mayor componente en el organismo animal y es esencial para la vida, debido a su importancia en las funciones metabólicas. Las vacas lactantes sufren en forma rápida y severa las consecuencias de una insuficiencia hídrica, respecto de otros nutrientes. El requerimiento de agua depende principalmente del nivel de producción de leche, del tipo de ración alimenticia, de la temperatura ambiente, del viento y de la humedad relativa.

El abastecimiento de agua para el animal proviene de tres fuentes: la consumida en forma libre (agua de bebida), la ingerida en los alimentos, y la producida por el metabolismo de los nutrientes en el cuerpo. En promedio se estima que el 83% del total de agua consumida es en forma libre (rango 70-97%); el requerimiento de agua por litro de leche producida varía entre 2,3 y 3,0 litros.

En pastoreo, el consumo de pradera vegetativa puede satisfacer alrededor del 60% del requerimiento diario de agua, debido al alto contenido de agua del forraje (80-85%). Sin embargo en verano, con las elevadas temperaturas y escasa pluviometría, el forraje disponible tiene un alto contenido de materia seca y por ende, el aporte de agua disminuye en forma significativa. En general, las vacas deben disponer de agua limpia y fresca en forma permanente, pues pueden consumir entre 70 y 120 litros al día, según sean las condiciones ambientales y de manejo.

Los concentrados son alimentos que poseen un bajo contenido de humedad (contienen alrededor de 88% de MS) y un bajo nivel de fibra, por lo tanto una elevada densidad nutricional. Se clasifican en energéticos o proteicos. Se entenderá como “energéticos” en caso de que la energía metabolizable (EM) sea igual o mayor a 2,7 Mcal por kg MS, y “proteicos” cuando el contenido de proteína cruda (PC) sea igual o mayor a 20% de la MS. Los concentrados energéticos incluyen los cereales de grano pequeño (centeno, cebada, triticale, trigo y avena), maíz, sorgo y algunos subproductos industriales (coseta de remolacha, melazán y afrechos de cereales).

Los concentrados proteicos pueden ser de origen vegetal o animal; entre los de origen vegetal se encuentran las semillas de leguminosas (lupino, soya, algodón y despunte de leguminosas), afrechos de algodón, raps, maravilla y maní; brotes de malta, orujo de cebada cervecera, y subproductos del maíz (*gluten feed* y *gluten meal*). Entre los de origen animal, hay prohibición de uso de los subproductos de mataderos de animales mamíferos (Resolución SAG n° 614, año 2004) y algunas restricciones vigentes para la utilización de harinas de sangre. Las harinas de origen marino, provenientes de la industria pesquera, tienen mayor importancia. También se está usando en forma incipiente la harina de plumas. Recientemente se encuentra disponible un subproducto industrial: los granos secos de destilería o DDGS, que se pueden clasificar como energéticos-proteicos.

Los aditivos son alimentos que se entregan en pequeñas cantidades, pero que son trascendentes en funciones metabólicas y de complementación nutricional de los otros alimentos. Los aditivos se agrupan como nutritivos y no nutritivos. En los nutritivos se incluyen las sales minerales (orgánicas e inorgánicas), grasas y aminoácidos protegidos, y las vitaminas. Entre los no nutritivos están los ionóforos, probióticos, arcillas, enzimas y otros.

Los voluminosos son alimentos que se caracterizan por poseer una densidad nutricional no muy alta, debido a su bajo porcentaje de materia seca (suculentos) o su gran contenido de fibra (forrajes toscos como henos y pajas de cereales). Entre los suculentos se encuentran los forrajes frescos, como las praderas de rotación en estado vegetativo (alfalfa, trébol rosado) y los cultivos suplementarios como nabos y rutabagas. También se consideran como voluminosos los forrajes conservados, como ensilajes de pradera, maíz, cereales de grano pequeño, trébol rosado y alfalfa.

3.2.1. Concentrados Energéticos

Estos concentrados aportan su energía principalmente a partir de los carbohidratos, los cuales pueden ser de tipo no estructurales (CNE), como el almidón y los azúcares, o de tipo estructurales (a base de fibra digestible), como celulosa y hemicelulosa. Los granos de cereales son la fuente más importante de carbohidratos no estructurales, como el almidón, fácilmente fermentables en el rumen y que presentan una alta digestibilidad. La coseta de remolacha, la pulpa de cítricos, la cascarilla de soya, entre otros, constituyen las fuentes más importantes de carbohidratos estructurales. Estos últimos se caracterizan por presentar una digestión más lenta en el rumen, lo que favorece la estabilidad del ambiente ruminal.

Cebada

Es un cereal de alto contenido energético (3,2 Mcal EM/kg MS) y alrededor de 12% de PC, pero bajo en minerales como calcio (Ca) y fósforo (P). La cebada es un grano con una cubierta muy resistente a la degradación química del rumen, lo que hace necesario aplastarlo o hacer una molienda gruesa para facilitar su digestión. Una vez expuesto, el almidón es altamente degradable (94%) y de una gran velocidad de degradación (32%/hora post suplementación); esto dispone prontamente su energía para los microorganismos ruminales, pero existe riesgo de acidosis, al suplementar mucha cantidad de una vez.

Avena

Es un recurso de uso común en la zona sur de Chile. Tiene un valor energético (2,7 a 2,8 Mcal EM/kg MS) inferior a los cereales clásicos, por la presencia de las glumas que recubren la semilla. Estas estructuras son ricas en fibra lignificada que “diluyen” el valor energético del grano. Como ventaja, la avena puede suministrarse sin procesamiento previo (grano entero), ya que los animales la mastican y rumian con cierta facilidad; mediante un procesamiento de roleado mejora alrededor de un 7% la EM. La concentración de PC es cercana a 11% y el almidón que contiene es de rápida degradación en rumen. Por ello no hay que suplementar mucha cantidad de una vez, para no provocar acidosis.

Trigo

Es un cereal de uso posible como suplemento en raciones para animales, ya que su destino principal es el consumo humano. Los valores nutricionales son similares al grano de cebada, pero la velocidad de degradación de su almidón en el rumen es aún mayor. Por lo tanto se debe racionar su entrega en varias porciones cuando se utiliza como único suplemento, o mezclarlo con otros de más lenta degradación, para disminuir también el riesgo de acidosis ruminal.

Triticale

Este cereal (cruza de trigo con centeno) tiene contenidos de energía y proteína similares a la cebada y el trigo. Al igual que ellos, debe procesarse para una eficiente utilización y también su almidón es rápidamente degradado en el rumen, de modo que debe tomarse la misma precaución que con los cereales antes mencionados.

Grano de maíz

Es uno de los suplementos energéticos de mayor importancia para la alimentación animal. Contiene la concentración de energía más alta, 3,3 Mcal EM/kg MS, y bajos niveles de proteína (8% PC), rica en metionina y pobre en lisina y triptofano. El contenido de minerales también es bajo, particularmente el de calcio (0,04% Ca; 0,26% P). El nivel de almidón es cercano a 72% (similar al sorgo) y su degradación es lenta comparada con la de los cereales de grano pequeño, por lo que parte de este almidón escapa a la degradación ruminal y puede ser aprovechado a nivel de intestino delgado.

Los bovinos tienen una limitada capacidad para masticar los granos de cereales, particularmente los de tamaño pequeño, lo que hace esencial romper la cubierta del grano por medios mecánicos o químicos, para mejorar su aprovechamiento. La digestibilidad puede aumentar entre 10 y 30% respecto del grano entero, según el tipo de procesamiento mecánico del grano seco (partido, aplastado, molido grueso, molido fino). El procesamiento del grano de maíz permite una mayor accesibilidad al almidón por parte de los microorganismos ruminales, lo que aumenta su digestibilidad. Con el tratamiento de tostado y de extrusión del grano se combinan los efectos del calor y humedad, además de la presión, provocando la gelatinización del almidón y favoreciendo de esta forma su degradación en el rumen (cuadro 3.1)

Cuadro 3.1. Resumen de los efectos de varias técnicas de procesamiento en el grano y en funciones digestivas (Adaptado de Rowe et al., 1999).

	Procesamiento							
	Molienda gruesa	Molienda fina	Roleado en seco	Laminado al vapor	Extrusión	Peletizado	Micronización	Explosionado
Rompe la cubierta y/o expone endosperma	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	++
Reduce tamaño de partícula	+++	+++	+	++	-	-	+	-
Separa gránulos de almidón y/o disturba la matriz de endosperma	-	-	-	+	++	+	S/i	+
Disturba gránulos de almidón y/o causa hidratación y gelatinización	-	-	-	+	+	+	S/i	+++
Incremento tasa de fermentación	++	+++	++	+++	++	+	S/i	S/i
Incremento digestión intestinal	+	+	+	++	++	++	++	+++
Mejora digestibilidad total en bovinos	++	++	++	+++	+++	+++	++	S/i

S/i = Sin información

Maíz de grano húmedo

Se define como maíz de grano húmedo (MGH) al ensilaje del grano cosechado con una humedad comprendida entre el 23 y 40%, que es conservado sin previo secado, en condiciones de anaerobiosis. La humedad del grano modifica ciertas propiedades físico-químicas que mejoran la digestión microbiana ruminal y la tasa de pasaje. Este es un suplemento muy adecuado para la dieta del animal en pastoreo que consume pradera rica en proteínas degradables. Para su

almacenamiento y preservación se utiliza el silo-bolsa, que posibilita un alto porcentaje de aprovechamiento, de aproximadamente 90%. Su valor nutritivo principal es la energía con alrededor de 3,0 Mcal/EM/kg MS y cerca de 76% de carbohidratos no estructurales (almidón). Contiene bajos niveles de fibra (10,5% FDN), proteína (7,5% PC) y minerales (Ca 0,03%; P 0,27%). Se puede suministrar junto con un voluminoso, para asegurar el aporte de fibra efectiva a las vacas en pastoreo, o mezclado con suplementos concentrados, como granos, subproductos de cultivos y balanceados.

Granos secos de destilería

Este es un subproducto de la elaboración de un biocombustible (etanol) derivado principalmente del maíz y en menor grado, de otros cereales. El maíz contiene casi dos tercios de almidón, el que se convierte en etanol y dióxido de carbono durante un proceso de destilación y fermentación. Los nutrientes que quedan del maíz procesado son la proteína, grasa, fibra, minerales y vitaminas, los que conforman el grano de destilería o soluble de destilería condensado. Los tres productos finales disponibles son: concentrados de grano de destilería de maíz desecados (DDG, por su sigla en inglés), granos de destilería de maíz desecados con solubles (DDGS) y solubles de destilería condensados de maíz (CDS). Los granos de destilería húmedos se pueden vender como alimento para ganado o desecados en granos de destilería (DDG).

Estos subproductos de destilería son muy palatables y excelentes fuentes de proteína (28% PC) no degradable (*by pass*), pues sobre el 60% de la PC pasa intacta al intestino y es rica en metionina. Tienen además alrededor de 3,5 Mcal EM por kg de MS, 44% fibra detergente neutro (FDN), 11% carbohidratos no estructurales y 1% de fósforo (P). Pueden ser un muy buen complemento en raciones para vacas de alta producción, a inicios de lactancia bajo pastoreo, para corregir la alta proteína degradable del forraje, y para vacas que reciben grandes niveles de grano (almidones), lo que optimiza los carbohidratos en la ración y con ello, la estabilidad del pH del rumen.

Coseta de remolacha

Es el subproducto de la industria azucarera, que se procesa para balancear algunos nutrientes que son deficitarios, como la energía. La coseta seca tiene alrededor de un 9% PC y 3,1 Mcal EM/kg MS, y su fibra es altamente digestible. Es un suplemento concentrado de uso común en raciones de vacas lecheras a pastoreo.

Melazán

Subproducto de tipo energético (3 Mcal EM/kg MS) derivado de la industria azucarera, con 70 a 78% MS y un aporte proteico de 15%, mayoritariamente como nitrógeno no proteico. Es un muy buen saborizante natural para suplementar raciones fibrosas; sus limitaciones de uso derivan de los carbohidratos (azúcares simples solubles en agua), que quedan rápidamente disponibles en el rumen, por lo que su utilización en cantidades excesivas, mayores a 10% de la MS de la ración, puede conducir a situaciones de acidosis. Su manejo se dificulta con clima frío, ya que tiene una alta viscosidad y densidad específica; se puede calentar con cuidado, pues a 39 °C se inicia el proceso de caramelización que empeora aún más las condiciones para su manipulación.

Afrechillo de trigo

Este subproducto de la fabricación de harina tiene un valor energético que deriva fundamentalmente de los carbohidratos fibrosos de la cubierta de los granos. Por lo tanto, se trata de una fuente de energía de menor digestibilidad y “metabolicidad” que la del almidón. Su valor energético, de 2,7 Mcal EM/kg MS, es alrededor de un 18 a 22% inferior al grano de maíz. Sin embargo, los afrechillos de trigo evaluados en ensayos con animales, han demostrado que su valor de energía es muy menor. Por lo tanto, este subproducto representaría menos de 40% del potencial que tiene el grano de maíz como concentrado energético para vacas lecheras. Se puede utilizar como suplemento en bovinos de mediano a bajo nivel productivo. Su contenido de proteína cruda promedio es de 15,6%.

Cáscara de soya

Son las cubiertas exteriores de los porotos soya, que se desprenden y recuperan durante el procesamiento de los granos. Se caracterizan por poseer buena energía (mayor a 2,5 Mcal EM/kg MS) y valores de proteína cruda similares al afrechillo de trigo. Tienen un alto contenido en fibra detergente neutro (FDN > 60%) de alta digestibilidad ruminal, superior a 80%, por lo que pueden ser empleadas como fuente de fibra degradable y reducir el impacto de los carbohidratos no estructurales. Los valores máximos de inclusión no debieran exceder los 6 kg/animal/día. Es un recurso que está siendo muy investigado en Estados Unidos, para equilibrar las dietas de vacas en transición a la lactancia. Sin embargo, se debe tener en cuenta que su calidad es poco uniforme, por lo que es recomendable emplearlo sobre la base de análisis químicos de cada partida del producto.

En la figura 3.2. se muestran algunos de los principales concentrados energéticos (granos enteros y procesados) y en el cuadro 3.2. se presenta un resumen de la composición nutricional de estos alimentos.



Figura 3.2. Algunos concentrados energéticos con distintos procesamientos.

Cuadro 3.2. Valor nutritivo promedio de los concentrados energéticos más comunes, para la suplementación de vacas lecheras a pastoreo (base materia seca).

ALIMENTO	EM *	PC *	FDN *
	(Mcal/kg MS)	(%)	(%)
Cereales grano pequeño y maíz			
Avena grano	2,7	11,2	29,2
Cebada grano	3,1	12,0	27,5
Triticale grano	3,2	11,5	15,6
Trigo grano	3,3	12,7	17,4
Maíz grano	3,3	8,1	13,5
Maíz grano húmedo	3,0	7,5	10,5
Maíz roleado	3,4	7,6	10,8
Subproductos agroindustriales			
Afrecho/Afrechillo de trigo	2,7	15,6	44,3
Coseta de remolacha	3,1	9,0	-
DDGS**	3,5	28,0	44,5

* EM = energía metabolizable; PC = proteína cruda; FDN = fibra a detergente neutro (paredes celulares o fibra total).;

** DDGS = granos de destilería de maíz desecados con solubles.

3.2.2. Concentrados Proteicos

3.2.2.1. Concentrados proteicos de origen vegetal

Lupino

Existen variedades con distintos niveles de alcaloides, que le confieren un sabor amargo y otras dulces. El grano contiene entre 30 y 42% de PC y es de alta degradabilidad en el rumen. Posee alrededor de 3,3 Mcal EM/kg MS, 7 a 9% de extracto etéreo y 18 a 25% FDN. El tratamiento térmico permite neutralizar el problema de los alcaloides en las variedades amargas. Debido a la degradabilidad de su proteína, se debe usar con cautela en vacas a pastoreo sobre praderas en crecimiento vegetativo con proteína altamente degradable (primavera, otoño). Sin embargo, puede ser un buen aporte durante el período estival, cuando la pradera suele ser deficitaria en proteína.

Semilla de algodón

Se le considera un suplemento balanceado de alto tenor proteico (20-24% PC), con degradabilidad ruminal media y un valor energético de entre 2,8 y 3,2 Mcal EM/kg MS. Básicamente la energía de la semilla de algodón proviene de sus aceites (19% de extracto etéreo en la MS), la que casi no se utiliza a nivel ruminal, sino que en el intestino delgado, por lo que como única fuente de energía generaría desequilibrios para las bacterias del rumen. Puede suministrarse entera o roleada en seco; su molienda es complicada, debido a la fibra larga que contiene. Esta fibra tiene

una excelente digestibilidad y fermentabilidad. Posee buen nivel de fósforo (0,6%), particularmente el afrecho (1,3%), además de vitamina E.

El problema que tiene este suplemento es la presencia de gossypol (un aldehído polifenólico bináftilico), compuesto tóxico que afecta a los animales, sobre todo bajo condiciones ambientales de alta temperatura, en lugares muy soleados, calurosos y poco aireados, en los que se reduce la tolerancia al fitotóxico. Por lo anterior es recomendable no superar los 2 kg/vaca/día o el 15% de la MS, y agregar pequeñas cantidades de sulfato ferroso en la ración, para que se ligue al gossypol inactivándolo.

Afrecho de algodón

En general, su contenido nutricional difiere con el de la semilla de algodón, en que la proteína es más alta (45% PC), algo mayor la fibra y menor el extracto etéreo (sobre 6%), producto de la extracción del aceite. Hay que mantener los cuidados ya señalados con respecto al gossypol.

Soya

Aunque no se produce en nuestro medio, es importado principalmente desde Argentina; ahí se denomina poroto de soja (semilla sin vaina), que es en esencia un producto energético-proteico (3,35 Mcal EM/Kg MS; 44,7% PC) y se puede utilizar en las raciones, como la semilla de algodón. Es rico en aceites poliinsaturados (61% en el aceite), y su proteína es de alto valor biológico (lisina) y de gran degradabilidad. No es una buena fuente de fibra efectiva y debe ser procesado mecánicamente antes de suministrarlo; con el tostado podría disminuir la degradabilidad de su proteína a menos de 45%. Según información extranjera, es posible administrar sin inconvenientes el poroto de soja crudo, siempre y cuando no se exceda el 20% de la MS total, o que junto a los otros ingredientes de la ración no se supere el 6 a 7% de lípidos totales.

Con respecto a los aceites, se ha visto que la suplementación con soya (tostada principalmente), incrementa de forma significativa las concentraciones de ácido linoleico conjugado (CLA) en la leche. De acuerdo con lo anterior sería aconsejable suplementar a vacas a pastoreo en el período estival (forraje con menos proteína) y, en algunos casos, con cautela, durante la primavera, en que el forraje tiene elevada proteína altamente degradable.

Afrecho de soya (expeller)

Es un subproducto residual de la industria de la elaboración del aceite, que contiene un alto nivel de proteína (49% PC), de gran valor biológico (rico en lisina) y un buen valor energético (3,1 Mcal EM/kg MS). La degradabilidad de su proteína es menor que la del grano de soya, pero variable, dependiendo del grado de calentamiento y del tiempo de tostado que se alcanza durante el proceso de extracción del aceite. También, su energía puede variar en función de la eficiencia del proceso y del método utilizado para la extracción del aceite; si el aceite se saca por solventes, el afrecho posee una mayor concentración proteica y menor de lípidos (extracto etéreo) y fibra, comparado con un método mecánico.

Soya (descarte)

El descarte de la clasificación de los porotos se denomina sojilla. Este subproducto es interesante desde el punto de vista nutricional y puede incorporarse en las dietas, con las mismas consideraciones que el poroto entero. No obstante, puede estar contaminado con otras semillas de malezas, restos de plantas, etc., lo que provoca una alta variabilidad en su composición química y valor nutritivo. En la mayoría de los casos no es necesario moler el material, ya que casi todas las semillas están partidas en trozos muy pequeños. Como regla general, para animales adultos no se recomienda utilizarlos en más de 5 kg/vaca/día.

Arvejas (despunte)

Este suplemento se origina a partir del proceso de selección de la arveja destinada a consumo en seco o a procesamiento para conserva, para humanos. Su contenido nutricional se acerca al del grano, con 20 a 24% de PC, y de 3,0 a 3,3 Mcal EM/kg MS. Contiene un alto nivel de carbohidratos no fibrosos (60%) y se puede suplementar asociado a algún voluminoso en la primavera, y como ingrediente en el concentrado en período estival. Se considera un buen suplemento energético-proteico.

Semillas de maravilla (girasol)

No es muy común su uso, pero tienen un alto potencial energético (3,31 Mcal EM/kg MS), debido a su gran contenido de aceite (sobre 20%), que es de excelente calidad, con ácidos grasos poliinsaturados, omega 3 y 6. El contenido de proteína cruda fluctúa entre 20 y 35%. Las semillas deben molerse, para su mejor utilización por los animales, pero hay un alto riesgo de enranciamiento, por lo que es necesario suministrarlas dentro de los 2 o 3 días de la molienda. Este alimento puede causar depresión de la grasa de la leche y también en los niveles de proteína. También podrían presentarse indigestiones con diarrea, debido a sus altos contenido de aceite. No se recomienda incluir niveles superiores al 10% de la dieta en base a materia seca.

Afrecho de maravilla (expeller)

Este subproducto resultante del proceso de la extracción del aceite puede provenir de semilla con cáscara o descascarada. La primera presentación tiene alrededor de un 90% de MS, con 34% de PC; la descascarada contiene 89% MS y 28% PC (30% de la PC es de tipo no degradable en el rumen o bypass). Posee un contenido promedio de FDN de 40%. La energía puede variar entre 2,2 y 2,8 Mcal/kg EM, según la eficiencia del procesamiento de extracción del aceite. Aunque es un producto muy palatable para el ganado, por su bajo nivel energético, solo debiera destinarse como suplemento de animales con bajos requerimientos, o en períodos críticos.

Afrecho de raps o canola

Subproducto industrial de la elaboración de aceite que tiene alrededor de 90% MS y 37% PC de alta degradabilidad (65% a 75% de la proteína es degradable en el rumen), 2,7 Mcal

EM/Kg MS, 33% FDN, 3,4% Ca y 0,9% P. Tradicionalmente se ha recomendado que el afrecho de raps no supere el 12% de la MS total de la ración. Sin embargo, estos límites podrían ser sobrepasados con las nuevas variedades del tipo canola actualmente comercializadas, las que poseen concentraciones mucho menores de ácido erúico, glucosinolatos y otros factores antinutricionales, los que pueden afectar el consumo de MS y la salud del ganado.

Afrecho de maní

Este subproducto se comercializa también como torta de maní. Tiene un alto contenido de PC (48%), aproximadamente 25 a 30% no degradable en el rumen. La energía se acerca a 3,1 Mcal EM/kg MS, la FDN a 14%, y posee un buen nivel de carbohidratos no estructurales (28%). Se considera un buen suplemento energético-proteico, bajo en fibra para vacas en pastoreo de primavera, pero adecuado para el período estival, en que el forraje tiene menos proteína y energía, y alta fibra.

Brotos de malta

Este subproducto de la industria de la cerveza tiene un alto valor de PC (25 a 35%), con alrededor del 50% no degradable en el rumen (proteína *by pass*). Tiene un valor energético medio (2,7 Mcal EM/kg MS), ya que la mayoría de los almidones y azúcares fueron extraídos en el proceso de elaboración. Se han descrito problemas de palatabilidad cuando se supera el 15% de la materia seca del concentrado.

Subproductos del maíz

De la extracción de almidón y glucosa del maíz se obtienen una serie de subproductos adecuados para la alimentación animal. El afrecho de gluten o *gluten-feed* contiene alrededor de un 20% PC de alta degradabilidad ruminal (70%), una concentración energética cercana a 3 Mcal EM/Kg MS y un 37% de FDN.

La harina de gluten o *gluten-meal*, también producto de la extracción de almidón, presenta una mayor concentración de proteína (60% PC) y es de menor degradabilidad. La energía de este subproducto es de 3,3 Mcal EM/Kg MS y la FDN, cercana al 5%. Ambos subproductos cuentan con buenos niveles de carbohidratos no fibrosos (entre 26 y 29%). Dada su elevada proteína, no se recomienda como suplemento para vacas a pastoreo en primavera, pero puede ser un buen suplemento para el verano.

3.2.2.2. Subproductos proteicos de origen animal

Antes de enumerar los suplementos de origen animal es conveniente señalar la prohibición de uso de la harina de carne y hueso, principal subproducto hasta hace algunos años, debido a que se le considera por la Organización de Sanidad Animal (OIE) como un “material específico de riesgo” (MER) en la transmisión de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB), llamada también “enfermedad de la vaca loca”. Chile se encuentra categorizado en el nivel I de riesgo,

por el comité científico de expertos de la Unión Europea, y por ello el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) emitió una resolución adicional (n° 614) como medida sanitaria preventiva de las EEB. Sin embargo, otras proteínas, como las de derivados de leche y sangre pueden ser utilizadas, porque de acuerdo a la OIE no son MER. Solo podría haber limitaciones de uso de estas en aquellos predios habilitados como PABCO-A (Planteles Animales bajo Certificación Oficial, tipo A), autorizados para exportar a la Unión Europea, ya que en esos países existen restricciones para su utilización.

Harina de sangre

Tiene un buen valor nutritivo, especialmente en proteína (88% PC), con un alto porcentaje de tipo *by pass*. El problema que presenta es su mala palatabilidad, sobre todo cuando hay algún procesamiento con calor en exceso; puede incorporarse de 1 a 2% en la ración. Este subproducto es considerado como reemplazo de la harina de pescado como fuente proteica y, también, por su alto contenido de lisina, puede ser un buen complemento de los DDGS (granos de destilería de maíz desecados con solubles) que contienen buenos niveles de metionina pero bajos en lisina.

Harina de pescado

Es una muy buena fuente de proteína (68% PC), rica en aminoácidos esenciales azufrados, con una alta digestibilidad del nitrógeno (85-89%), y de baja degradabilidad en el rumen (40%). Tiene niveles altos de calcio (4,4%) y fósforo (2,9%), medios de energía (2,7 Mcal EM/kg MS) y hasta un 10% de extracto etéreo. Es un buen suplemento para vacas lecheras, sin embargo su palatabilidad puede ser un problema; es recomendable mezclarla con otros suplementos para facilitar su ingestión y en general, no sobrepasar el 2,5% de la ración base materia seca en vacas lecheras.

En la figura 3.3 se muestran algunos de los concentrados proteicos y en el cuadro 3.3 se presenta un resumen de la composición nutricional de los principales concentrados proteicos utilizados en la alimentación de vacas lecheras.

En la figura 3.3 se muestran algunos de los concentrados proteicos y en el cuadro 3.3 se presenta un resumen de la composición nutricional de los principales concentrados proteicos utilizados en la alimentación.



Lupino



Semilla de algodón



Afrecho de soya



Extrusado de soya



Afrecho de maravilla



Gluten meal



Gluten feed



Brote de malta



Harina de pescado

Figura 3.3. Algunos concentrados proteicos con distintos procesamientos.

Cuadro 3.3. Valor nutritivo promedio de alimentos proteicos y subproductos de origen vegetal y animal, para la suplementación de vacas lecheras a pastoreo (base materia seca).

ALIMENTO	EM*(Mcal/kg MS)	PC*(%)	FDN*(%)
Origen vegetal			
Lupino grano (albus)	3,3	36,9	18,4
Semilla de algodón	2,8	23,1	45,9
Afrecho de algodón	2,7	45,1	30,5
Afrecho de soya	3,1	49,1	11,7
Afrecho de maravilla	2,8	48,9	19,9
Afrecho de raps	2,7	36,7	32,7
Brotes de malta	2,7	29,1	51,0
Gluten feed	3,0	23,2	37,2
Gluten meal	3,3	65,2	5,0
Origen animal			
Harina de sangre	3,3	88,8	-
Harina de pescado	2,7	67,9	-

* EM = energía metabolizable; PC = proteína cruda; FDN = fibra a detergente neutro (paredes celulares o fibra total).

3.2.3. *Aditivos*

Dentro de este grupo de suplementos se encuentran los minerales, vitaminas y otras sustancias que se suministran en pequeñas cantidades para suplir deficiencias de los forrajes y/o mejorar la eficacia de uso de algunos nutrientes.

Minerales

La clasificación de los minerales esenciales en elementos mayoritarios o macrominerales y minerales traza o microminerales, depende de su concentración en los animales o las cantidades necesarias en la ración alimenticia. Los macrominerales se encuentran en cantidades altas en el organismo animal, superiores a 50 mg/kg de peso vivo, por lo que sus requerimientos se expresan en g/día y el aporte de los alimentos en porcentaje o g/kg de MS. Los minerales traza en cambio, normalmente se encuentran en el organismo animal en cantidades inferiores a 50 mg/kg y son necesarios en cantidades inferiores a 100 mg/kg de ración.

Casi todos los macrominerales y minerales traza realizan una o varias funciones en el organismo. Los minerales sodio, potasio y cloro tienen primariamente funciones electroquímicas (equilibrio ácido-base, control osmótico de la distribución del agua). Otros minerales tienen funciones estructurales, el calcio y fósforo son componentes esenciales de los huesos, y el azufre es necesario para la síntesis de proteínas estructurales. En ocasiones también hay minerales que realizan varias funciones como el magnesio que participa de procesos catalíticos, electroquímicos y estructurales.

Algo necesario de señalar es la interacción que tienen ciertos minerales (calcio, molibdeno; potasio, magnesio, etc.), en donde pueden interferir la absorción y actividad de otros. También es conveniente tener en cuenta que la mayoría de los minerales administrados en forma excesiva pueden ser tóxicos pudiendo provocar enfermedades por exceso o incluso, la muerte. Este hecho es especialmente evidente con algunos minerales traza como el cobre, selenio, molibdeno, flúor, vanadio y arsénico.

Los principales macrominerales que requieren las vacas lecheras son calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), azufre (S), cloro (Cl) y potasio (K). Los suplementos minerales se formulan de acuerdo con requerimientos según estado fisiológico de los animales y el contenido del nutriente en el forraje. Hay una limitada información y una alta heterogeneidad en el contenido de minerales de las praderas dado por las especies que la componen, su estado fenológico y los niveles y tipos de fertilizantes aplicados. En general, las leguminosas contienen más minerales que las gramíneas, particularmente Ca. Por otra parte, la concentración de calcio en las gramíneas tiende a aumentar en la medida que las plantas maduran y por el contrario, disminuyen el fósforo y potasio.

Las fuentes más comunes de suplementos para los macrominerales son el carbonato cálcico para el calcio, fosfato dicálcico para el fósforo, sal común para el sodio y cloro y magnesita calcinada para el magnesio. Otras fuentes de calcio y fósforo son el fosfato monocalcico, producto que solamente proporciona cantidades importantes de calcio y fósforo en una relación aproximada de 0,9 partes de calcio y 1 de fósforo, y el fosfato tricálcico, cuya relación Ca:P es cercana a 2:1. Por su parte, el fosfato monosódico tiene una relación fósforo:sodio de 1,3:1; en cambio, en el fosfato disódico, la relación se invierte a 0,7:1.

El óxido de magnesio contiene aproximadamente un 50% de magnesio, y se puede utilizar como fuente de magnesio en el período de primavera, cuando aumenta la probabilidad de presentación de hipomagnesemia, por el rápido crecimiento de las praderas.

En general se indica que la composición mineral puede variar, de acuerdo con la fuente para un mismo producto. Ello obliga a la industria de alimentos para nutrición mineral al chequeo de la composición para cada partida, asegurando así los estándares de calidad exigidos por el mercado. Existe una gran variedad de industrias y laboratorios que proveen una gama de suplementos minerales para cada situación productiva animal y régimen de alimentación.

En cuanto a los microminerales zinc (Zn), cobre (Cu), selenio (Se), cobalto (Co), yodo (I), hierro (Fe) y manganeso (Mn), también existe escasa información. Respecto de los valores deseables de estos minerales en praderas (mg/kg), en Zn: >50, Cu: >10, Se: >10, Co: >10, I: >50, Fe: >50 y Mn: >20. Se han observado deficiencias de zinc (3 de 4 trabajos), yodo (1 trabajo), cobalto (1 trabajo) y selenio (2 trabajos). El hierro y el manganeso se encuentran cubiertos adecuadamente; las dosis máximas sugeridas en la literatura consultada (mg/kg) serían 10 para cobalto, 40 para cobre, 5 para yodo, 1.000 para manganeso, de 5 a 40 para selenio, de 300 a 1.000 para zinc, y mayor a 1.000 para cromo. Por lo anterior se hace necesario conocer el contenido de minerales de las praderas a pastorear, y esta información tenerla como valor referencial.

Los microminerales pueden aportarse en forma de sales como por ejemplo el selenito sódico para el selenio. Para mejorar la biodisponibilidad se han desarrollado los minerales quelatados, en que el mineral se liga a una fracción orgánica (proteína o aminoácido) generándose con esto algunas ventajas como una mayor facilidad de absorción, no se afectan por cambios de pH, se mantienen solubles en todo el tracto digestivo y se absorben como tal, y se disminuye el riesgo de interacciones negativas con otros minerales.

Vitaminas

Estos micronutrientes o aditivos son esenciales para desarrollar adecuadamente y en forma oportuna las funciones vitales y de producción. La ventaja que tienen los rumiantes sobre otros mamíferos es poder sintetizar, por su población de microbios del rumen, muchas de las vitaminas hidrosolubles, como las del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, biotina, colina, ácido fólico, ácido pantoténico) y algunas liposolubles, como vitamina K. Además, al igual que otros mamíferos, sintetizan la vitamina C (ácido ascórbico) en sus propios tejidos.

No obstante, existen evidencias y recomendaciones de la necesidad de suplementar algunas vitaminas del complejo B en ciertas circunstancias (tiamina, cianocobalamina, niacina y, posiblemente, colina). En condiciones específicas se puede afectar la síntesis de algunas de ellas por alteraciones de la función ruminal (pH, niveles excesivos de amonio y otros), o por un inadecuado suministro de nutrientes (deficiencia de cobalto) y también, por raciones ricas en alimentos muy fermentables (melazas, tubérculos y raíces, cereales finamente molidos o tratados con calor).

Se ha descrito también, en vacas lecheras de alto rendimiento, una reducción aparente de la síntesis de la biotina cuando se usan dietas altas en energía. La suplementación con esta vitamina mejora la producción de leche y la salud de la pezuña y, con ello, disminuye la tasa de cojeras del rebaño.

Por otra parte, las vitaminas liposolubles que deben suministrarse a las vacas en la ración alimenticia son A, D y E. Se ha recomendado que las raciones para vacas lecheras contengan una concentración en UI/kg MS de 2.123 a 3.685 de vitamina A, de 579 a 1.004 de vitamina D, y 16 a 27 de vitamina E.

En general, durante la estación de pastoreo, existen altas concentraciones de los precursores de la vitamina A: los β -carotenos. Sin embargo, ante períodos de sequía estival prolongados, en los que baja notablemente el contenido de β -caroteno en la pradera y se suplementa además con ensilajes o heno, también pobres en β -carotenos, debiera considerarse una suplementación con premezclas de vitamina A en los concentrados. Cuando la deficiencia es por períodos cortos, el animal recurre a sus reservas de esta vitamina a nivel hepático.

Sucede algo parecido con la vitamina D, en cuanto a que es poco probable que haya deficiencias en los animales que consumen forrajes verdes y se encuentren expuestos a la radiación solar.

En relación con la vitamina E, esta, junto al selenio, son los antioxidantes más importantes del organismo. El contenido de vitamina E en los alimentos es muy variable, pero en los forrajes verdes y frescos regularmente se encuentra en niveles adecuados. Los forrajes conservados (henos y ensilajes) poseen entre 20 y 80% menos vitamina E que los forrajes frescos de los que provienen. Los subproductos concentrados, como las semillas de oleaginosas crudas (ej. poroto de soya, semilla de algodón, etc.) pueden ser una buena fuente de vitamina E. Pero esta se oxida fácilmente y disminuye su concentración cuando hay procesamientos como molido, calor u otro, almacenaje prolongado, o la presencia de lípidos rancios.

Grasa

Este suplemento altamente concentrado en energía (6 a 7,4 Mcal/kg MS) se usa por lo general en raciones de animales en estabulación. No obstante, atendiendo a la existencia de elevadas producciones de leche de vacas a pastoreo, con altos requerimientos de energía, puede ser una alternativa como ingrediente del concentrado. Los valores de energía son aproximadamente 2,25 veces superiores a los del maíz y están disponibles en diferentes formas y presentaciones. No se aconseja el suministro de grasas y aceites en forma líquida a temperatura ambiente, ya que afectan a los microorganismos ruminales y la digestibilidad de la fibra, pudiendo con ello disminuir la grasa y proteína en la leche. Se recomienda no suplementar con más del 2% de la ración alimenticia base seca y el suministro debe hacerse en forma paulatina, al igual que cuando se suspende. Se debe cuidar que los lípidos totales de la ración (ración base + suplementos) no sobrepasen el 7% de la MS total y se sugiere aumentar el aporte de calcio dietario. Para obviar los problemas a nivel de rumen, existen grasas protegidas o tratadas que son inertes en el rumen (*by pass*) y aportan su energía en el tracto digestivo posterior. Su incorporación como suplemento permitiría incrementar el total de lípidos en la dieta hasta niveles de 8%.

Ionóforos

Son aditivos que modifican la población microbiana ruminal promedio, inhibiendo el crecimiento de las bacterias gram-positivas y permitiendo el mayor desarrollo de las negativas. La monensina es el producto comercial con estas propiedades; modifica la relación de ácidos grasos volátiles en el rumen, incrementa el ácido propiónico (y la gluconeogénesis), y reduce los ácidos butírico y acético. El uso de ionóforos permite aumentar entre un 2 y un 4% la producción de leche, pero

también se puede afectar el porcentaje de materia grasa. Es posible evitar esto ofreciendo una ración que contenga niveles superiores de 32% FDN, y máximos de 25% de almidón, en especial si se usa maíz húmedo como suplemento.

Levaduras

Son hongos unicelulares que actúan en los microorganismos ruminales, mejorando su actividad enzimática y celulolítica y, con ello, la digestión de los componentes fibrosos y el flujo de nutrientes. También favorecen la estabilización del pH y mejoran el ambiente ruminal, al utilizar el oxígeno para su respiración y favorecer el ambiente de anaerobiosis, y así disminuir el riesgo de acidosis.

Sustancias buffers

Compuestos químicos que resisten la acidificación del medio ruminal. El más utilizado es el bicarbonato de sodio y, en menor medida, el sesquicarbonato de sodio, el carbonato de calcio y la bentonita (aluminio silicato). También se usa el óxido de magnesio, que es un alcalinizante que puede subir el pH. Además, contribuye con magnesio y tiene efectos positivos sobre la digestión de la fibra.

Bajo condiciones de consumo de raciones alimenticias balanceadas, la vaca posee la capacidad de mantener el pH ruminal dentro de un rango fisiológico de aproximadamente 5,5 a 7,0. Esto permite el equilibrio de la flora ruminal y se logra mediante la regulación del consumo, la producción de saliva, que contiene sustancias buffers como el bicarbonato, y la absorción de los productos ácidos provenientes de la fermentación microbiana del alimento (ácidos grasos volátiles [AGV] y, en menor medida, ácido láctico [AL]).

Cuando el grado de acidez ruminal inducido por la fermentación de los carbohidratos rápidamente disponibles supera la capacidad de los mecanismos reguladores, el pH ruminal cae de manera drástica por debajo de 5,5, lo que se traduce en acidosis ruminal. Los mayores riesgos se presentan cuando los animales reciben concentrados que contienen carbohidratos de rápida fermentación (cebada, trigo, avena procesados), y más todavía, si estos son suministrados en una sola ración diaria. También sucede cuando la ración alimenticia es baja en fibra efectiva y tiene poca MS, como pasa en condiciones de pastoreo a inicios de primavera y otoño, lo que afecta en forma importante la producción de saliva y el tránsito digestivo.

Se recomienda primero hacer un balance correcto de la ración (niveles de fibra, cantidad, tipo y manejo de los suplementos concentrados) e incorporar, en la composición del concentrado, bicarbonato de sodio y óxido de magnesio, en 1% y 0,3 % de la MS respectivamente.

Existen además otros aditivos nutricionales menos utilizados, tales como aminoácidos protegidos, taninos condensados, enzimas, ácidos orgánicos, adsorbentes de micotoxinas y otros, que por razones de espacio no serán abordados en esta oportunidad.

3.2.4. Voluminosos frescos

La necesidad creciente de alimentos de calidad para una producción de leche intensiva que sobrelleve la irregularidad en la oferta de la pradera permanente, ha llevado en el último tiempo a un aumento sostenido de los cultivos forrajeros y praderas de rotación, para ser utilizados como un suplemento fresco o para conservación como ensilaje. Entre los de mayor importancia destacan aquellos del género Brassica, como el nabo forrajero, la rutabaga o colinabo, la col forrajera, el raps forrajero, y también algunas praderas de leguminosas, como alfalfa y trébol rosado.

3.2.4.1. Brásicas forrajeras

Se destinan principalmente a la producción de forraje fresco para suplementar a las vacas en períodos críticos de verano e invierno, y a veces para el otoño cuando existe un efecto residual de la sequía de verano. El cuadro 3.4 presenta un resumen del valor nutritivo de las brásicas más utilizadas en la zona sur del país.

También se han introducido comercialmente otras especies, como raps forrajero y algunos nabos “de invierno” sin evaluar aún, pues no se cuenta con análisis químico-nutricionales publicados.

Cuadro 3.4. Valor nutritivo de especies del género Brassica (planta completa).

Cultivo	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)	Energía metabolizable Mcal/kg MS
Nabo	14,1	14,9	20,2	16,4	2,88
Rutabaga	10,6	16,0	22,8	19,5	2,91
Col	12,7	14,4	36,5	25,4	2,71

Nabo forrajero

Es un cultivo que se ha masificado en los últimos años. Su aporte de nutrientes se concentra en el verano, pero su rendimiento puede variar ampliamente según la pluviometría durante la estación estival. Del mismo modo, la lluvia afecta la relación hoja:raíz, la que puede variar desde 2:1 a principios del verano hasta relaciones inversas de 1:2 hacia el final de la estación, o durante veranos muy secos. En general, las hojas tienen un mayor contenido de MS, PC, FDN y FDA que la raíz, y lo opuesto sucede con el contenido de energía. Más del 90% de la EM es aprovechable en el rumen, debido a su elevado contenido de carbohidratos solubles (30 a 50% de la MS en raíces).

Es un alimento succulento, por lo que el consumo de materia seca es bajo. A medida que avanza la madurez de las plantas puede disminuir el valor nutritivo del follaje, por la senescencia natural de las hojas, proceso que se intensifica en los veranos secos. Por el contrario, la calidad nutricional de las raíces tiende a mantenerse más estable a través de la estación.

El nabo forrajero se debe utilizar en pastoreo en franjas angostas con cerco eléctrico, ofreciendo hasta un máximo de 5 kg MS/vaca/día. El consumo de grandes cantidades de brásicas forrajeras (más del 30% de la MS), puede afectar la salud animal debido a la presencia de algunos factores antinutricionales. Los principales riesgos están asociados a la acumulación de nitratos y a la presencia de glucosinolatos y de metil cisteína sulfóxido (SMCO) en el forraje, los que podrían causar problemas de intoxicación, daño hepático, bocio y anemia hemolítica, respectivamente.

Rutabaga o colinabo

Este cultivo se destina primariamente para ser utilizado en otoño-invierno según sea necesario o se puede ofrecer también durante el verano. No está muy difundido y existe escasa información sobre su uso como suplemento. Tiene rendimientos promedio de alrededor de 8 a 12 ton MS/ha y puede ser consumido directamente en pastoreo, en franjas con cerco eléctrico, bajo condiciones favorables de clima. Sin embargo, se ha observado que las vacas lo consumen con más dificultad que el nabo, porque les cuesta más arrancar las plantas (poseen mayor densidad de raíces secundarias que la sostienen) y al parecer, las raíces son más duras. Bajo condiciones de clima lluvioso con formación de barro, el pastoreo de otoño-invierno se dificulta, por lo que es aconsejable cosechar manualmente las raíces y entregarlas picadas al ganado.

Col forrajera

Es un cultivo suplementario planificado casi siempre para el invierno, pero frente a crisis climáticas puede ofrecerse también como suplemento de verano-otoño para las vacas en pastoreo. La utilización anticipada, en verano, reduce el rendimiento prácticamente a la mitad (4 a 6 ton MS/ha) respecto del que es posible obtener en otoño-invierno, pero la relación hoja-tallo es mayor, lo que favorece su valor nutritivo global. Si en verano se deja un residuo alto de tallos y las condiciones de clima son favorables (temperatura y pluviometría), las plantas pueden rebrotar y ser reutilizadas a fines de invierno. Lo ideal es utilizar las coles en pastoreo en franjas angostas con cerco eléctrico. Pero también es posible cosecharlas con máquina (chopper) y suministrarlas como soiling. No es recomendable que representen más del 30% de la MS diaria de la ración, ni consumirlas una vez que las plantas comienzan a florecer, debido a que contienen algunos principios tóxicos que desencadenan la enfermedad metabólica llamada “anemia de la col”.



Figura 3.4. Cultivos suplementarios de verano - otoño: rutabaga (fotos izquierda), nabos (foto arriba derecha) y coles en el mes de abril (foto abajo derecha)

3.2.4.2. Leguminosas forrajeras: alfalfa y trébol rosado

Estas especies tienen un ciclo de crecimiento distinto a las gramíneas de zonas templadas y concentran su mayor producción en las estaciones de primavera, verano y algo en otoño (figura 3.5). Por su enraizamiento más profundo, son más tolerantes a la sequía estival y además afectan menos su crecimiento con las altas temperaturas.

Cuadro 3.5. Valor nutritivo de alfalfa y trébol rosado

Cultivo	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)	Energía metabolizable Mcal/kg MS
Alfalfa	24,3	20,7	29,7	22,6	2,48
Trébol rosado	23,3	20,9	29,4	17,6	2,62

Alfalfa

Esta forrajera tiene distribuida su producción desde la primavera hasta el otoño; es un muy buen complemento de la pradera permanente durante el verano. A partir de la segunda temporada, los

rendimientos en condiciones de secano pueden variar entre 12 y 16 ton MS/ha en la zona sur de Chile, con tres a cuatro utilizaciones entre fines de octubre y marzo, además de un pastoreo hacia mediados de otoño. Aparte del contenido de nutrientes señalados en el cuadro 3.5, la alfalfa tiene altos contenidos de calcio (1,6% de la MS).

En esta zona, regularmente el primer corte de primavera se debiera destinar a ensilaje (premarchito y con aditivo). Los rebrotes siguientes pueden cosecharse también para ensilaje o como soiling, o pastorearse, según sea la estrategia productiva del predio y las necesidades de suplementación de las vacas. Por razones climáticas en primavera (riesgo de lluvia, días nublados y frío) no es aconsejable cosecharla para heno, ya que difícilmente se obtendrá un forraje de buena calidad.

Dependiendo de las necesidades de suplementación y de la disponibilidad de forraje durante el verano, se pueden suministrar entre 3 y 6 kg de MS de alfalfa por vaca al día como suplemento (hasta 9 kg MS en situaciones extremas). Puede ofrecerse como soiling en comederos o también pastorearse en franjas, tomando precauciones para controlar la eficiencia de cosecha, el daño por pisoteo y el meteorismo de las vacas. Una tercera opción es segar antes una franja de pastoreo y ofrecerla en el mismo potrero después de 6 a 18 horas de premarchitamiento (figura 3.6). Aunque este sistema aumenta los requerimientos y costos de maquinaria, permite mejorar la eficiencia de utilización, disminuye el riesgo de que las vacas se meteoricen, mejora el consumo de MS y posibilita el reciclaje de nutrientes en el potrero.



Figura 3.6. Praderas de leguminosas para verano. Alfalfa (foto arriba izquierda): trébol rosado (foto abajo izquierda). Utilización en pastoreo de alfalfa presagada, con 12 horas de premarchitamiento (fotos derecha).

Trébol rosado

Esta leguminosa suele sembrarse sola o en mezcla con una ballica bianual, para destinarla a conservación de forraje como ensilaje y/o heno. Si las condiciones climáticas del verano son adversas (falta de pluviometría), el trébol rosado puede servir como un buen suplemento alimenticio verde, al menos durante la primera mitad del verano. Cuando el trébol está como especie única o dominante en la pradera, el manejo de utilización puede ser similar al de la alfalfa. El rendimiento anual (9 a 14 ton MS/ha para siembras de otoño o durante la segunda temporada) es menor que el de la alfalfa en años secos, por tener un enraizamiento menos profundo. Dependiendo del grado de ataque por algunos insectos del suelo (cuncunilla negra y barrenador del tallo), la pradera de trébol rosado suele durar entre dos y tres temporadas.

3.2.5. Voluminosos conservados

3.2.5.1. Ensilajes

Aunque su uso como suplemento obedece mayormente a una estrategia para suplir el déficit de producción de las praderas en invierno e inicio de primavera, también puede ser un suplemento muy importante durante el verano y principio de otoño, en años de sequía. Se resguarda a la pradera para evitar un sobrepastoreo y eso permite mantener períodos de descanso apropiados entre pastoreos, según el crecimiento de la estación.

También pueden ser utilizados en cantidades restringidas durante la primavera misma, para balancear la ración alimenticia de las vacas lecheras con fibra efectiva y prevenir problemas de acidosis ruminal. En el cuadro 3.6 se entrega información referencial de la composición de algunos ensilajes. Sin embargo, para facilitar la formulación de la ración alimenticia, es conveniente contar con un análisis bromatológico del material conservado.

Cuadro 3.6. Valor nutritivo de ensilajes y henos.

Pradera o cultivo para:	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg MS)
Ensilajes					
Pradera permanente	19,4	14,3	58,0	37,9	2,41
Pradera de rotación*	30,4	14,2	55,0	35,6	2,50
Maíz	27,6	7,7	47,9	27,5	2,64
Cereales de grano pequeño	33,5	10,4	54,9	30,5	2,28
Alfalfa*	35,9	19,6	43,0	36,2	2,29
Trébol rosado	22,1	15,2	55,0	35,0	2,40
Henos y pajas					
Pradera	81,9	12,6	52,7	35,5	2,24
Alfalfa	83,1	18,6	36,6	29,9	2,21
Trébol rosado	86,1	12,9	48,5	36,6	2,27
Paja de avena	89,7	4,1	74,9	53,4	2,28

* Premarchita.

Ensilaje de pradera permanente

La caracterización nutricional de este recurso alimenticio es muy dependiente del tipo de pradera cosechada, de su composición botánica y estado fenológico de las especies al corte, de la fertilización aplicada al rezago, del sistema de corte empleado (directo o premarchito), y del uso de aditivos. La inclusión de estos últimos permite mejorar los parámetros de fermentación (nitrógeno amoniacal, pH).

Dado que la proteína de los ensilajes y de la pradera en pastoreo es altamente degradable en el rumen, se debe tener especial cuidado en vacas de alta producción, de suplementarlas con alimentos energéticos de rápida fermentación en rumen (cebada, triticale, procesados) y, también, con alimentos que contengan proteína no degradable o *by pass* (harina de pescado, harina de sangre, brotes de malta) para disminuir el riesgo de enfermedades metabólicas. En especial, esto es pertinente durante el verano cuando desciende el tenor de proteína en las praderas de gramíneas.

Ensilaje de praderas de ballicas de rotación solas o en mezcla con trébol rosado

Por lo general estas praderas se destinan a conservación como ensilaje, y tendrán hasta dos cortes en la temporada. Las especies gramíneas contienen una mayor cantidad de carbohidratos solubles y por ello son un mejor sustrato para promover adecuadas fermentaciones en el silo.

Es común hacer dos cortes durante la primavera, con períodos de rezagos cortos, menores a 50 días, e idealmente premarchitamiento del forraje. Lo anterior permite que la calidad nutricional (proteína y energía) pueda ser mejor que la de los ensilajes de pradera permanente. En la pradera en mezcla con leguminosas habrá predominancia de gramíneas en el primer corte y viceversa en el segundo, desde fines de primavera hasta comienzos del verano. En la medida que el trébol rosado domine la mezcla, es aconsejable incorporar un aditivo para el ensilaje.

Ensilajes de leguminosas

Debido a condiciones propias de estas especies, como bajo contenido de carbohidratos solubles y una alta capacidad tampón (resistencia al cambio de pH), es difícil lograr una buena conservación como ensilaje. Por ello se deben premarchitar antes de ensilarlas, utilizar aditivos para mejorar el proceso de fermentación y así, la conservación de los nutrientes. Las leguminosas destinadas a corte más comunes son alfalfa y trébol rosado; es posible ensilarlas solas o en mezcla con praderas dominadas por gramíneas, de mayor aptitud para ensilaje, como las ballicas.

El ensilaje de alfalfa aporta proteína de alta degradabilidad en el rumen, lo que restringe su uso en primavera y otoño. También hay que señalar que un premarchitamiento prolongado y una manipulación excesiva a la cosecha pueden producir significativas pérdidas de hojas, las que contienen la mayor parte de los nutrientes, particularmente las proteínas de la planta. Como suplemento para vacas en pastoreo se recomienda utilizarlo para cubrir el déficit de pradera durante el verano, cuando ésta es además pobre en proteína.

La superficie sembrada con trébol rosado como especie sola ha disminuido debido a la mala persistencia de esta especie y a la introducción de la alfalfa con mayor productividad. El trébol rosado tiene 2 a 3 veces más carbohidratos solubles que la alfalfa, pero su capacidad tampón es un 20% mayor, lo que condiciona la buena ensilabilidad del forraje. Sin embargo, la aplicación de aditivos y el uso de premarchitamiento permiten un proceso adecuado de ensilado para la conservación de los nutrientes. Este problema de ensilabilidad disminuye o no existe cuando el trébol se encuentra en mezcla con ballica bianual. La utilización como suplemento para vacas a pastoreo es similar a lo señalado para la alfalfa.

Ensilaje de maíz

Entre los forrajes conservados, el ensilaje de maíz puede ser un excelente forraje para complementar la ración alimenticia de vacas en pastoreo a inicios de primavera, por su concentración energética media-alta y bajo contenido de proteína. No obstante, debido a la lenta degradación de su almidón en el rumen, no suministra por sí solo toda la energía que requieren los microorganismos para

utilizar el alto contenido de nitrógeno proveniente de la proteína de la pradera. Su uso como suplemento para vacas en pastoreo a inicios de primavera y en otoño, estará plenamente justificado cuando existan restricciones en la oferta de pradera. En estos períodos, el ensilaje de maíz puede contribuir eficazmente aportando materia seca de buena calidad y fibra efectiva, y diluyendo los excesos de proteína de la pradera, sin reducir la concentración energética de la ración. Su empleo eventual en verano requerirá complementar debidamente el aporte de proteínas.

Ensilaje de cereales de grano pequeño

Los cultivos más comunes destinados a ensilar como planta entera son avena, cebada, trigo y triticale. La cosecha se realiza cuando el estado fenológico es de grano pastoso. En esta fase, la vegetación está bastante madura, comenzando a amarillear, por lo que su rol principal en raciones de vacas en lactancia a pastoreo será aportar fibra efectiva durante la primavera y suplir parcialmente un déficit de crecimiento de las praderas en verano y otoño. Como la cosecha se realiza en verano, el ensilaje disponible corresponderá, al igual que en el caso del maíz, a los saldos de aquel cosechado en la temporada anterior, no consumidos en invierno.

3.2.5.2. Henos

Por el riesgo climático durante primavera, la conservación como heno se realiza más tarde, cuando los forrajes están sobremaduros y su valor nutricional es bajo (ver cuadro 3.6) o muy bajo, sobre todo si proviene de praderas naturalizadas con poca presencia de leguminosas y deficiente fertilización. Su inclusión como suplemento al pastoreo se justifica porque aporta fibra larga (efectiva) a la ración de las vacas durante la primavera, y por su fácil manejo. También su uso estará justificado cuando no se cuente con otros forrajes de mejor calidad para suplementar períodos de escasez de pradera. Tal como ya se indicó, las condiciones climáticas no permiten confeccionar henos de alfalfa de buena calidad en la zona sur, pero sí en las zonas central y centro-sur del país (cuadro 3.4).

La inclusión de heno de alfalfa de buena calidad como suplemento, se justifica primariamente como un alimento proteico para el período de verano y segundo, como aportador de fibra durante la primavera. En cuanto al heno de trébol rosado, este es poco abundante en la zona sur y bastante variable en su contenido nutricional, debido a que la dificultad para secarlo rápido crea una gran pérdida de hojas por el exceso de manipulación mecánica (cuadro 3.6). Bien confeccionado debiera parecerse a los henos de alfalfa de buena calidad.

3.2.6. Residuos de cosecha

3.2.6.1. Paja de cereales

El uso de este recurso en alimentación animal presenta ventajas como la de aumentar la disponibilidad de recursos prediales. Su valor nutritivo es pobre, dado que tiene un alto contenido de fibra muy lignificada y poco digestible y un bajo porcentaje de energía y proteína. Estos recursos pueden utilizarse como fuentes de fibra estructural o efectiva para vacas en lactancia en pastoreo primaveral. En períodos de escasez de forraje también pueden usarse como suplementos, pero en forma restringida para animales de niveles productivos medios y bajos, y durante el período seco.

Los principales cultivos que generan paja son avena, cebada, triticale y trigo. La materia seca de la paja de cereales bordea el 90%, la proteína cruda varía entre 3 y 4%, la energía oscila entre 1,5 y 2,2 Mcal EM/kg MS (se influencia por la presencia mayor o menor de granos); la FDA varía entre 50 y 55% y la FDN, entre 75 y 83%. Hay que diferenciar la paja que bota la máquina cosechadora, que es mejor, de aquella con menor valor aún, que se corta y se destina regularmente para cama. Su utilización como suplemento para vacas lecheras en producción solo se justifica en pequeñas cantidades (mínimos necesarios), cuando no se cuenta con otro recurso fibroso (fibra efectiva), como heno o ensilaje, para el período de primavera.

3.2.6.2. Paja tratada

Para mejorar el valor nutritivo de las pajas se utilizan distintos métodos que permiten aumentar la digestibilidad de la fibra entre un 45 y 86%. Se puede utilizar hidróxido de sodio, amoníaco y urea para tratar la paja. Con el primer método existe mayor riesgo para el operador y el medio ambiente. Con los otros dos es más fácil la aplicación y además de mejorar la digestibilidad se incorpora nitrógeno, lo que aumenta el contenido de proteína cruda de la paja. Para mejorar aún más el consumo animal se puede picar el material. Su uso como recurso alimenticio alternativo se hace en épocas de sequía o cuando falla la planificación forrajera.

4. CONSUMO DE PRADERA POR VACAS LECHERAS A PASTOREO

Julián Parga M.

4.1. INTRODUCCIÓN

La pradera consumida en pastoreo directo es el principal recurso alimenticio de las vacas lecheras en la zona sur del país y, cuando se la utiliza correctamente, es el de menor costo. Dependiendo del sistema productivo, el pastoreo puede representar entre el 40 y 70% del consumo anual de materia seca, con un costo aproximado que fluctúa entre 1/2 a 1/3 y un 1/6 a 1/8 del costo de los forrajes conservados y concentrados respectivamente.

El consumo de MS en pastoreo es determinante en la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción de leche en base a praderas. Conocer los diferentes factores que lo afectan permitirá desarrollar estrategias de manejo que apunten a su optimización. Esto es muy importante para el caso de vacas lecheras de alta producción, en las que el bajo consumo de MS a partir de la pradera es la principal limitante de su rendimiento individual.

En este capítulo se analizarán los diferentes factores que afectan el consumo de pradera por vacas lecheras a pastoreo, enfatizando aquellos relacionados con las características de los animales, de la pradera y del manejo alimentario del ganado, particularmente en lo referente a la suplementación.

4.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE MATERIA SECA EN PASTOREO

En condiciones de pastoreo, el animal debe buscar, seleccionar y cosechar por sí mismo su alimento en un tiempo limitado y a partir de una cubierta vegetal heterogénea y cambiante. El consumo diario (CP) puede describirse como el producto entre el tiempo de pastoreo (TP) y la velocidad de consumo (VC) durante el pastoreo activo:

$$CP = TP \times VC$$

A su vez, la velocidad de consumo es el producto entre el peso de los bocados (PB) y el número de bocados cosechados por minuto de pastoreo, o frecuencia de bocados (FB). Entonces, el consumo diario en pastoreo puede expresarse de la siguiente forma:

$$CP = TP \times PB \times FB$$

Tanto el tiempo de pastoreo como la velocidad de consumo durante el pastoreo activo son afectados por diferentes características del animal y de su ambiente forrajero, las que interactúan determinando el consumo de pradera.

Las características del animal, tales como peso vivo, nivel de producción, estado fisiológico y otras, condicionan sus requerimientos nutritivos, especialmente de energía, así como la capacidad de cosecha y procesamiento digestivo de los alimentos. El conjunto de estas características definen su capacidad potencial de consumo.

Las características del ambiente forrajero se refieren a aquellos aspectos del clima, la pradera y el manejo alimentario que limitan la expresión del consumo potencial en condiciones de pastoreo. Por lo tanto, la cantidad de MS consumida diariamente es el resultado del balance entre los estímulos positivos que motivan al animal a comer (nivel productivo, gasto energético, alimento palatable, entre otros), y aquellos negativos que lo desalientan o inhabilitan para seguir comiendo (calor, dificultades del pastoreo, distensión del rumen, sensaciones de saciedad, etc.).

4.2.1. Características del animal

4.2.1.1. Estado fisiológico y nivel de producción de leche

La capacidad de consumo evoluciona en el mismo sentido, pero más lentamente que la demanda de energía, a través del ciclo productivo de la vaca lechera. El consumo es bajo al momento del parto y aumenta enseguida hasta alcanzar valores máximos entre el tercer y cuarto mes de lactancia, 30 a 60 días después del peak de producción de leche. El consumo máximo es menor y se alcanza más tardíamente en vacas gordas al parto y en aquellas alimentadas con raciones poco digestibles. También es más tardío en las vacas primíparas que en las múltiparas, pero disminuye más lento con el avance de la lactación (figura 4.1).

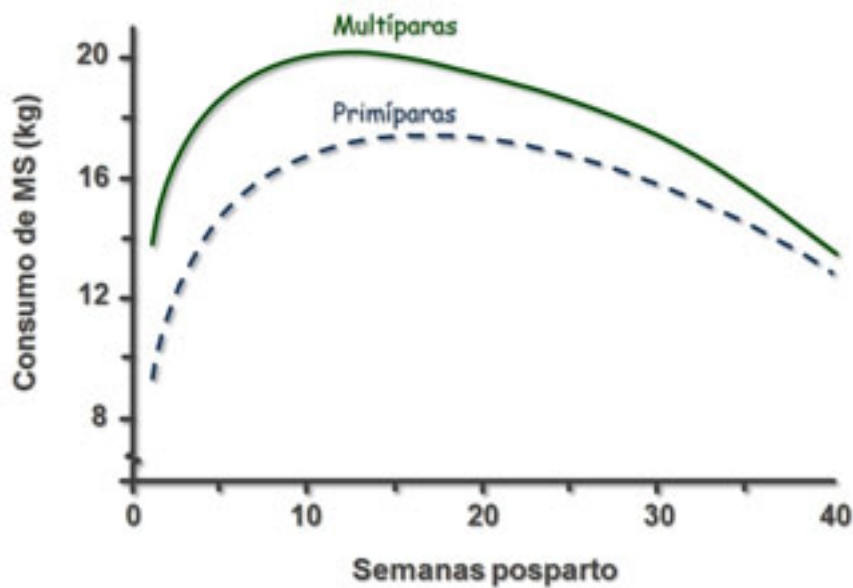


Figura 4.1. Evolución de la capacidad de consumo durante la lactancia.

La capacidad de consumo permanece alta hasta el quinto a sexto mes de lactancia y luego comienza a decrecer lenta y gradualmente en forma más o menos regular, junto con el descenso de la producción de leche. La disminución del consumo se vuelve más rápida y evidente en el transcurso de los últimos tres meses de gestación.

Durante el período seco de la vaca, el consumo de MS se reduce a cantidades cercanas al 2% del peso vivo (PV). Este sufre un rápido descenso en los últimos 5 a 7 días de gestación hasta valores aproximados de 1,3 a 1,5% del PV.

Las vacas en lactancia pueden comer hasta un 50% más de MS diariamente que vacas secas en condiciones de pastoreo. Por otra parte, el consumo de pradera aumenta con el nivel de producción de leche en aproximadamente 0,26 kg de MS por cada kg adicional de leche corregida al 4% de materia grasa. Los incrementos de consumo observados en las vacas lactantes versus las secas, así como en aquellas de mayor potencial productivo, se logran mediante dos mecanismos simultáneos: un aumento del tiempo de pastoreo y, en el caso de vacas de alta producción, una mayor velocidad de consumo (figura 4.2).

Para vacas de alta producción manejadas en condiciones favorables de pastoreo se ha sugerido un consumo máximo de MS de 3,2% del PV. Este podría aumentar hasta un 3,5% bajo condiciones óptimas, sin restricciones de disponibilidad ni calidad de pradera, situación que solo sería posible durante unas pocas semanas en primavera. No obstante, como las características de la pradera evolucionan rápidamente con el avance de la estación de pastoreo (ver cap. 2), el consumo promedio de MS, sin considerar el aporte de suplementos, difícilmente superará el 2,5% del peso vivo.



Figura 4.2. Las vacas con mayor producción de leche se esfuerzan por incrementar el tiempo de pastoreo, así como la velocidad de ingestión, para aumentar el consumo diario de pradera.

4.2.1.2. Edad, tamaño corporal y nivel de reservas corporales

En vacas adultas con pesos y nivel de producción comparables, las primíparas tienen una capacidad de consumo 8 a 12% inferior a las multíparas (figura 4.1). La capacidad máxima de consumo de alimento se alcanza a partir de la tercera lactancia, pero las diferencias ya son poco importantes en la segunda lactación.

Por otra parte, en vacas adultas de diferente tamaño, pero similar condición corporal, el consumo aumenta conjuntamente con el peso vivo, en respuesta al incremento de los requerimientos nutricionales de mantención y de las capacidades de ingestión y de digestión del forraje. En promedio se ha encontrado que el consumo en pastoreo aumenta entre 1 y 1,5 kg de MS por cada 100 kg de peso vivo adicionales, como resultado de una ingestión más rápida en los animales de mayor tamaño.

La condición corporal de los animales refleja su nivel de reservas, constituidas principalmente por lípidos almacenados en el tejido adiposo. Junto con desarrollar un papel fundamental en el balance energético a inicios de lactancia, estas reservas ejercen un rol inhibitorio sobre el consumo voluntario. Es así que vacas gordas al momento del parto movilizarán mayor cantidad de reservas a inicios de la lactancia y tendrán un menor apetito que aquellas más delgadas (figura 4.3). Pero a medida que las reservas adiposas son movilizadas, las vacas recuperan gradualmente su apetito, lo que les permite reconstituirlas en el largo plazo.

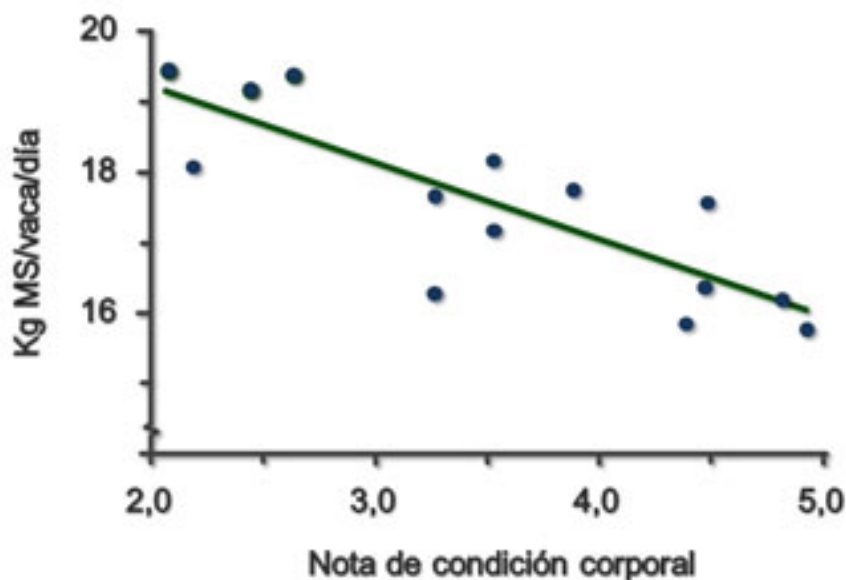


Figura 4.3. Efecto de la condición corporal al parto sobre el consumo total de MS de vacas lecheras en la primera mitad de la lactancia (adaptado de Garnsworthy, 1988).

4.2.2. Factores climáticos, estacionales y fotoperiodo

El animal en pastoreo se enfrenta a situaciones climáticas diversas que pueden alterar su comportamiento alimenticio y restringir el consumo de pradera. Pero bajo las condiciones climáticas favorables del sur de Chile, los períodos realmente críticos para el animal son cortos y menos relevantes que en otras zonas del país.

Entre los factores climáticos, aquellos que provocan estrés calórico pueden tener un efecto mayor sobre el consumo voluntario. Las consecuencias para el animal dependerán de su nivel productivo (tasa metabólica), de la calidad de la dieta y de las posibilidades que existan para mitigar estos efectos (sombra, pastoreo nocturno, agua fresca, etc.).

El consumo de materia seca comienza a aumentar con temperaturas inferiores a 0°C y a disminuir cuando estas sobrepasan los 25°C. En condiciones de estabulación se señalan reducciones de consumo entre 2 y 3% por cada grado de temperatura diaria promedio sobre 25°C. En pastoreo, sin embargo, la disminución del consumo de pradera durante el día en las épocas calurosas puede ser compensada, al menos parcialmente, por un incremento del pastoreo nocturno.

El consumo de alimentos fibrosos incrementa el estrés calórico en condiciones de alta temperatura, debido a la necesidad de una mayor digestión. Por el contrario, en condiciones de clima frío, estos alimentos pueden generar mayor tolerancia a las bajas temperaturas. Condiciones de alta humedad relativa contribuyen a aumentar el estrés calórico, al reducir las pérdidas de calor mediante jadeo y sudoración.

Los bovinos son animales de hábito crepuscular, es decir, tienen dos grandes períodos de pastoreo intenso cuando las condiciones de manejo y disponibilidad de pradera lo permiten: uno cercano al alba y otro al atardecer. Entre estos suelen realizar uno a tres ciclos de pastoreo de menor duración e intensidad, y uno a dos de corta duración durante la noche.

En la primavera y veranos frescos, alrededor del 85% del pastoreo se hace durante las horas de luz. Pero en la medida que el clima se vuelve caluroso, el pastoreo se inicia más temprano en la mañana, disminuye en las horas de calor y recomienza más tarde al final del día, prolongándose hasta avanzada la noche.

Por otra parte, a medida que se acortan los días hacia el otoño, los ciclos de pastoreo intermedios tienden a fusionarse con los dos principales. La presencia de lluvias moderadas tiene poco efecto sobre el tiempo total de pastoreo, pero no así las lluvias intensas asociadas con viento, las que reducen esta actividad.

Se han observado disminuciones del consumo cercanas al 10% en otoño con respecto a la primavera, en praderas con digestibilidades comparables. Las causas parecen estar relacionadas con el menor contenido de carbohidratos solubles y mayor de nitrógeno y agua en los rebrotes de otoño, lo que genera una menor palatabilidad. La contaminación del forraje con las excretas animales y material vegetal muerto proveniente del verano posiblemente contribuye también con este fenómeno.

4.2.3. Características de la pradera

4.2.3.1. Estructura de la pradera y facilidad de cosecha

La estructura de la pradera incluye aquellas características no nutricionales que afectan la facilidad de cosecha del forraje en pastoreo, tales como altura, densidad y composición morfológica de la pradera (proporción de hojas, tallos, seudotallos, espigas y material muerto). Estas características son determinantes del peso de los bocados que el animal puede cosechar durante el pastoreo, afectando la velocidad de defoliación y, por ende, el consumo diario de forraje.

Altura de la pradera

En praderas vegetativas, el tamaño y peso de los bocados aumenta conjuntamente con la altura del pasto. Praderas con hojas más altas permiten realizar un pastoreo más profundo, a la vez que posibilitan coleccionar una mayor superficie de pradera con la lengua, en cada uno de los bocados recogidos.

En praderas cortas, con alturas sin disturbar inferiores a 10 cm, el tamaño de los bocados y la velocidad de ingestión comienzan gradualmente a disminuir, lo que limita el consumo diario de MS, a pesar de que se aumente la superficie asignada por animal (figura 4.4). Por otra parte, en

praderas altas, superiores a 20 cm sin disturbar al ingreso del pastoreo, el incremento progresivo de pseudotallos y material senescente en la base de la vegetación comenzará a restringir la profundidad del pastoreo y el consumo diario.

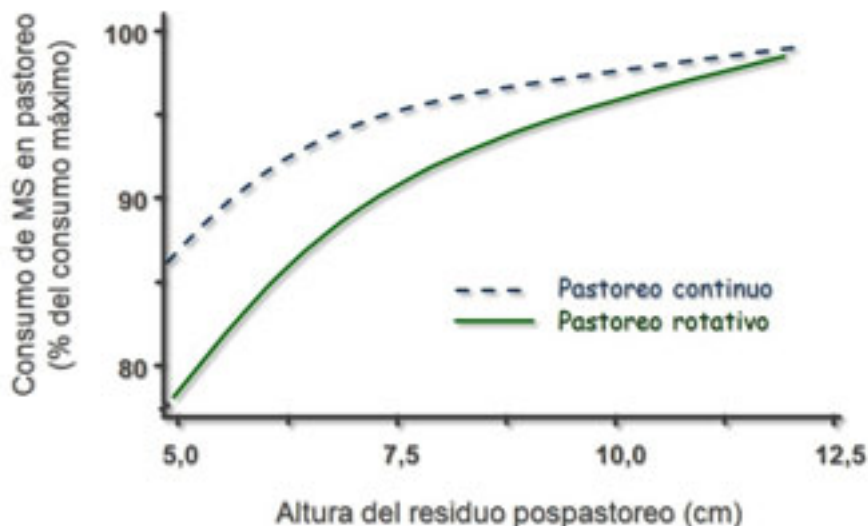


Figura 4.4. Evolución del consumo de pradera (MS), como porcentaje del consumo máximo, en función de la altura sin disturbar del residuo pospastoreo (adaptado de Phillips, 2001).

En pastoreo rotativo, los bovinos consumen la pradera a través de la defoliación de estratos u horizontes sucesivos, hasta llegar a una cierta altura de residuo límite, generalmente en torno a los 3-4 cm, la que es variable dependiendo de la presión de pastoreo y la composición morfológica del residuo. Se ha visto que los bovinos pastorean con dificultad bajo los 4 cm de altura y tienden a detener su consumo a los 2 cm, dejando un residuo no pastoreable.

Densidad del horizonte pastoreado

El peso de los bocados cosechados es el producto de su volumen x la densidad del horizonte pastoreado. Una alta densidad de hojas en los horizontes o estratos superiores de la pradera es clave para que el animal obtenga bocados pesados. La densidad de los horizontes pastoreados suele aumentar conjuntamente con la población de macollos por unidad de superficie y con la proporción de trébol en la pradera.

La frecuencia e intensidad del pastoreo, particularmente a fines de invierno, tienen un efecto muy importante sobre la densidad de macollos y proporción de trébol. Pastoreos infrecuentes, así como residuos altos, que favorecen un sombreado excesivo de los estratos inferiores de la vegetación, reducen la población de macollos y de trébol blanco disminuyendo la densidad de la pradera.

Composición morfológica de la vegetación

La composición morfológica se refiere a la proporción de hojas (láminas foliares), tallos,seudotallos (conjunto de vainas enrolladas), espigas y material muerto presentes en la pradera (figura 4.5). En la medida que aumenta la proporción de hojas verdes, la aprehensión del pasto se facilita e incrementa notablemente el tamaño y peso de los bocados. Así, la velocidad promedio de ingestión aumenta y con ella, el consumo diario de forraje.

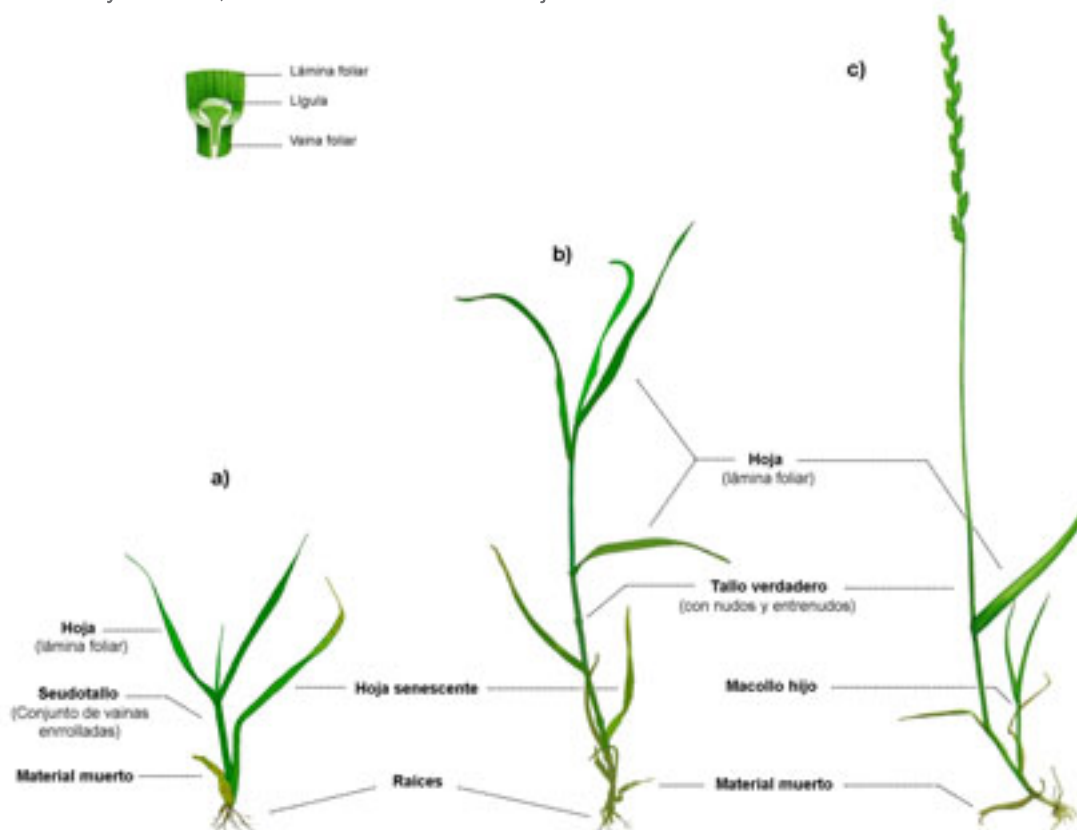


Figura 4.5. Componentes morfológicos de un macollo de ballica perenne al estado a) vegetativo, b) reproductivo encañado, antes de espigar, y c) reproductivo espigado.

Por el contrario, la presencia de tallos reproductivos, pseudotallos, espigas y material muerto constituyen una verdadera barrera a la defoliación, dificultando la penetración del hocico en el perfil y la toma de los bocados. En consecuencia, su incremento en la pradera reduce la velocidad de ingestión y el consumo diario en pastoreo.

Variación de la frecuencia de bocados y del tiempo de pastoreo en función de las características de la pradera

Tal como ya se ha señalado, la estructura de la pradera puede modificar el comportamiento alimenticio de los animales que la pastorean, fundamentalmente el peso de los bocados, afectando la velocidad de defoliación y el consumo diario de forraje.

La frecuencia de bocados es más bien un mecanismo compensatorio, que varía en forma inversa al peso de los bocados cosechados, debido a que se modifican las necesidades de masticación ingestiva requeridas para la deglución del pasto. El tiempo de pastoreo suele ser un mecanismo más eficaz que la frecuencia de bocados para compensar reducciones moderadas de la velocidad de consumo, por efecto de una estructura de la pradera desfavorable.

En praderas sobre 15 cm de altura, que permiten bocados pesados y velocidades de consumo elevadas, el tiempo de pastoreo tiende a disminuir o no varía mayormente. En praderas medianamente cortas (10 a 15 cm), las reducciones en el peso de los bocados son compensadas por tiempos más largos de pastoreo e incrementos en la frecuencia de bocados, por lo que el consumo diario no se modifica. Aunque praderas más cortas (menores de 8 a 10 cm de altura) también inducen a incrementos en el tiempo de pastoreo, estos resultan insuficientes para compensar la caída en el peso de los bocados y en la velocidad de ingestión, lo que hace que el consumo diario comience a disminuir rápidamente.

En pastoreo rotativo, las praderas excesivamente cortas, menores a 4 cm, parecen desmotivar a los animales a continuar pastoreando y tanto el peso de los bocados como el tiempo de pastoreo tienden a decaer simultáneamente.

4.2.3.2. Características nutricionales de la pradera que afectan el consumo

Estado de madurez y contenido de fibra del forraje

En praderas en fase reproductiva (forrajes encañados y maduros), el contenido de fibra, medido como FDN, pasa a ser la mayor limitante nutricional del consumo. El incremento en la proporción de tallos fibrosos, junto al rápido descenso de su digestibilidad con el avance de la madurez, aumenta el tiempo de retención de la digesta en el rumen, afectando el consumo a través del llenado ruminal. Este último disminuye el tiempo de pastoreo, ya sea porque incrementan los requerimientos de rumia, o las sensaciones de desagrado asociadas a la distensión del rumen y/o sobrecarga térmica, lo que desmotiva al animal a seguir comiendo.

El aumento de la fibra y la disminución de la digestibilidad de las gramíneas se acelera desde la segunda mitad de la primavera en adelante, cuando la pradera se encaña rápidamente. La disminución del consumo con el avance de la madurez es más importante en el pasto ovillo, el bromo y la festuca que en las ballicas, y mucho menos pronunciada en el caso del trébol blanco.

Sin embargo, las praderas bien manejadas que permanecen en estado vegetativo y llenas de hojas, poseen una fibra menos lignificada que, aunque aumenta con la edad de las hojas, se mantiene muy digestible. Esta se degrada más fácil y rápidamente en el rumen que la fibra de los tallos, por lo que su efecto en el llenado ruminal y restricción del consumo es mucho menos importante que el de las praderas encañadas y los forrajes toscos.

Contenido de materia seca

En las praderas vegetativas y tiernas, el elevado contenido de agua del forraje (alrededor de 85%) parece jugar un papel importante en la restricción del consumo diario de MS en pastoreo. El exceso de agua contenida en las hojas limita la cantidad de MS recogida con cada bocado, por efecto de dilución, reduciendo la velocidad de consumo de MS y energía. Se ha señalado que la velocidad de consumo de MS desciende lineal y conjuntamente con el contenido de MS del pasto, debido a que los animales deben cosechar y procesar mayores volúmenes de forraje fresco para ingerir una misma cantidad de materia seca.

Contenido de proteína

El contenido de proteína cruda (PC) disminuye con la madurez de las plantas, particularmente entre fines de primavera y verano (ver cap. 2). El descenso en el contenido de proteína es más pronunciado en años o localidades con veranos secos y en praderas que reciben poco o nada de nitrógeno como fertilizante en primavera.

Niveles muy bajos de proteína en el forraje, menores a 12% PC, podrían limitar la digestión microbiana en el rumen reduciendo la tasa de degradación y pasaje y, por ende, disminuir el consumo voluntario. Pero esta situación es poco probable que se dé en praderas de pastoreo bien manejadas y solo podría presentarse en forrajes maduros de verano y suelos pobres en nitrógeno.

4.2.4. Manejo alimentario del ganado

4.2.4.1. Oferta de pradera

La oferta de pradera se define como los kilogramos de MS de pradera ofrecidos por animal, o por cada 100 kg de peso vivo animal, para un período de tiempo determinado, generalmente de un día:

$$\text{Oferta diaria de pradera (kg MS/vaca/diaria)} = \frac{\text{Disponibilidad de forraje prepastoreo (kg MS/ha)}}{\text{Carga instantánea (número vacas/ha/día)}}$$

En la práctica se controla mediante la asignación diaria de superficie por vaca, en función de la disponibilidad de forraje al ingreso del pastoreo. Es un parámetro de manejo recíproco a la presión de pastoreo, que condiciona en forma anticipada el consumo de pasto por los animales y la cantidad de residuo pospastoreo.

Aunque la oferta diaria de pradera puede ser estimada a diferentes alturas de corte, por ejemplo, sobre 4 cm, lo más usual es que se determine a ras de suelo, por lo que es bastante superior al consumo de forraje que efectivamente realizarán los animales. Estos nunca podrán cosechar el 100% de lo ofrecido en cada pastoreo y, además, un manejo adecuado debe permitir una cantidad razonable de residuo, necesario para el rebrote de la pradera.

La cantidad de pradera ofrecida por animal tiene un efecto determinante sobre el consumo de forraje. Este aumenta en forma decreciente con el incremento de pradera hasta una oferta diaria máxima de MS, equivalente al 10-12% del peso vivo de los animales. Paralelamente se incrementa la proporción de forraje rechazado y la cantidad de residuo, disminuyendo la eficiencia del pastoreo y la calidad de los rebrotes posteriores (figura 4.6).

Por otra parte, cuando la oferta diaria de pradera es menor al 5% del peso vivo de los animales, el consumo de forraje comienza a disminuir en forma acelerada. Del mismo modo, el pastoreo se dificulta y el consumo de pradera decrece, en la medida que se presiona a los animales a consumir más del 50% del total de pradera ofrecido.

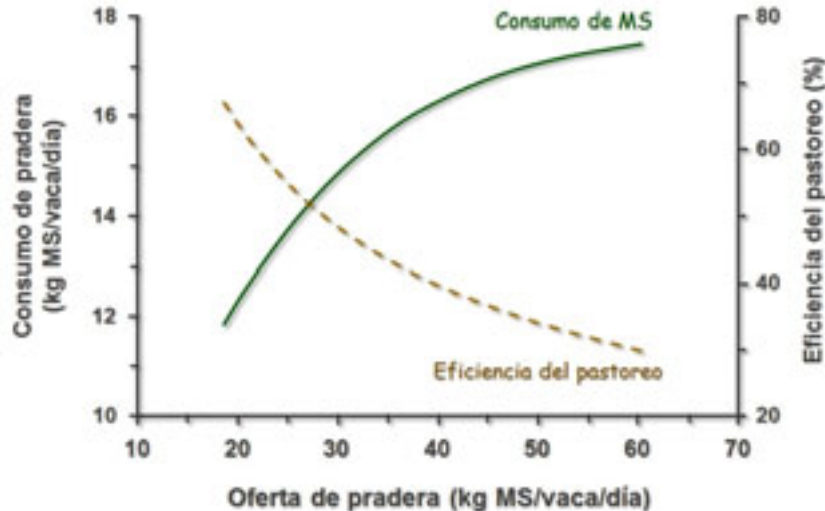


Figura 4.6. Relación entre la oferta de pradera, el consumo de MS y la eficiencia del pastoreo en vacas lecheras durante el período de primavera (Adaptado de Delagarde et al, 2001).

Se ha demostrado que durante el período de primavera, ofertas diarias equivalentes al 5-6 % del peso vivo, permiten conciliar un consumo de MS suficiente con un residuo pospastoreo adecuado, en animales que no reciben suplementación. En el caso de vacas lecheras de 550 kg de peso, esto corresponde a ofertas aproximadas de 30 kg de MS/vaca/día.

La asignación de la ración diaria de pasto una vez al día, o parcializada en dos o más porciones, no ha demostrado afectar el consumo ni la producción de leche en praderas bien manejadas. Sin embargo, cuando se debe pastorear praderas altas o encañadas, el fraccionamiento en más de una porción diaria permite reducir el paseo de los animales y las pérdidas por rechazo del material pisoteado, mejorando la eficiencia del pastoreo.

Cuando la asignación de pradera se realiza una vez al día, es ventajoso hacerlo pasado el mediodía, por ejemplo, en la tarde después de la segunda ordeña. Por una parte, la pradera es más nutritiva, balanceada y menos meteorizante que temprano en la mañana. Por otra, coincide con el pastoreo más intenso del atardecer, posibilitando un mayor consumo de nutrientes.

4.2.4.2. Suplementación alimenticia

El aporte de un suplemento alimenticio a vacas lecheras en pastoreo reduce parcialmente el consumo de pradera, fenómeno conocido como proceso de sustitución. El proceso de sustitución se produce fundamentalmente por una disminución del tiempo de pastoreo, que en el caso de los concentrados suele ser de 10 a 20 min/kg de MS y, para los forrajes conservados, de alrededor de 40 minutos por kg de MS suplementado.

La tasa de sustitución (TS) indica, en kg de MS, cuánto disminuye el consumo de pradera por cada kg de suplemento ingerido, y normalmente varía entre 0 y 1. Una tasa de sustitución menor que 1 implica un aumento en el consumo total de MS, incluyendo la pradera más el suplemento, mientras que si esta es igual a 1, el consumo total de MS permanece constante.

La sustitución de pradera es una de las principales causas de la variación observada en la respuesta en producción de leche a la suplementación. Mientras menor sea la tasa de sustitución, mayor será el consumo adicional de MS y de energía con cada kg de suplemento suministrado y, por lo tanto, la respuesta en producción de leche aumentará (figura 4.7). Los principales factores que determinan la tasa de sustitución son:

- Cantidad y calidad de la pradera ofrecida.
- Cantidad y tipo de suplemento.
- Estado de lactancia y nivel productivo de las vacas.

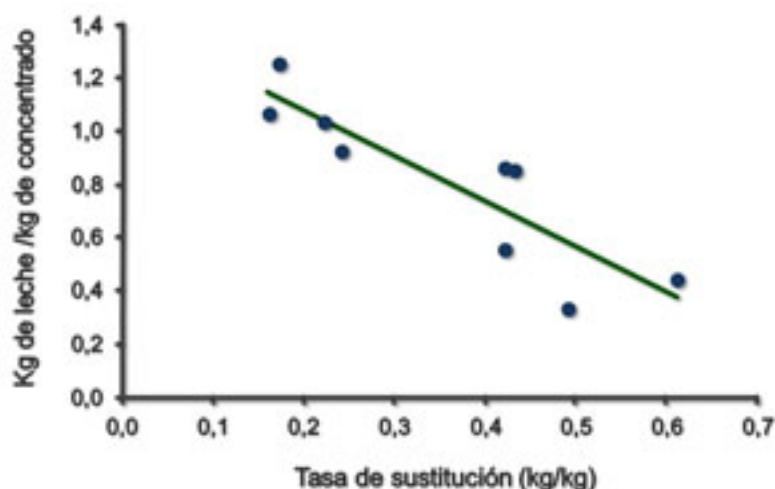


Figura 4.7. Relación entre la tasa de sustitución y la respuesta a la suplementación con concentrado en vacas lecheras a pastoreo (Horan et al, 2006)

Cantidad y calidad de la pradera ofrecida

La investigación ha demostrado que la cantidad de pradera ofrecida por animal es uno de los factores más importantes que afectan la tasa de sustitución. Con ofertas de pradera abundantes en primavera, superiores al 5% del PV/animal/día (figura 4.8), es esperable que las tasas de sustitución de pradera por concentrado sean también elevadas, iguales o mayores a 0,6 kg/kg. Estas pueden disminuir a valores inferiores a 0,5 kg/kg, cuando la oferta diaria de pradera se restringe a menos del 5% del PV, producto de cargas animales elevadas (figura 4.9).

Por otra parte, la tasa de sustitución normalmente es mayor en praderas con una elevada digestibilidad que en aquellas menos digestibles y de inferior calidad nutritiva. Esta es una de las razones por las que las tasas de sustitución suelen ser más bajas en verano (figura 4.10) que en primavera, para ofertas de pradera y tipo de vacas comparables.



Figura 4.8. Ofertas de pradera generosas, producto de una baja presión de pastoreo, producirán elevadas tasas de sustitución de pradera y residuos pospastoreo abundantes.



Figura 4.9. Ofertas de pradera restringidas, producto de una alta presión de pastoreo, generarán tasas de sustitución y residuos pospastoreo bajos.



Figura 4.10. La tasa de sustitución de pradera por suplemento normalmente disminuye en verano, porque tanto la disponibilidad como la calidad de la pradera limitan su consumo.

Cantidad y tipo de suplemento

La tasa de sustitución tiende a aumentar en la medida que aumenta la cantidad de suplemento suministrado. No obstante, el efecto del nivel de suplementación sobre el consumo de pradera es influenciado por la oferta diaria de pradera y por el potencial productivo de las vacas.

En el caso de los concentrados, la tasa de sustitución varía poco hasta suministros de 6 kg/vaca/día, cuando la oferta de pradera es limitada. Sin embargo, con ofertas de pradera abundantes y vacas de bajo potencial productivo, la tasa de sustitución comienza a aumentar con aportes de concentrado superiores a 3 kg diarios.

La fuente de energía del concentrado (almidón rápidamente fermentable o fibra digestible) parece tener poco efecto sobre la sustitución de pradera, al menos para suministros inferiores a 6 kg diarios. Cantidades mayores de concentrados a base de almidón pueden inducir acidosis ruminal y disminuir la digestibilidad de la fibra y el consumo de los forrajes. En estas condiciones, el reemplazo parcial de los concentrados amiláceos de rápida fermentación ruminal, por aquellos de más lenta fermentación y/o a base de fibra digestible, reduce los posibles trastornos digestivos e incrementos de la tasa de sustitución. Por los mismos motivos, cuando las cantidades diarias de concentrado por vaca son elevadas, es recomendable parcializar su entrega de manera de no sobrepasar los 3 kg por vez, asegurar el consumo de fibra efectiva y adicionar una sustancia buffer (ver cap. 5).

El consumo de concentrados proteicos presenta tasas de sustitución muy bajas, e incluso puede mejorar la ingesta de pradera, en períodos en que el aporte de proteína es insuficiente para una rápida digestión del pasto en el rumen (menos de 12% PC), tal como ocurre en algunos veranos secos.

La suplementación de vacas a pastoreo con forrajes conservados provoca una mayor depresión del consumo de pradera que el aporte de concentrados. La tasa de sustitución aumenta fuertemente con el incremento de la oferta de pradera, desde 0,8 a más de 1 kg/kg de forraje suministrado, cuando las ofertas de pradera por animal son elevadas. Pero con ofertas de pradera restringidas, producto de una alta carga animal o de períodos de escaso crecimiento como el verano, la sustitución de pradera por forraje conservado disminuye a menos de 0,6 kg/kg forraje.

Estado de lactancia y nivel productivo de las vacas

El mejoramiento del potencial productivo de las vacas lecheras ha incrementado paralelamente sus requerimientos nutricionales y también, pero en menor medida, la capacidad de consumo de alimento. Aunque el consumo voluntario de pradera en pastoreo aumenta con el nivel de producción de leche, este incremento sólo permite cubrir cerca de un 60% de los requerimientos adicionales de energía que se generan por la mayor producción.

En la medida que los requerimientos de energía de las vacas a inicios de lactancia, o en aquellas con un alto nivel de producción (sobre 30 litros/día), son elevados y sobrepasan cada vez más ampliamente los aportes de la pradera, el balance energético se hace más negativo y la tasa de sustitución de pradera por el suplemento disminuye rápidamente, hasta niveles de 0,4 a 0,2 kg/kg. Por el contrario, cuando los requerimientos son menores, o estos disminuyen con el transcurso de la lactancia y pueden ser cubiertos por los aportes de la pradera, el balance energético se torna más positivo y la tasa de sustitución aumenta hasta valores iguales o superiores a 0,6 kg/kg, si la oferta de pradera no es limitante.

En síntesis, el balance energético de las vacas previo a la suplementación es el mayor determinante de la tasa de sustitución en pastoreo. Este es el resultado de la interacción entre las características de los animales que determinan sus requerimientos y nivel de apetito, y las características de la pradera y del manejo del pastoreo que permiten satisfacerlos (figura 4.11).

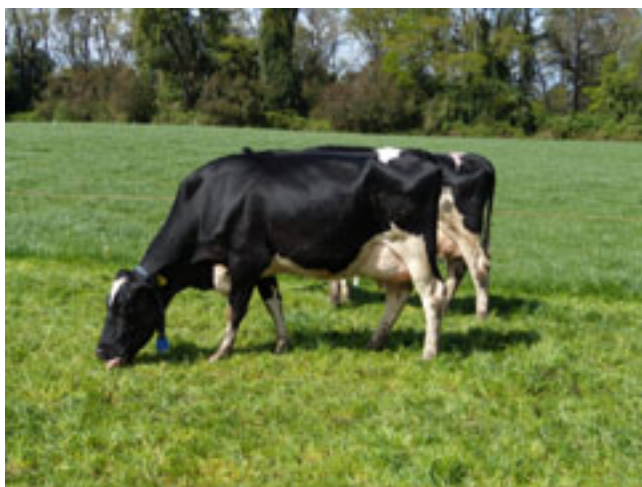


Figura 4.11. Un manejo de pastoreo adecuado permite optimizar el consumo de pradera realizado por vacas de alta producción.

5. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO

Rubén Pulido F.

5.1. INTRODUCCIÓN

La utilización eficiente de las praderas en la alimentación de vacas lecheras constituye la base de un sistema de alimentación de bajo costo. Sin embargo, la cantidad y la calidad de la pradera producida no son constantes a través del año (alrededor de un 50% de la producción anual de forraje ocurre en los meses de primavera, y apenas un 10% o menos en la época invernal; ver cap. 2), lo que impide que los animales con niveles productivos medianos a altos satisfagan plenamente sus requerimientos nutricionales en algunos períodos.

El bajo consumo de MS es reconocido como el factor más limitante para la producción de leche de vacas altamente productivas en sistemas a pastoreo. Al respecto se indica que las vacas lecheras podrían consumir hasta un 3,5% de su peso vivo de MS cuando son alimentadas sin restricciones con praderas de alta calidad. En estas condiciones es posible satisfacer los requerimientos de un animal de tamaño mediano, y no de uno pesado que produzca altos niveles de leche; en este último caso se hace evidente la necesidad de suplementarlo, para que pueda expresar su potencial genético. Por otra parte, un adecuado manejo del pastoreo precisa imponer restricciones a la cantidad de pradera ofrecida diariamente por vaca, limitando su consumo, lo que también demanda suplementar a los animales con requerimientos elevados.

La suplementación tiene el potencial de entregar un alimento extra de alta calidad, pero es en general de mayor costo que la pradera, por lo que debe ser usada estratégicamente. El principal beneficio que se persigue con la suplementación es mejorar la rentabilidad del sistema productivo, mediante el aumento de la producción de leche por animal y por hectárea, e indirectamente, por medio de un mejoramiento en la condición corporal, fertilidad y salud de las vacas. Además, la suplementación puede contribuir a optimizar el manejo de pastoreo y con ello aumentar la producción y utilización de la pradera.

La respuesta a la suplementación puede ser medida como efecto de corto plazo (respuesta directa o inmediata) y de largo plazo (respuesta residual). La respuesta de corto plazo se refiere a aquella obtenida durante el período de suplementación y depende de la tasa de sustitución de la pradera por el alimento suplementario, de la calidad del suplemento en relación con la calidad de la pradera, y de la partición de la energía adicional consumida entre producción de leche y ganancia de peso corporal. La respuesta a la suplementación de largo plazo corresponde a los efectos que

se observan con posterioridad al período de suplementación. Esta dependerá de la magnitud de la respuesta a la suplementación de corto plazo, de los destinos del peso vivo adicional acumulado y de la pradera ahorrada por efecto de la suplementación.

En teoría, cada kilo de materia seca de un suplemento que contiene 3,2 Mcal de energía metabolizable debiera generar aproximadamente 2,6 kilos extra de leche. Esta respuesta considera que toda la energía del suplemento consumido es destinada a la producción de leche. Sin embargo, la investigación ha demostrado que las respuestas son en general bastante menores a este valor, lo que se explica por los diversos factores señalados.

5.2. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN DE CORTO PLAZO

La respuesta a la suplementación en el corto plazo está determinada por la interacción entre las características del animal, la pradera y el suplemento, que en conjunto definen el balance de nutrientes (consumo vs. requerimientos) (figura 5.1). La respuesta en producción de leche a la suplementación aumentará en la medida que el balance nutricional sea más deficitario, respecto de lo que aporta la ración base de pradera, principalmente el nutriente energético.

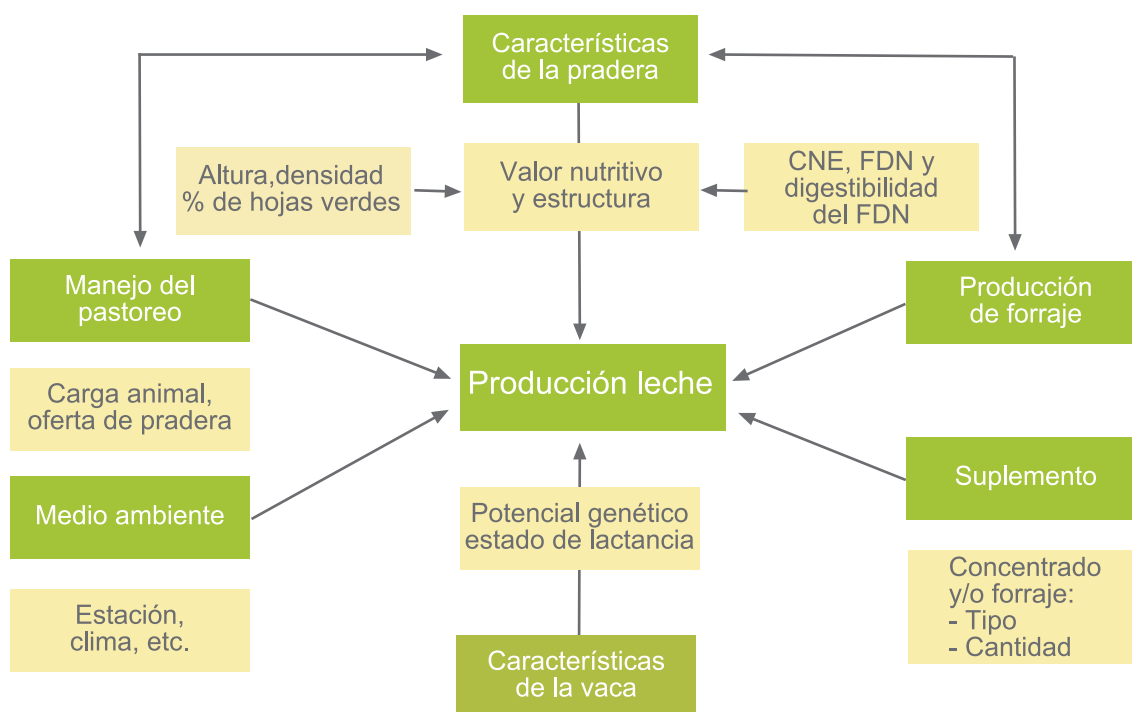


Figura 5.1. Factores que afectan la producción de leche de vacas a pastoreo (Adaptado de Brookes, 1996).

5.2.1. Las características del animal

Características del animal tales como su potencial genético, condición corporal y estado de lactancia, determinan los requerimientos nutritivos y la capacidad de consumo (ver cap. 4). Estas afectan la respuesta a la suplementación mediante su efecto sobre el déficit energético, relativo al potencial de producción de la vaca.

5.2.1.1. Potencial genético de la vaca

El mejoramiento genético ha aumentado la producción de leche, al permitir que las vacas destinen una mayor proporción de la energía ingerida a síntesis de leche y, también, al subir su capacidad de consumo voluntario de alimento. Lo anterior se traduce en una mayor respuesta al alimento suplementario y permite explicar por qué las vacas actuales, con mayor potencial genético que las vacas de décadas pasadas, responden mejor a la suplementación con concentrados (figura 5.2).

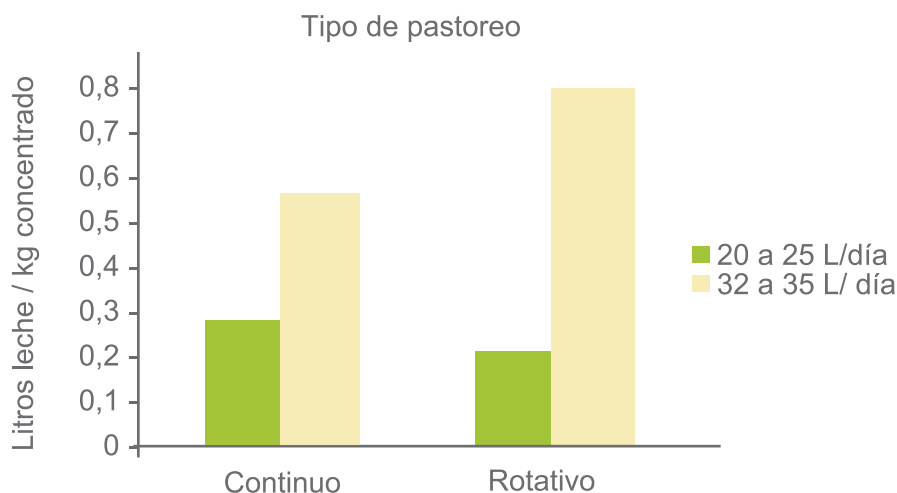


Figura 5.2. Respuesta a la suplementación con concentrado de vacas a pastoreo con dos niveles iniciales de producción de leche (Pulido y Leaver, 2001).

La respuesta marginal en producción de leche -entendida como el aumento generado por cada kilo adicional de suplemento- se ha incrementado en la actualidad, gracias al mejoramiento genético de los animales y la intensificación de los sistemas productivos.

En vacas de alto mérito genético, bajo condiciones de pradera restringida, se ha observado que la producción de leche a inicios de la lactancia podría aumentar linealmente a medida que aumenta el consumo de MS de concentrado hasta 10 kg/vaca/día, con una respuesta marginal promedio de 1 kg leche por kg de concentrado suplementado. Sin embargo, en estas mismas vacas pero a fines de lactancia, la producción de leche también aumentaría a medida que la cantidad de concentrado se incrementa, pero con una menor respuesta marginal. Ahora bien, cuando las vacas son de moderado mérito genético y la cantidad y calidad de la pradera no es limitante, la respuesta marginal tiende a disminuir al superar una suplementación sobre los 3 kg de concentrado.

5.2.1.2. Condición corporal

Es conocido que la condición corporal de la vacas al momento del parto influye fuertemente en el bienestar de estas y en su rendimiento productivo y reproductivo. Aquellas con una baja condición corporal producen menor cantidad de leche que las con buena condición, a menos que se les ofrezca alimentos altos en energía sin restricción. Bajo las condiciones normales del sur de Chile, donde la concentración de energía en la dieta es frecuentemente subóptima, las vacas deberían parir con un valor de condición cercano a 3,5 (escala 1 - 5) para permitir que puedan movilizar tejido corporal (grasa y músculo) durante el postparto, para producir leche.

5.2.1.3. Estado de lactancia

En la vaca lechera, el estado de lactancia afecta la magnitud de la respuesta en producción de leche, debido a los cambios que ocurren en el destino de la energía consumida (a leche o tejido corporal) durante este estado fisiológico altamente demandante. La respuesta productiva a la suplementación es mayor en la lactancia inicial, a causa del déficit energético normal de la vaca en el posparto y la necesidad de destinar la energía extra consumida hacia leche. Sin embargo, la respuesta disminuye con el avance de la lactancia en la medida que se destina más energía hacia condición corporal, para la preparación del parto y próxima lactación. No obstante, vacas lecheras a comienzos o a mediados de lactancia podrán mostrar una respuesta productiva similar al alimento suplementario entregado, si este cubre de manera igualitaria el déficit nutricional en cada uno de los estados fisiológicos antes señalados.

5.2.2. Características de la pradera y del suplemento

La disponibilidad y calidad de la pradera, así como la cantidad y calidad del suplemento, determinarán la magnitud de la respuesta potencial que puede alcanzarse. También, la disponibilidad y calidad de la pradera definen la sustitución de esta por suplemento y el grado de aprovechamiento digestivo de ambos alimentos consumidos (ver cap.4).

5.2.2.1. Disponibilidad de la pradera

Cuando la disponibilidad de pradera es abundante y la calidad nutritiva es elevada, situación común en primavera, se favorece una alta sustitución de pradera por suplemento y una baja eficiencia de utilización del forraje disponible (figura 5.3) y, en consecuencia, la respuesta en producción de leche a la suplementación será baja. Por ejemplo, si el suplemento es un concentrado, la respuesta probable será igual o inferior a 0,5 kg de leche por kg de concentrado. En el caso de que se suplemente con un forraje conservado, la sustitución de pradera será aún mayor y la respuesta productiva puede ser nula, e incluso negativa, si se trata de un forraje de inferior calidad que la pradera.

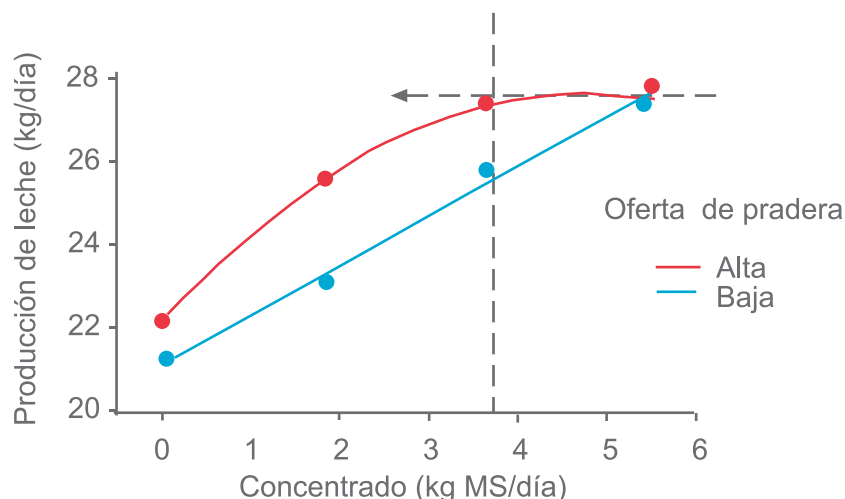


Figura 5.3. Relación entre nivel de concentrado, oferta de pradera y respuesta lechera (Delaby et al., 2001).

El uso de alimentos suplementarios en primavera se justificará cuando exista una disminución en la oferta de pradera por animal, que limite el consumo de forraje y la producción de leche, ya sea por una reducción de la superficie de pastoreo o por una menor disponibilidad de forraje en la pradera. En estos casos, la tasa de sustitución disminuye y el consumo de energía adicional por kg de suplemento aumenta. Por lo tanto, la respuesta en producción de leche puede aproximarse a 1 kg de leche por kg de suplemento, cuando se trate de un concentrado energético (figura 5.3).

Durante el verano, la respuesta probable a la suplementación aumenta, ya que en esta época disminuye la disponibilidad junto con la calidad de la pradera. En estas circunstancias se genera un déficit importante de energía e incluso de proteína, por lo que la tasa de sustitución tiende a ser muy baja. La respuesta productiva podría alcanzar hasta 1,5 kg de leche por kg de concentrado, dependiendo tanto de la carga animal como del nivel productivo de las vacas.

5.2.2.2. Calidad de la pradera

La respuesta en producción de leche a la suplementación es mayor cuando la calidad nutritiva de la pradera es baja (ej. en el verano). Por una parte, la tasa de sustitución tiende a disminuir en la medida que la pradera tiene una menor digestibilidad. Por otra, las respuestas son mayores cuando los suplementos entregan los nutrientes capaces de corregir las limitaciones de esta, como ocurre con el aporte de energía en primavera, o de energía y proteína en verano. Sin embargo, los suplementos también pueden inducir desbalances nutritivos, ya sea por exceso, déficit o interferencia entre nutrientes, los que restringirán la respuesta en producción de leche al nutriente suplementado.

5.2.2.3. Cantidad de suplemento

El aumento en los niveles de suplementación es quizás una de las primeras medidas que se implementan cuando se decide intensificar los sistemas productivos, apuntando a altas producciones individuales de los animales. La relación entre la respuesta en producción de leche y las cantidades de suplemento suministrado es crucial para determinar el uso más efectivo de los recursos suplementarios. Los resultados experimentales muestran que las respuestas a la suplementación pueden ser rectas o curvas, al aumentar el nivel de concentrado.

En general, bajo condiciones de pastoreo, los aumentos en la producción de leche al subir los niveles de concentrado en la dieta son lineales en una primera fase, coincidente con cierto nivel productivo o potencial genético de las vacas. En la fase siguiente, sobre el punto de inflexión (quiebre de la línea curva), la respuesta marginal disminuye cuando el nivel de concentrado aumenta, ya que por una parte aumenta la tasa de sustitución, y por otra, una mayor proporción del alimento suplementario se destina progresivamente más a peso corporal que a producción de leche.

Dependiendo del nivel productivo de las vacas y del manejo de pastoreo (oferta de pradera), la respuesta a la suplementación energética en primavera puede estar cercana a 1 kg de leche por kg de concentrado, hasta suministros aproximados de 6 kg por animal al día (tabla 5.1; figura 5.3). Con aportes superiores a 6 kg, la respuesta marginal tenderá a disminuir en la mayoría de las situaciones.

Cuadro 5.1. Rangos de respuesta marginal esperada en producción de leche a incrementos en la suplementación con concentrado, con una oferta de pradera restringida (Muller, 1999).

Suplemento concentrado kilos (TCO)*	Respuesta en producción de leche por cada kilo de incremento adicional de concentrado
0 a 2	1,2 a 1,3
2 a 4	1,0 a 1,2
4 a 6	0,8 a 1,0
6 a 8	0,6 a 0,8
8 a 10	0,4 a 0,6

La suplementación con concentrado en base a granos de cereales, en cantidades superiores al 30% del consumo total de materia seca en vacas a pastoreo sobre praderas vegetativas, aumenta el riesgo de problemas digestivos como acidosis ruminal clínica o subclínica. Estos problemas, frecuentes a inicios de primavera, pueden prevenirse suministrando un mínimo de fibra larga, en forma de heno, paja u otro forraje tosco, agregando una sustancia buffer o tampón al concentrado y parcializando la entrega del concentrado de manera de no sobrepasar los 3 kg por ración.

Cuadro 5.2. Necesidad de concentrado de acuerdo con el nivel productivo de las vacas y el valor energético de la pradera consumida (la oferta de pradera no es limitante).

Producción de leche (litros/día)	Concentración energética de la pradera (EM/kg de materia seca)	
	2,80 Primavera	2,50 Verano normal
14	0	0
18	0	2
22	0	4
26	2	6
30	4	-

5.2.2.4. Tipos de suplemento

El tipo de suplemento afecta la tasa de sustitución y la respuesta productiva. Sus características nutricionales, disponibilidad y costo los hace más o menos apropiados para las diferentes épocas del año (ver cap. 3). Los más utilizados en el período de pastoreo son los concentrados en base a cereales, los subproductos agroindustriales, los forrajes conservados y las praderas o cultivos suplementarios de verano.

Concentrados

Los concentrados ricos en energía (más de 3 Mcal de EM/kg MS) y bajos en proteína (menos de 14% PC), como aquellos en base a granos de cereales o de subproductos de la industria de la remolacha azucarera, son los más apropiados para la suplementación de vacas a pastoreo durante el período primaveral, en el que la energía es el nutriente más deficitario.

Se sabe que la fuente de energía en el concentrado (almidón o fibra digestible) tiene muy poco efecto en la producción y en la composición de la leche cuando se suplementa con cantidades moderadas, menores a 6 kg de suplemento al día. Por el contrario, al ofrecer altas cantidades de suplementos, con aquellos a base de fibra digestible se obtiene un mayor contenido de grasa en la leche, pero el porcentaje de proteína láctea se reduce en comparación con los amiláceos. Estos efectos son más relevantes cuando se utilizan niveles de suplementos superiores a 6 kg diarios de materia seca por vaca, situación en la que mezclar ambas fuentes de energía en los concentrados es lo más recomendable.

La suplementación proteica es innecesaria en primavera para vacas con producciones iguales o inferiores a 30 L/día. Niveles productivos mayores a los señalados requieren aportes de alimentos con proteína no degradable en el rumen, ya que la eficiencia ruminal microbiana es incapaz de

satisfacer las demandas de aminoácidos para la producción de leche. Durante el verano, sin embargo, la suplementación proteica se justificará en vacas que se encuentren en la primera etapa de lactancia y cuando el contenido de proteína de la pradera sea inferior a 15%. Entonces, el aporte suplementario favorecerá el consumo de forraje, la utilización de la dieta base y, por lo tanto, la producción de leche.

Forrajes frescos

Las praderas y cultivos suplementarios de verano proporcionan forraje verde de calidad durante la época estival, coincidentes con las disminuciones en las tasas de crecimiento y la calidad de la pradera en esta época. Las alternativas más difundidas en la zona sur son el nabo forrajero, la alfalfa y, en menor medida el trébol rosado. Estos fueron discutidos en detalle en el capítulo 3.

Ensilaje de maíz

La respuesta en leche al ensilaje de maíz depende de la cantidad de pradera ofrecida, lo que determina la tasa de sustitución y el consumo total de materia seca. Este tipo de suplementación tiene un efecto positivo sobre la producción de leche cuando la cantidad de pradera ofrecida es escasa. Pero cuando la disponibilidad de pradera es abundante, la suplementación reduce el consumo de MS de pradera, por lo que no modifica el consumo total de MS y, en consecuencia, no mejora la producción de leche.

Se ha establecido que la suplementación con ensilaje de maíz no afecta ni el porcentaje de grasa ni de proteína en leche cuando esta no ha sido capaz de aumentar el consumo total de MS. Sin embargo, el porcentaje de proteína se incrementa cuando la suplementación con niveles medios a altos (sobre 6 kg materia seca al día) aumenta el consumo total de MS y mejora la síntesis de proteína ruminal a través del aporte de energía fermentable en rumen.

Forrajes conservados en base a pradera

El uso de forrajes conservados como alimentos suplementarios en vacas a pastoreo es una práctica común en los últimos años en países de clima templado ya que permite entregar una dieta balanceada y de bajo costo, cuando la disponibilidad de pradera es restringida. En la medida que los sistemas se intensifican, la calidad de los henos y ensilajes adquiere una importancia fundamental para el manejo nutricional de los animales.

La suplementación con forrajes conservados (henos y ensilajes) provoca una mayor depresión del consumo de praderas que los concentrados. Su uso bajo condiciones favorables de pastoreo se traducirá en altas tasas de sustitución, con escasa o nula respuesta en producción de leche. Pero en períodos de escasez de pradera, como en el verano, la suplementación con forrajes conservados permite reducir la presión del pastoreo y mantener el rendimiento individual aún

con altas cargas animales. El resultado será un aumento de la producción por hectárea y también una disminución del riesgo de sobrepastoreo y degradación de la pradera.

5.2.3. Estrategia de suplementación

Dentro de las estrategias de suplementación encontramos el nivel de suplementación, la frecuencia de alimentación, la forma de entrega del suplemento y la alimentación en condiciones de baja disponibilidad de forraje, las cuales tienen como finalidad el mejor uso del suplemento para una mayor rentabilidad de este.

La suplementación con concentrado en vacas a pastoreo normalmente se realiza en dos parcialidades durante las ordeñas. Por lo tanto, cuando se aporta cantidades de concentrado superiores a 6 kg por vaca y por día, y con el fin de no alterar el proceso digestivo de la vaca en pastoreo, la cantidad de suplemento entregada no debe ser superior a los 3 kg ración.

A la fecha no existe mucha información sobre el efecto de la frecuencia de entrega de suplementos en vacas a pastoreo sobre la producción y composición de leche. La mayor frecuencia de suplementación con concentrado permitirá tener una menor probabilidad de alterar el proceso digestivo en el rumen, a consecuencia de estabilizar el pH de este. Producciones de leche mayores al 10% se observan en vacas que reciben concentrado 2 veces al día respecto a las que lo reciben una vez al día. Sin embargo, falta de respuesta productiva a mayores frecuencias de suministro de suplemento se producen cuando la suplementación modifica el comportamiento en pastoreo, disminuyendo el tiempo de este, sin mostrar un efecto positivo de la eficiencia de utilización de los alimentos en el rumen (síntesis de proteína microbiana, prevención de la caída del pH ruminal, etc.).

Se ha establecido claramente en vacas a pastoreo que el estado inicial de la lactancia es donde se obtienen las mejores respuestas a la suplementación. Sin embargo, la forma de entregar la suplementación, es decir pareja para todo el grupo (grupal) o de acuerdo al nivel productivo de las vacas, afectará la respuesta animal y la distribución de la producción durante la lactancia. Es así que vacas suplementadas de acuerdo a su nivel productivo tendrán mayores picos de producción, pero con menores persistencias que las vacas alimentadas en forma pareja. No obstante, la literatura informa que la forma de entregar el suplemento tendrá un efecto menor en la producción total de la lactancia.

Beneficios productivos interesantes se logran cuando el suplemento voluminoso (forrajes frescos y conservados) se entrega post-ordeña, con el fin de disminuir el apetito por pastorear, ya sea en praderas con baja disponibilidad (invierno o verano seco) o cuando la carga animal es excesiva, evitando así que se deteriore la pradera. Otro beneficio lo encontramos en vacas que paren a finales de invierno, para permitirles hacer un mejor uso de la pradera abundante de primavera durante su pico de producción.

5.3. RESPUESTAS DE LARGO PLAZO A LA SUPLEMENTACIÓN

Las respuestas productivas de largo plazo, corresponden a cualquier productividad adicional que ocurra después de que ha terminado el período de alimentación suplementaria (figura 5.4). El peso vivo adicional ganado durante la suplementación permite que en el posparto los nutrientes acumulados como reservas corporales estén disponibles para ser movilizados para producción de leche, y así sostener lactancias de mayor duración o comenzar la lactancia siguiente con una mejor condición corporal.

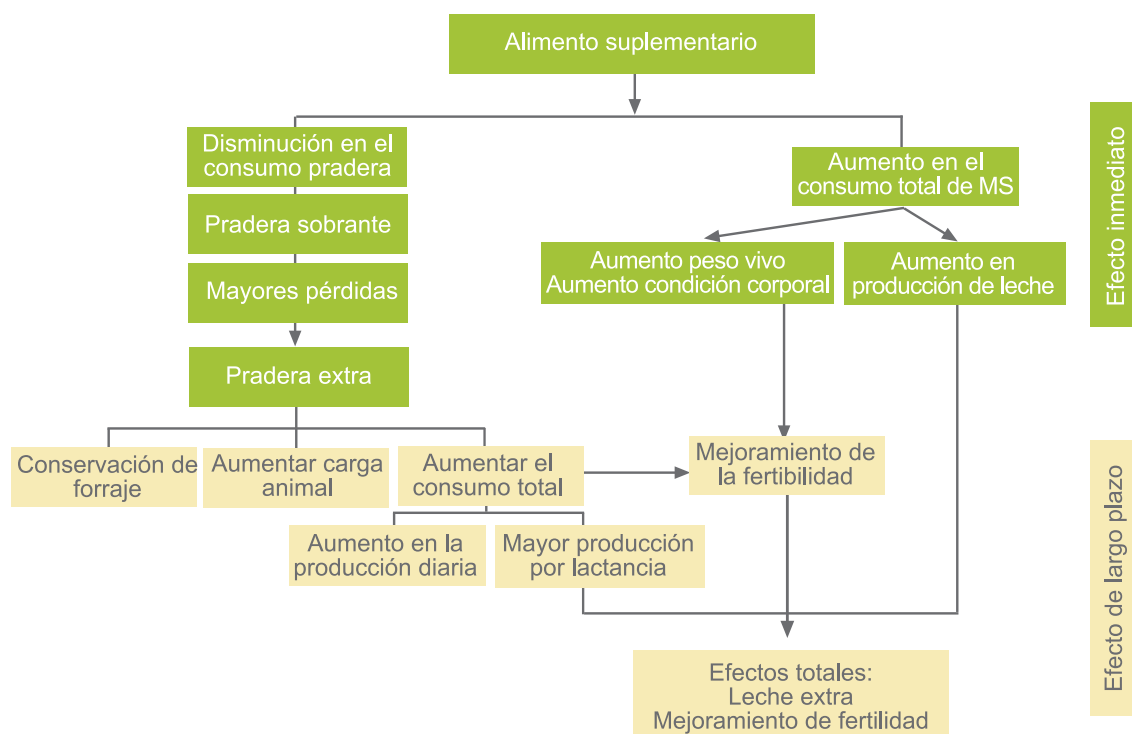


Figura 5.4. Respuestas a la alimentación suplementaria en vacas lecheras a pastoreo (Holmes et al., 2002).

El efecto de largo plazo producido por la pradera ahorrada o no consumida durante el período de alimentación suplementaria, dependerá de cómo esta sea utilizada con posterioridad. En la medida que la utilización de la pradera adicional mejore el nivel alimenticio de las vacas, podrá aumentar la productividad de la lactancia en curso o de la siguiente.

Por otra parte, la mayor disponibilidad de alimento y la mejor condición corporal de las vacas que reciben suplementación, les permitirá ciclar más tempranamente y tener una mejor oportunidad de preñarse en el período de encaste. En animales que se manejan en sistemas estacionales, estos podrán tener más días en producción de leche en la próxima lactancia. Por lo tanto, si se mejora la respuesta reproductiva del rebaño, los beneficios serán significativos.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, C. 2006. *Efecto de la extrusión de maíz en el consumo, digestibilidad de nutrientes, producción y composición de leche. Tesis Magíster en Ciencias, mención Animal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile, 71 p.*

ANRIQUE, R., FUCHSLOCHER, R., IRAIRA, S. y SALDAÑA, R. 2008. *Composición de alimentos para el ganado bovino. Tercera Edición. Consorcio Lechero, Universidad Austral de Chile.*

BAILE, C. A. and DELLA-FERA, M. A. 1988. *Physiology of control of food intake and regulation of energy balance in dairy cows. In: Garnsworthy, P. C. (ed.). Nutrition & lactation in the dairy cow. Butterworths, UK, pp. 251-261.*

BARGO, F., MULLER, L., KOLVER, D. and DELAHOY, J. E. 2003. *Invited Review: production and digestion of supplemented dairy cow on pasture. J. Dairy Sci. 86: 1-42.*

DELABY, L., PEYRAUD, J. L. and DELAGARDE, R. 2001. *Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. Animal Science 3: 171-181.*

DELABY, L., PEYRAUD, J. L. and DELAGARDE, R. 2003. *Faut-il compléter les vaches laitières au pasturage? INRA, Prod. Anim., 16(3): 183-195.*

DILLON, P. 2006. *Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows. In: Elgersma, A., Dijkstra, J. and Tamminga, S. (eds.). Fresh herbage for dairy cattle. Springer, Netherlands, pp. 1-26.*

DIXON, R. M. and STOCKDALE, C. R. 1999. *Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. Aust. J. Agric. Res., 50: 757-773.*

DOYLE, P. T., FRANCIS, S. A. and STOCKDALE, C. R. 2005. *Associative effects between feeds when concentrate supplements are fed to grazing dairy cows: a review of likely impacts on metabolisable energy supply. Aust. J. Agric. Res., 56: 1315-1329.*

DULPHY, J. P. and DEMARQUILLY, C. 1994. *The regulation and prediction of feed intake in ruminants in relation to feed characteristics. Livest. Prod.Sci., 39: 1-12.*

EDWARDS, R. and GREENHALG, J. 1999. *Nutrición animal. Zaragoza. España. Acribia. 553p.*

EGAÑA M., J. I. *Efectos de diferentes procesamientos de los granos de cereales sobre su valor nutritivo para animales rumiantes. Revista TecnoVet, año 6, n° 1, marzo 2000. Disponible en: http://bellota.sisib.uchile.cl/Tecnovet/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D11501%2526SID%253D462,00.html*

FAVERDIN, P. and BAREILLE, N. 1999. Lipostatic regulation of feed intake in ruminants. In: Van der Heide, D., Huisman, E. A., Kanis, E., Osse J.W.M. and Verstegen M.W.A. (eds.). Regulation of feed intake. Proceedings of the 5th Zodiac Symposium, Wageningen, Netherlands, pp. 89-102.

FAVERDIN, P., DULPHY, J. P., COULON, J. B., VERITÉ, R., GAREL, J. P., ROUEL, J. and MARQUIS, B. 1991. Substitution of roughage by concentrate for dairy cows. Livest. Prod. Sci.: 27: 137-156.

FERREIRA, G. 2006. Semilla de algodón en la alimentación de vacas lecheras, pero cuidado con los excesos. Producir XXI, Bs. As., 15(181): 48-49. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar

FORBES, J. M. 2007. Voluntary food intake and diet selection in farm animals, 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK, 453 p.

FREER, M., DOVE, H. and NOLAN, J. V. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO Publishing, Collingwood VIC, Australia, 270 p.

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE NUTRICION ANIMAL (FEDNA). 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2ª ed.). De Blas, C., Mateos, G. G. y Rebollar, P. G. (eds.). Madrid, España. 43 pp. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/tablas.htm>

GAGLIOSTRO, G. A. 2002. Principios de nutrición y suplementación de bovinos en pastoreo. Área de publicaciones INTA, EEA Balcarce, 200 p. Correo electrónico: combubalc@balcarce.inta.gov.ar

GALLARDO, M. y GAGGIOTTI, M. 2005. Utilización de soja y sus subproductos en alimentación de ganado. Marca Líquida Agropecuaria, Cba., 15(139):63-66. INTA E.E.A. Rafaela. Argentina.

GARNSWORTHY, P. C. 1988. The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In: Garnsworthy, P. C. (ed.). Nutrition & lactation in the dairy cow. Butterworths, UK, pp. 157-170.

GRAINGER, C. and MATHEWS, G. L. 1989. Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. Aust. J. Exp. Agric. 29: 355-360.

HODGSON, J. 1990. Grazing management, science into practice. Longman Scientific and Technical, UK, 203 p.

HOLMES, C. W. and ROCHE, J. R. 2007. Pastures and supplements in New Zealand dairy production systems. In: Pasture and supplements for grazing animals, chapter 13. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication, N° 14, pp. 221-242.

HOLMES, C. W., BROOKES, I. M., GARRICK, D. J., MACKENZIE, D. D. S., PARKINSON, T. J. and WILSON, G. F. 2002. Milk production from pasture. Principles and practices. Massey University. New Zealand. 601 p.

HORAN, B., FAVERDIN, P., DELABY, L., RATH, M. and DILLON, P. 2006. The effect of strain of Holstein-Friesian dairy cow and pasture-based system on grass intake and milk production. *Animal Science* 82: 435-444.

INSTITUTO CIENTÍFICO DE INVESTIGACIÓN AGRONÓMICA (INRA). 1989. Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables Jarrige, R. (ed.), John Libbey Eurotext London, 389p.

JAHN, E., VIDAL, A., BÁEZ, F. and SOTO, P. 1993. Use of irrigated lucerne at different growth stages. II. Utilisation for milk production. *Proceeding of the XVII International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand. 8-21 February 1993.* Pp. 1506-1507.

KELLAWAY, R. and PORTA, S. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. *Dairy Research and Development Corporation. Australia,* 176 p.

KLEIN, F. 1990. Alternativas de alimentación estival del ganado lechero en la Décima Región. In: *Avances en Producción Animal* Editor: Latrille, L. Serie B-14. Instituto de Producción Animal, Fac. Cs. Agrarias, Universidad Austral de Chile: 34-59.

KLEIN, F. 2003. Utilización de praderas y nutrición de vacas lecheras. In: *Teuber, N., Uribe, H. y Opazo, L. (eds.). Hagamos de la lechería un mejor negocio (seminario). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Serie Actas N° 24.*

KLEIN, F., LANUZA, F. y WITTWER, F. 1995. Producción de leche con y sin uso de concentrado en vacas con parto de otoño. *XX Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal. Coquimbo.* Pp. 47- 48.

KOLVER, E. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society.* 62: 91-300.

LANUZA, F., DUMONT, J. C., TEUBER, N., BASSI, A., BOLDT, J., BONDARENKO, M. y CASTRO, L. 1995. Mezclas forrajeras ballica-trébol blanco y festuca-trébol blanco para producción de leche. *Resumen IX Congreso Nacional de Medicina Veterinaria. Chillán Septiembre Fac. Med. Veterinaria. U. de Concepción. Agrociencia, n° extraordinario, p. 100.*

LEAVER, D. 1985. Milk production from grazed temperate grassland. *J. Dairy Res.,* 52: 313-344.

MACKLE, T., PARR, C., STAKELUM, G., BRYANT, A. and MACMILLAN, K. 1996. Feed conversion efficiency, daily pasture intake, and milk production of primiparous Friesian and Jersey cows calved at two different liveweights. *N. Zealand Journal of Agricultural Research* 39: 357-370.

MAYNE, C. S. and WRIGHT, I. A. 1988. Herbage intake and utilization by the grazing dairy cow. In: *Garnsworthy, P. C. (ed.). Nutrition and lactation in the dairy cow. Butterworths, U. K.,* pp. 280-293.

MAYNE, C. S., WRIGHT, I. A. and FISHER, G. E. J. 2001. Grassland management under grazing and animal response. In: Hopkins, A. (ed.), 3rd edition, *Grass: its production and Utilization*. British Grassland Society. Blackwell Science, Oxford, UK, pp. 247-291.

MCGILLOWAY, D. A. and MAYNE, C. S. 1996. The importance of grass availability for the high genetic merit dairy cow. In: Garnsworthy, P. C., Wiseman, J. and Haresign, W. (eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 135-169.

MEIJS, J. A. C. 1986. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Gras and forage Science*, 41: 229-235.

MEIJS, J. A. C. and HOEKSTRA, J. A. 1984. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 1. Effect of concentrate intake and herbage allowance on herbage intake. *Gras and forage Science*, 39: 59-66.

MEYER, O., GONZÁLEZ, H. y LANUZA, F. 1991. Efecto de distintos niveles de suplementación estival en vacas con partos de primavera en la Décima Región. XVI Reunión Anual, Sociedad Chilena de Producción Animal, Valdivia. Pp. 49- 50.

MULLER, L. 1999. Management of pasture and the feeding program for high genetic merit cows grazing temperate pastures. In: Latrille, L. (ed.). *Producción Animal*. Universidad Austral de Chile. Serie B-22. Pp. 20-36.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrients requirements of dairy cattle. 7th revised edition. National Academic Press, Washington, DC.

NAVARRETE, S. 2005. Efecto del consumo de maíz extruido sobre la digestibilidad en raciones de rumiantes basadas en ensilaje de ballica italiana (*Lolium multiflorum*) - avena (*Avena strigosa* Schreber). Tesis Licenciado en Agronomía Universidad Austral.

PARGA, J. y LANUZA, F. 2006. Suplementación de vacas lecheras a pastoreo. En: *Manual de Producción de Leche para pequeños y medianos productores*. Osorno, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, pp. 63-72.

PARGA, J., TEUBER, N., BALOCCHI, O., ANWANDTER, V., CANSECO, C., ABARZÚA, A., LOPETEGUI, J. y DEMANET, R. 2007. Comportamiento del animal en pastoreo. En: Teuber, N., Balocchi, O. y Parga, J. (eds.). *Manejo del pastoreo*, pp. 69-89.

PENNING, P. D. 2004. *Herbage intake handbook*. British Grassland Society, Reading, UK, 191p.

PEYRAUD, J. L. and DELABY, L. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. In: Garnsworthy, P. C. and Wiseman, J. (eds.). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 203-220.

PEYRAUD, J. L., DELABY, L. and DELAGARDE, R. 1998. Quantitative approach to nutrition of grazing dairy cows: Recent developments. In: Keane, M. G. and O'Riordan, E. G. (eds.). *Pasture ecology and animal intake*. Occasional Publication number 3, Teagasc, Ireland, pp. 57-75.

PEYRAUD, J. L., DELABY, L., DELAGARDE, R. and PARGA, J. 1999. Effect of grazing management, sward state supplementation strategies on intake, digestion and performance of grazing dairy cows. 36th Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science (SBZ). Workshops: 2. Mechanism and process of forage ingestion on pasture. Porto Alegre, Brazil, pp. 1-16.

PHILLIPS, C. J. C. 1988. The use of conserved forage as supplement for grazing dairy cows. *Grass Forage Sci.* 43: 215-230.

PRACHE, S., GORDON, I. J. and ROOK, A. J. 1998. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. *Annales de Zootechnie* 47: 335-346.

PULIDO, R. G. 1997. Interactions of pasture conditions, concentrate supplementation and milk yield level in relation to dairy cow performance and behaviour. Ph.D. Thesis. Wye College, University of London. Wye, U.K.

PULIDO, R. G. and LEAVER, J. D. 2001. Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behaviour of continuously stocked cows. *Grass Forage Science* 56: 57-67.

PULIDO, R. G., MUÑOZ, R., JARA C., BALOCCHI, O., SMULDERS, J.P., WITTEW, F., ORELLANA, P. and O'DONOVAN M. 2010. The effect of pasture allowance and concentrate supplementation type on milk production performance dry matter intake of autumn-calving dairy cows in early lactation. *Livestock Science* 132: 119-205.

PULIDO, R. G., BERNDT S., ORELLANA P. and WITTEW, F. 2007. Effect of the source of carbohydrate in concentrate on the performance of high producing dairy cows during spring grazing. *Arch Med Vet* 39: 19-26.

PULIDO, R. G., MUÑOZ, R., LEMARIE, P., WITTEW, P., ORELLANA, P. and WAGHORN, G. C. 2009. Impact of increasing grain feeding frequency on production of dairy cows grazing pasture. *Livestock Science* 125: 109-114.

RAE, R. C., THOMAS, C., REEVE, A; GOLIGHTLY, A. J.; HODSON, R. G. AND BAKER, R. D. 1987. The potential of an all-grass diet for the late winter calving dairy cows. *Grass and Forage Science*, 42: 249-257.

RIPOLLI, A. 1999. El proceso de extrusión en cereales y habas de soja. *Experiencias prácticas*. IX curso de especialización Fedna (en línea). Disponible en: http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP_6_II.pdf.

ROCHE, J. R. and HOLMES, C. W. 2007. Milk production, body condition score and reproduction responses to supplementation of grazing dairy cows. In: South Isl In: South Island Dairy Event, 18-20 June 2007, Lincoln University, New Zealand. and Dairy Event, 18-20 June 2007, Lincoln University, New Zealand. Pp. 253-267.

ROWE, J., CHOCT, M. and PETHICK, D. 1999. Processing cereal grains for animal feeding. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50: 721- 736.

SAYERS, H. J., MAYNE, C. S. and BARTRAM, C. G. 2003. The effect of level and type of supplement offered to grazing dairy cows on herbage intake, animal performance and rumen fermentation characteristics. *Animal Science* 76: 439-454.

SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL. 56. Producción bovina de leche. Producción de carne. 46. Suplementación en general en rumiantes. 129. Composición de alimentos y requerimientos de los animales: Fisiología digestiva y manejo del alimento. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>

STOCKDALE, C. R. 1994. Persian clover and maize silage. I. Silage as a supplement for lactating dairy cows offered herbage of different quality. *Aust. J. Agric. Res.* 45: 1751-1765.

STOCKDALE, C. R. 2000. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 40: 913-921.

STOCKDALE, C. R., DELLOW, D. W., GRAINGER, C., DALLEY, D. and MOATE, J. 1997. Supplements for dairy production in Victoria. Dairy Research and Development Corporation, Melbourne, 100 p.

TAWHEEL, H. Z. 2005. Improving dry-matter intake of perennial-ryegrass pasture by dairy cows. In: Elgersma, A., Dijkstra, J. and Tamminga, S. (eds.). *Fresh herbage for dairy cattle*. Springer, Netherlands, pp. 159-174.

TEUBER, N. 1996. La pradera en el llano longitudinal de la X Región (Valdivia, Chile). En: Ruiz, I. (ed.). *Praderas para Chile*. 2nd ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Santiago, pp. 535-544.

TEUBER, N. y BERNIER, R. 2002. Producción de forraje en diferentes áreas. Informativo n° 34, INIA Remehue, Osorno, Chile.

VAN SOEST, P. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of AOAC International*. 46: 829-835.

WALES, W. J., STOCKDALE, C. R. and DOYLE, P. T. 2005. Plant and sward characteristics to achieve high intake in ruminants. In: Murphy, J. J. (ed.). *Utilisation of grazed grass in temperate animal systems*. Wageningen Academic Publisher, Wageningen, Netherlands, pp. 37-47



Consortio Tecnológico de la Leche S.A.

Financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) mediante el Programa de Iniciativas Tecnológicas del Gobierno de Chile.

Dirección

Lord Cochrane 925 2º piso, Osorno, Chile

Teléfonos

56-64-226 113

56-64-226 019

Diseño

Agencia Cromosoma

www.consorciolechero.cl

