Alimentos para vacas lecheras

¿QUE SE PUEDE UTILIZAR PARA ALIMENTAR VACAS?

En general, los alimentos se pueden clasificar en las siguientes categorías:
- Forrajes
- Concentrados
- Minerales y Vitaminas
- Aditivos

No importan los criterios que se utilicen para clasificar los alimentos, siempre hay algunos alimentos que no caben bien en una categoría o que se pueden ubicar en más de una categoría. Por ejemplo, la clasificación de alimentos como forrajes o concentrados es práctica, y se ha utilizado extensivamente para determinar la suficiencia de las raciones. Sin embargo, hay muchos alimentos que no caben bien en cada categoría. Por ejemplo, 50 a 60% del ensilaje de maíz es grano. ¿Cómo deberíamos considerarlo como forraje o concentrado? La pepa de algodón puede contener hasta 37% de fibra, sin embargo no tiene mucho valor para estimular la rumia. La clasificación de los alimentos no es tan importante como tener un conocimiento de las características y los factores que afectan el valor nutritivo de los alimentos que se encuentran disponibles en la finca.

El Consejo Nacional de Investigación (NRC) de los Estados Unidos ha desarrollado un sistema para clasificar y denominar los alimentos. Para establecer una uniformidad, el sistema se basa en una descripción detallada del alimento y le asigna a cada alimento un número internacional.

A continuación hay una descripción de cómo se denominan los alimentos:
- Origen (mineral, vegetal, animal);
- Especies (variedad o tipo);
- La parte comestible;
- Procesamiento o tratamiento;
- Etapa de madurez;
- Corte o cosecha;
- Designación de grado o de la calidad;
- Clasificación (forraje, energía, proteína, etc.).

Los alimentos se clasifican de la siguiente manera:
- Forrajes secos: Heno (leguminoso y no leguminoso), paja, panca, chala, y otros alimentos de alta fibra (cáscaras);
- Pastos, plantas de pradera y forrajes verdes;
- Ensilaje: maíz, otras gramíneas y leguminosas;
- Alimentos de energía, granos de cereales, subproductos de molienda, frutas, nueces y raíces;
- Suplementos de proteína: de plantas, fuentes marinas, aves, y de animales;
- Suplementos de minerales;
- Suplementos de vitaminas;
- Aditivos no nutritivos: sabores y medicamentos.

FORRAJES

En general, los forrajes son las partes vegetativas de una planta que contiene una alta proporción de fibra (más de 30% fibra neutro detergente). Se requieren en la dieta en una forma física bruta porque contribuyen significativamente a:
- Estimular la rumia y la salivación, procesos importantes para mantener un ambiente sano en el rumen;
- Estimular las contracciones del rumen y el ritmo de salida de la digesta del rumen, que a su vez mejora la eficiencia del crecimiento de las bacterias del rumen;
- Evitar la depresión de grasa en la leche, que puede resultar cuando los alimentos tienen una proporción de concentrados muy alta. Las raciones que contienen menos de 35% forraje resultan en la producción de leche con un bajo contenido de grasa.

Típicamente, los forrajes se producen en la misma finca. Se puede pastorear directamente, o cosecharlos y preservarlos como heno o ensilaje. Así, los forrajes son la fuente más barata de alimento para las vacas. Según la etapa de lactancia, deben contribuir a hasta 100% (para vacas no lactantes) a menos de 35% (vacas en la primera parte de lactancia) del contenido de materia seca en las raciones de las vacas lecheras.

Figura 4.1: Diferencias en las estructuras anatómicas que permiten distinguir una gramínea de una leguminosa. Las plantas establecidas se muestran en la etapa vegetativa de su crecimiento. Nótese que la gramínea y la leguminosa no están dibujadas a la misma escala.

Las características generales de forrajes son las siguientes:
- Volumen: Forraje es un alimento voluminoso que tiene un alto volumen por unidad de peso.
- La longitud y densidad de las partículas determinan el tiempo que quedan en el rumen. La ingestión de forraje puede ser limitado cuando es demasiado voluminoso.
- Tienen alta fibra y baja energía. Típicamente los forrajes contienen más de 30% fibra (fibra neutro detergente). En general, mientras más alto el contenido de fibra en el forraje, menor el contenido de energía en el forraje.
- Proteína: Los forrajes varían en su contenido de proteína. Según la madurez, las leguminosas pueden contener de 15 hasta 23% proteína cruda, las gramíneas típicamente contienen 8 a 18% de proteína cruda (según el nivel de fertilización), y los subproductos de cosecha, tales como la paja, pueden tener sólo 3 a 4% proteína cruda.
- Minerales: Los forrajes típicamente son más altos en calcio, potasio y en minerales trazas que la mayoría de concentrados. El contenido de fósforo en forrajes es típicamente relativo a las necesidades del animal.
- Vitaminas: Los forrajes tienen un contenido de las vitaminas solubles en grasas mas alto que la mayoría de concentrados. Las leguminosas son una fuente de vitamina B.

Desde un punto de vista nutricional, los forrajes pueden variar desde nutrientes muy buenos (pasto joven, leguminoso en su etapa vegetativa de madurez) a muy pobres (paja y algunos forrajes de ramoneo). Sin embargo, todos se pueden utilizar de una forma provechosa, con tal que:
- Se preparen y se suplementan adecuadamente;
- Los forrajes de buena calidad se almacenan para los animales con los requisitos más altos (vacas al inicio de su lactancia) y los forrajes de calidad más baja se les dan a los animales con requisitos menores (vacas secas).

GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS

Las condiciones de suelo y clima típicamente determinan los tipos de forrajes que se producen con más frecuencia en una región. En las regiones más húmedas de Europa del oeste, el ray grass es un forraje popular producido para las vacas lecheras. En los estados norteños de los Estados Unidos, donde hay un clima más seco durante la estación de crecimiento, y suelos alcalinos, las leguminosas, especialmente la alfalfa, son forrajes muy populares.

Cuando se inoculan, las leguminosas pueden fijar el nitrógeno del ambiente con la ayuda de las bacterias rizobium que se encuentran en asociación con las raíces. La alfalfa, por ejemplo, puede agregar hasta 200 kg de nitrógeno por hectárea cada estación de crecimiento. Así, al contrario de las gramíneas, las leguminosas no requieren un fertilizante nitrogenado para crecer. Sin embargo, cuando se ingieren en cantidades grandes y puras, algunas leguminosas pueden producir timpanismo del rumen. En esta condición, una espuma se forma en el rumen, atrapando los gases de la fermentación y impidiendo que sean eructados. El lado izquierdo de la vaca resulta hinchado y el animal puede morir en unas horas después del comienzo del timpanismo.

MORFOLOGIA

Las gramíneas y las leguminosas tienen características estructurales que las hacen fáciles identificar (Figura 4.1). Las hojas de las gramíneas son alargadas. El origen de la lámina (llamada vaina foliar) envuelve el tallo encima del nodo donde está conectado. Al contrario, las hojas de las leguminosas están conectadas al tallo por un peciolo. En el punto de contacto entre el tallo y el peciolo, se encuentra un apéndice que se llama la estípula, que es característica de las leguminosas. Los tallos de las plantillas y las gramíneas no reproductivas tienden a ser cortas y crecen casi al nivel de la tierra. Cuando comienzan a florecer, los tallos crecen hacia arriba a través de las vainas enrolladas, para exponer la inflorecencia encima de la planta. El tallo de una gramínea florece, típicamente se divide en secciones, las cuales se llaman nodos e internodos. El internodo de una gramínea típicamente está vacío y el nodo, o articulación, siempre es sólido. Los tallos de las leguminosas varían mucho entre las especies en cuanto a su tamaño y el grado de ramificación y lignificación.

ETAPAS DE CRECIMIENTO

La etapa de crecimiento cuando se cosechan o pastorean los forrajes influye mucho en su valor nutricional Así, es importante entender la terminología que describe las etapas de crecimiento de las gramíneas y de las leguminosas (Cuadro 4.1). Los términos para las gramíneas y las leguminosas son un poco diferentes. Sin embargo, ambos grupos

se dividen en tres etapas de crecimiento sucesivas:
- Crecimiento vegetativo;
- Florescencia;
- Formación de semillas.

El valor nutricional de un forraje es más alto durante la etapa vegetativa, y más bajo durante la formación de semillas.

Los agricultores producen algunas especies de gramíneas, como cereales y leguminosas, para los granos y semillas que producen. Es obvio que la planta tiene que crecer y desarrollarse hasta la etapa de la formación de la semilla, antes de cosechar los granos. Los residuos que quedan incluyen las hojas y los tallos, y son de muy baja calidad nutritiva para las vacas. Sin embargo, cuando los forrajes se producen con el propósito de alimentar a las vacas, deberían ser cosechados o pastoreados en una etapa más joven de madurez. La terminología utilizada para describir la etapa de madurez de gramíneas y de leguminosas, y su composición típica con respecto a la nutrición, se presenta en el Cuadro 4.2.

Términos Descripción .....Gramíneas..... 1 Vegetativo Hojas o láminas solas, los tallos no son alargados. 2 Elongación Tallos alargados. 3 Botón Las inflorecencias están envueltas en las vainas enrolladas, pero no están expuestas. 4 Excrecencia Las inflorecencias salen de las vainas, sin producir polen 5 Floración Etapa de floración, y producción de polen. 6 Estado cremoso Semilla inmadura y de una textura de crema7 Estado pastosoSemilla bien desarrollada, y de textura pastosa. 8 Semilla maduraSemilla madura, las hojas se vuelvan amarillas y color café. 9 Post-madura Las semillas son excesivamente maduras, hay algunas hojas muertas y algunas inflorecencias rotas. 10 Heno parado Las hojas se han madurado en los tallos y la mayoría de las semillas han caído. .....Leguminosas..... 1 Vegetativa Sin botones. 2 Botón Sin flores (especificar como botones jóvenes o maduros). 3 Primera flor Las primeras flores aparecen en las plantas. 4 Florescencia Las plantas florecen. (Especifica el porcentaje de los tallos que tienen una o más flores). 5 Vaina Las vainas de semillas se desarrollan. 6 Semilla madura Principalmente vainas maduras y obscuras con las hojas más bajas muertas.

Adaptado de Heath M., Barnes R., Metcalfe D. 1985 Forages, the science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames, IA 50010 USA

VALOR NUTRITIVO DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS

Las leguminosas y gramíneas son las principales fuentes de forrajes para el animal lechero. En sus etapas iniciales de madurez, son fuentes excelentes de proteína, carotina, calcio y otros minerales. Los forrajes de alta calidad pueden formar hasta dos tercios de la ración a base de materia seca, con las vacas consumiendo 2.5 a 3% de su peso corporal como forraje a base de materia seca. Por ejemplo, una vaca de 600 kg, debe comer 15 a 18 kg de materia seca de un forraje de buena calidad. Así, cuando se les dan los forrajes de buena calidad en una ración balanceada, puede proveer la mayoría de la proteína y energía requerida para la producción de leche.

Cuadro 4.2: Etapas de madurez y composición de los henos de gramíneas y leguminosas, en relación con su valor nutritivo.

Etapa de madurez Etapa1 % de hojas Composición % MS PC FND .....Gramíneas ..... Bota 1&2& 50 > 18 < 55 Excrecencia inicial 4 40-50 13-18 55-60 Excrecencia 4 30-40 8-12 61-65 Posexcrecencia 5 20-30 < 8 > 65 .....Leguminosas ..... Pre-florecencia 1&2 40-50 > 19 < 40 Florescencia inicial 3 35-45 17-19 40-46 Florescencia intermedia 4 25-40 13-16 47-51 Florescencia completa 4 < 30 < 13 > 51

1 Etapa de crecimiento como se indica en el Cuadro1
2 PC = proteína cruda
3 FND = Fibra neutro detergente

Figura 4.2: Cambio en la proteína cruda, la fibra neutro detergente, y la energía con el progreso de madurez de una leguminosa (Medicago sativa) y una gramínea (Phleum pratense) preservados como heno.

Las vacas tienden a comer mas leguminosas que gramíneas cuando están en una etapa parecida de madurez

La proteína cruda tanto en las gramíneas como en las leguminosas se ubican principalmente en las hojas de las plantas. En general, las leguminosas contienen más proteína cruda que las gramíneas de una etapa equivalente de madurez. La proteína cruda en leguminosas y gramíneas varía entre 15 y 23% y 8 a 18% de la materia seca, respectivamente. Así, cuando a las vacas se les ofrece una ración que contiene una alta proporción de leguminosas jóvenes, la necesidad de suplementar la proteína es menor que cuando se alimentan de una ración que contiene una alta proporción de gramíneas.

La fibra es el componente principal de los tallos de leguminosas y gramíneas. Con un nivel parecido de madurez, las gramíneas contienen más fibra que las leguminosas (Figura 4.2). La fibra en las gramíneas es típicamente menos lignificada que en las leguminosas. Como resultado, la fibra de las gramíneas es típicamente más digestible que en las leguminosas.

En contraste, las leguminosas tienen en sus células un contenido más alto de productos solubles que las gramíneas. El valor energético y la digestibilidad de los productos solubles son altos (aún más que los de concentrados). El alto contenido de productos solubles equilibra el efecto de la digestibilidad reducida de la fibra en las leguminosas relativo a las gramíneas. Como resultado, en la misma etapa de madurez, el valor energético de las leguminosas es más alto que el valor energético de las gramíneas (Figura 4.2).

Además, la fibra de las leguminosas típicamente se digiere en el rumen más rápidamente que la fibra de las gramíneas. Las vacas pueden consumir más una cantidad más grande de un forraje que se digiere rápidamente. Así, las vacas tienden a comer más leguminosas que gramíneas.

CAMBIOS EN EL VALOR NUTRITIVO CON EL AUMENTO DE MADUREZ PARA COSECHA O PASTOREO

El factor más importante que influye en el valor nutritivo de una gramínea o una leguminosa es su etapa de madurez. Con el progreso de maduración, la concentración de proteína, de energía disponible, de calcio, de fósforo y de materia seca digestible en la planta se reducen mientras que la concentración de fibra aumenta. Mientras la fibra va aumentando, el contenido de lignina en la planta también se incrementa. La lignina es indigestible y reduce la disponibilidad de los carbohidratos en la fibra, lo cual causa una menor disponibilidad de la energía.

Tanto en las gramíneas como en las leguminosas en su etapa vegetativa, la mayoría de los nutrientes se encuentran en las hojas. Mientras crecen las plantas, la proporción de la materia seca total compuesta de hojas se reduce y la proporción de tallos aumenta. Los tallos son fibrosos y menos digestibles en comparación con las hojas. Así, las partes vegetativas de la planta son bajas en fibras y altas en proteína. Esta relación se reduce con la madurez, y la planta contiene menos proteína y más fibra (Cuadro 4.2). Además, mientras la planta madura, las paredes de las células en el tallo resultan más lignificadas. Así, la reducción de digestibilidad resulta no solamente porque hay más fibra, sino también porque la fibra resulta menos digestible.

La proteína y energía disponibles para el animal se reduce rápidamente mientras que la planta se madura.

En resumen, la disminución del valor nutritivo de una gramínea o una leguminosa mayor se debe a:
- La reducción en la proporción de hojas y la reducción correspondiente en proteína;
- El aumento en la proporción de tallos y el aumento correspondiente de fibra;
- La reducción de energía en los tallos correspondiente al incremento de lignina.

Como resultado, la proteína y la energía disponibles al animal se reducen rápidamente mientras la planta madura (Figura 4.2).

¿CUAL ES LA ETAPA OPTIMA DE MADUREZ?

El valor de un cultivo forrajero se determina por el rendimiento de materia seca y el valor nutritivo del mismo. El rendimiento total de materia seca aumenta, pero el valor nutritivo del forraje se reduce, mientras que el cultivo crece y madura. La calidad de forraje es alta en una planta joven en su etapa vegetativa de crecimiento. Sin embargo, durante esa etapa típicamente hay poco rendimiento de materia seca total por hectárea. Mientras la planta entra a su etapa reproductiva y comienza a florecer, el rendimiento total de materia seca por hectárea se incrementa. Sin embargo, la digestibilidad del forraje se reduce, así la cantidad de materia seca digestible producido por hectárea se obtiene antes de llegar al rendimiento máximo de materia seca total (Figura 4.3). El rendimiento máximo de materia seca digestible

se obtiene en las etapas de madurez de preemergencia a emergencia de las gramíneas, y de botones medianos a maduros de las leguminosas.

El rendimiento máximo de materia seca digestible se obtiene en las etapas de madurez de pre-excrecencia a excrecencia de las gramíneas, y de botones medianos a maduros de las leguminosas.

Figura 4.3: Efecto de la etapa de madurez sobre la materia seca total y digestible de gramíneas (Excepción de ensilaje de maíz y leguminosas).

¿COMO MINIMIZAR LOS EFECTOS NEGATIVOS DE MADUREZ PARA EL VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES?

Poco se puede hacer para impedir la pérdida del valor nutritivo de un forraje con el avance de madurez. Cada día que se demora la cosecha después del punto óptimo de madurez, sufre la producción potencial de leche de las vacas que consumen este forraje. Sin embargo, se puede emplear varias estrategias para mantener la disponibilidad de forrajes que tienen buen valor nutritivo:

- Desarrollar una estrategia de pastoreo que equilibra el número de animales en el potrero con la tasa de crecimiento del pasto;
- Sembrar una mezcla de gramíneas y leguminosas que tengan tasas de crecimiento diferentes y madurez durante la estación.
- Cosechar el forraje en una etapa temprana de madurez y preservarlo como heno o ensilaje.
- Alimentarles los forrajes de menor calidad a las vacas secas y las vacas en la última parte de su lactancia, y reservar los mejores forrajes para las vacas más productivas.

EL ENSILAJE DE MAIZ Y SORGO

El maíz y el sorgo son de la misma familia botánica que las gramíneas. Así, las varias etapas de crecimiento se parecen a las que hemos descrito para las gramíneas. Los cambios en composición descritos para las gramíneas también ocurren en maíz y sorgo con el avance de madurez. Sin embargo, cuando el propósito es hacer ensilaje, el maíz y el sorgo se cosechan en el punto o después de la madurez de la semilla (Cuadro 4.1). A pesar de una reducción dramática en el valor nutritivo del tallo y las hojas de la planta, con la madurez avanzada, el valor nutritivo total de la planta aumenta cuando pasa de la etapa cremosa a la etapa pastosa, y a la madurez de la semilla. La razón para el mejoramiento del valor nutritivo más allá de la etapa de floración, es que el maíz y el sorgo almacenan cantidades significativas de almidones en los granos de la planta. Un buen ensilaje de maíz puede contener hasta 50% grano a base de materia seca (Figura 4.4).

Básicamente, el ensilaje de maíz o sorgo es una mezclas de un alimento de muy alta energía (el grano) con un forraje de muy baja calidad (la chala). Mientras se forman los granos de maíz, se rellenan primeros de una sustancia cremosa y con mayor madurez, esta sustancia cremosa se vuelve pastosa, y eventualmente forma una reserva sólida de almidón que puede ser dentada (Figura 4.5).

Para lograr el rendimiento máximo de materia seca digestible, el maíz tiene que ser cosechado para ensilaje cuando la línea que demarca el contenido de materia cremosa se ha reducido a aproximadamente 3/4 del tamaño del grano, y antes de que una capa negra aparezca al fondo del grano. En esta etapa de madurez, la planta ha llegado a su punto máximo de valor nutritivo. Cuando la capa negra está presente y el grano esta totalmente dentado, el grano puede estar demasiado seco para ser utilizado efectivamente y una cantidad significativa de la materia seca se pierde en las hojas que quedan en el campo.

Figura 4.4: Efecto de madurez de la planta de maíz, sobre la acumulación de materia seca total, el área obscura representa las partes menos digestibles de la planta. Nótese la acumulación de grandes cantidades de almidón en el grano hacia el final de maduración que mejora el valor nutritivo de la planta.

RESIDUOS DE CULTIVOS Y SUBPRODUCTOS INDUSTRIALIZADOS DE POCO VALOR NUTRITIVO

Los residuos de cultivos son aquellas partes de las plantas que se quedan en el campo después de que se cosecha el cultivo principal. Los residuos de cultivos pueden ser pastoreados, procesados como un alimento seco, o convertido en ensilaje. Algunas características generales de los residuos de cultivos son:
- Un alimento voluminoso y barato
- Alto en fibra indigestible debido al alto contenido de lignina. Se puede utilizar tratamientos químicos para mejorar el valor nutritivo.
- Bajo en proteína cruda.
- La necesidad de una suplementación correcta especialmente con nitrógeno.
- Tienen que ser picados al momento de cosechar o de alimentar.
- Deben estar utilizados en las raciones de animales no lactantes que tienen bajos requisitos de energía.

El mejor momento para cosechar maíz es cuando la línea de materia cremosa se acerca al punto de grano y antes de que aparezca la capa negra.

Figura 4.5: El mejor momento para cosechar maíz es cuando la línea de materia cremosa se acerca al punto de grano y antes de que aparezca la capa negra.

Hojas y coronas de remolacha forrajera o remolacha azucarera

Las hojas y coronas de las remolachas azucarera o forrajera típicamente se dejan en el campo, pero se las puede cosechar y utilizar como alimento para ganado. Una fertilización fuerte con nitrógeno puede causar una acumulación de nitratos en las hojas. Los altos niveles de nitratos pueden ser tóxicos para vacas lecheras. Además contienen altas cantidades de ácido oxálico que liga el calcio y así previene su disponibilidad. Aunque las partes aéreas de las remolachas son baja en fibra y más alta en proteína cruda que la mayoría de otros residuos de cultivos, frecuentemente es un alimento de baja calidad. Las partes aéreas de la remolacha se contaminan fácilmente con suelo durante la cosecha, el ensilaje puede provocar una diarrea fuerte si las hojas no se marchitan antes de usarlas. Este alimento se tiene que utilizar en cantidades pequeñas, y se considera como un alimento de emergencia, que se usa cuando el suministro de otros alimentos falla.

La paja de cereales

Las pajas de cereales típicamente son alimentos de baja calidad, bajos en proteína y minerales y altos en fibra lignificada. De los cereales, la paja de avena es más digestible, el de cebada es mediano y el de trigo es el de más baja calidad. Típicamente, las vacas secas preñadas se pueden alimentar con paja de cereales con 2 o 3 kg de heno de buena calidad o con 0.5 a 1.0 kg de un suplemento que contiene 30 a 40% de proteína cruda. También se debe ofrecer un mineral alto en fósforo.

El bagazo de caña de azúcar

El bagazo es el residuo fibroso de la extracción mecánica del azúcar de la caña. El bagazo de caña de azúcar se puede utilizar como un combustible en el trapiche. Es un alimento de muy baja calidad que es alto en fibra indigestible. Sin embargo, el bagazo puede servir de fuente de fibra cruda en las dietas de vacas lecheras. Puede absorber grandes cantidades de melaza cuando se utilizan en la combinación. El nivel de melaza permisible en la dieta en esta forma puede subir hasta 25% antes de que provoque diarrea.

CONCENTRADOS

No hay una buena definición para la palabra "concentrado." Sin embargo, los concentrados pueden ser definidos por sus características como alimentos y sus efectos en la función del rumen. Típicamente las características de un concentrado son:
- Los alimentos que son bajos en fibra y altos en energía. En comparación con los forrajes, que típicamente contienen 1.0 a 1.40 MCal ENL/ kg MS, los concentrados contienen 1.5 a 2.2 MCal ENL/kg MS (ver apéndice). Sin embargo, hay algunas excepciones y algunos alimentos concentrados que son tan bajos en energía que parecen un forraje pobre. Por ejemplo, los cascos de avena contienen menos energía (0.74 MCal ENL/kg MS) que la paja de avena (1.11 MCal ENL/kg

MS).
- Los concentrados pueden ser altos o bajos en proteína.
- Los concentrados típicamente tienen buena palatabilidad y se comen rápidamente. En contraste con los forrajes, los concentrados son un alimento típicamente de bajo volumen por unidad de peso (alta gravedad específica).
- En contraste con los forrajes, la mayoría de los concentrados no estimulan la rumia.
- Los concentrados típicamente se fermentan más rápidamente en el rumen que los forrajes. Ellos aumentan la acidez (reducen el pH) en el rumen que puede interferir con la fermentación normal de la fibra.

Las vacas lecheras de alto potencial genético para la producción lechera también tienen requisitos altos para energía y proteína. Si se toma en cuenta que las vacas sólo pueden comer una cantidad limitada cada día, los forrajes solos no pueden suministrar toda la cantidad de energía y proteína requerida. Por lo general, el propósito de agregar concentrados a la ración de una vaca lechera, es de proveer una fuente de energía o proteína suplementaria y concentrada para completar los requisitos del animal. Así, los concentrados son alimentos importantes que permiten la formulación de dietas que pueden maximizar la producción de leche.

GRANOS DE CEREALES Y SUS SUBPRODUCTOS

Granos de cereales

Como hemos indicado, los forrajes se constituyen de las partes vegetativas de las plantas. Durante la etapa reproductiva del desarrollo, la planta produce una semilla capaz de germinar y producir una nueva planta. Típicamente, las semillas se componen de tejidos distintivos.
- Las capas protectoras (cascarilla y cáscaras).
- Las capas protectoras interiores, también llamadas cáscaras, que están presentes en avena, cebada y arroz, pero ausente en maíz, trigo, centeno y sorgo.
- El endospermo, que consiste en las reservas de nutrientes (principalmente almidón en los granos de cereales), ayuda a la germinación.
- El embrión (germen).

Los granos de cereales son altos en energía y bajos en proteína. Los cereales son fuentes excelentes de carbohidratos fermentables (almidones) que aumentan la concentración de energía cuando se incluyen en la dieta. Sin embargo, un exceso de granos de cereales en la dieta reduce la masticación, impide la función del rumen y reduce el porcentaje de grasa en la leche.

Las semillas de plantas y especialmente las semillas de cereales (llamados granos), se puede utilizar como concentrados en las raciones de las vacas lecheras. Las semillas, por lo general, tienen un valor nutritivo más alto que las partes vegetativas de las plantas. Como promedio, el contenido de energía de los granos de cereales es de 1.9 MCal EN1/kg MS (Cuadro 4.4) mientras que un forraje de buena calidad contiene aproximadamente 1.5 MCal ENl/kg MS. El contenido promedio de proteína en granos y cereales es aproximadamente 13% con la excepción de triticale y trigo (Cuadro 4.4). Los granos típicamente contienen más minerales que los forrajes. Sin embargo todos los granos (especialmente el maíz) tienen un contenido de calcio muy bajo, pero son buenas fuentes de fósforo. Los granos enteros de cereales se deben moler gruesamente o quebrar, para ayudar a la digestión. Tanto el maíz en mazorca y como los granos de maíz son fuentes populares de energía utilizadas por los productores de leche en los EE.UU. El maíz es el grano que más frecuentemente se les ofrece a las vacas lecheras de los EE.UU. Sin embargo, cuando el maíz se les alimenta en cantidades grandes (más de 10 a 12 kg al día), la función del rumen puede reducirse, igual que el apetito y el porcentaje de grasa en la leche. Las mazorcas contienen un poco de energía menos que los granos de maíz, pero la fibra en la mazorca ayuda a mantener un buen ambiente en el rumen, la cual resulta en un buen apetito y un menor riesgo de reducir el porcentaje de grasa en la leche.

Granos y cereales como subproductos de la industria molinera

La molienda de granos de cereales produce una amplia variedad de subproductos (Cuadro 4.5). Hay una gran variedad de valores nutritivos entre los subproductos de molienda. La mayoría de los subproductos de molienda son excelentes fuentes de energía para las vacas lecheras y algunos también son buenas fuentes de proteína (harina de gluten de maíz). Sin embargo, las cáscaras de los granos son alimentos casi inútiles, que contienen casi exclusivamente fibra de baja digestibilidad (Cuadro 4.5). Hay otra distinción importante con respecto a la fuente de energía en un subproducto de molienda. Los granos enteros y machacados son ricos en almidón y bajos en fibra, pero los segundos, cuartos y el salvado son una fuente rica de fibra. El almidón se digiere más rápidamente que la fibra y así resulta en productos de fermentación diferentes en el rumen (ácidos grasos volátiles). A su vez, el perfil de los ácidos volátiles grasos en el rumen afecta la utilización relativa de energía para la producción de leche y para la deposición de grasa almacenada en el

cuerpo.

Sub productos de granos de cereales de la industria cervecera y destilera

Las cervecerías producen la cerveza por la fermentación de cebada, y las destilerías producen licores por la fermentación de maíz o una mezcla de maíz y otros cereales. La levadura que crece en el proceso de la fermentación de cebada o maíz puede ser deshidratarse y ofrecerse como una buena fuente de proteína para las vacas lecheras. También, los residuos de granos (llamados granos cerveceros o destileros) se pueden vender como un alimento húmedo (80% de agua) o después de deshidratación. Los granos destileros son una mejor fuente de energía que los granos cerveceros. Ambos subproductos son altos en proteína (Cuadro 4.5). La ingestión y la producción de leche se reduce si se ofrece más de 20% de la ración a base de materia seca como granos cerveceros húmedos (o aproximadamente 20 kg de sub producto húmedo). Pero, una cantidad pequeña de granos cerveceros en la ración parece mejorar la producción de leche.

RAICES Y TUBERCULOS

Algunas plantas acumulan reservas en sus raíces (por ejemplo casava y remolacha) Un cultivo de raíces consiste en las partes subterráneas de la planta (por ejemplo yuca y remolacha). Los tubérculos son tallos cortos y gruesos, y las partes terminales de tallos o rizomas que típicamente se forman subterraneamente (por ejemplo papas). Aunque el maní es un tubérculo, también contiene una alta cantidad de aceite. Los alimentos derivados de maní se discutirán con las semillas de aceite. Las raíces rinden más nutrientes por hectárea que la mayoría de los otros cultivos, pero la cosecha de estos cultivos es sumamente intensiva en su uso de mano de obra. También, una alta contaminación por la tierra puede reducir el valor nutritivo de las raíces y tubérculos. Puede resultar necesario lavarlos antes de dárselos. Las características nutricionales generales de los cultivos de raíces son:
- Un alimento jugoso, con alta palatabilidad;
- Típicamente un alto contenido de almidón (casava) o de azúcares sencillos (remolacha azucarera) que se fermentan fácilmente en el rumen (Cuadro 4.6);
- Alto contenido de agua (80%) que puede limitar la ingestión de otros nutrientes, cuando se ofrecen grandes cantidades de raíces cada día (más de 20 kg);
- Contenido de proteína muy bajo (menor de 10%);
- Tienen que ser picados en pedazos pequeños para evitar que las vacas se ahoguen en el proceso de tragar pedazos grandes.

Algunas de los subproductos de molienda son alimentos pobres, otros son excelentes fuentes de carbohidratos fermentables y de proteína. Los subproductos de la cervecería y la destilería son buenas fuentes de proteína y son ricos en carbohidratos cuando se digieren lentamente.

SUB PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

La pulpa de la remolacha y la melaza son alimentos de un alto contenido de energía que mejoran la palatabilidad de la dieta. La mayoría de los carbohidratos que se encuentran en la pulpa de la remolacha son estructurales (Cuadro 4.6), sin embargo, son altamente digestibles. La digestión de la pulpa de remolacha no aumenta la acidez del rumen tanto como los granos y cereales. Así, la pulpa de remolacha puede constituir hasta 30% de la ración a base de materia seca.

La melaza de remolacha azucarera o de caña de azúcar es muy baja en proteína cruda (4 a 5%), pero se puede utilizar como fuente de azúcares sencillos, que son fácilmente fermentados por las bacterias del rumen. La melaza es altamente palatable y mejora la aceptabilidad de una ración. Una ración que contiene 5% melaza, probablemente será consumida más fácilmente que la misma ración sin la melaza. Este también es el caso cuando la melaza se mezcla con forrajes de baja calidad (como varios residuos de cultivos).
A no ser que se mezcle con materiales de alta absorción, como bagazo, se recomienda que la melaza no sobrepase el 10% de la mezcla de concentrados, o 5% de la ración de materia seca. Cuando hay materiales muy absorbentes, la melaza puede constituir hasta 40% de la ración total, sin producir efectos negativos. Además de las ventajas de abundancia, alto contenido de energía y palatabilidad, la melaza es relativamente fácil de almacenar. Debido a estos factores, la melaza es uno de los mejores alimentos del trópico.

Las raíces y tubérculos son buenas fuentes de carbohidratos altamente fermentables pero son bajos en proteína. La pulpa de remolacha se compone de fibras altamente digestibles. Los azucares sencillos en melaza la hacen un alimento de alta palatabilidad.

SEMILLAS DE ACEITE

Las semillas de granos y cereales se han discutido antes. Otras plantas son capaces de acumular lípidos y proteínas en sus semillas. Las semillas de aceite se producen principalmente en el trópico o subtrópico, e incluyen la soya, el maní, el algodón y la linaza. En los climas templados, la semilla de nabo (canola) es ahora un cultivo importante. En casi todas las semillas de alta proteína y sus subproductos, hay una serie de sustancias tóxicas, alérgicas y antinutricionales. La mayoría de estas substancias son inactivadas por los microorganismos del rumen. Cuando se les ofrecen estos alimentos a animales monogástricos (incluyendo los terneros jóvenes) es necesario destruirlos con un tratamiento de calor. Por ejemplo, la semilla de soya o harina de soya extraída en bajas temperaturas, contiene un inhibidor que vuelva inactiva la enzima digestiva tripsina y resulta en un bajo rendimiento del animal. La mayoría de las variedades de algodón contienen "gosipol" que es muy tóxico para los animales no rumiantes. La linaza contiene ácido cianúrico y la semilla de nabo (canola) contiene un factor goitrogénico.

Los lípidos en las semillas de aceites los hacen alimentos de alta energía. Típicamente las harinas de semillas de aceite, producidas como residuo de la extracción de aceites, son suplementos de proteína para las vacas lecheras.

HARINAS DE SEMILLAS DE ACEITE

Las harinas son los residuos que quedan después de la extracción de los aceites. Son ricas, no solamente en proteínas, sino también en energía, que los hacen excelentes suplementos a los granos de cereales. El aceite se extrae de las semillas por calor y presión o por la solubilización en un solvente orgánico como hexano. El proceso de calor y presión, que se llama expulsión, produce una harina que contiene más del 5% (50 gr por kg de materia seca) de aceite y residuo. En contraste, las harinas extraídas por solventes contienen menos de 2% (20 gr por kg de materia seca) de aceite y residuo. Entre las proteínas vegetales la harina de soya contiene la cantidad más alta de lisina.

Lisina es un aminoácido que típicamente se encuentra en cantidades bajas en proteínas vegetales, relativo a las necesidades del animal para producir proteína animal. Sin embargo, con la excepción de la harina de azafrán, el valor nutritivo de las otras harinas de aceite son aproximadamente 90 a 100% compartido con la harina de soya.

SEMILLAS DE LEGUMINOSAS

Aunque las semillas de las plantas leguminosas se usan principalmente para el consumo humano, pueden alimentar el ganado efectivamente. Muchas leguminosas crecen en el trópico y subtrópico. Una lista de las semillas de leguminosas y su contenido de proteína se encuentra en el Cuadro 4.8. Todas las semillas leguminosas contienen sustancias antinutricionales. Afortunadamente, los procedimientos como cocinar, rumiar y fermentar pueden reducir los riesgos asociados con la alimentación de ganado con estas semillas. Los factores químicos que pueden producir problemas al alimentar con las semillas de leguminosas son:

- Inhibidores de proteasa que reducen la digestión de proteína por el animal.
- Sustancias goitrogénicas que interfieren con el metabolismo del yodo
- Las sustancias cianogénicas que liberan cianuro, e interfieren con la respiración
- Sustancias antivitamínicas, capaces de volver inactivas las vitaminas
- Factores que pueden ligar los minerales metálicos, así reduciendo su disponibilidad.

Las semillas de las leguminosas contienen sustancias antinutricionales pero con procesamiento correcto son buenas fuentes de energía y proteína.

GRASAS DE ANIMALES Y ACEITES VEGETALES

Las grasas y los lípidos son las fuentes más concentradas de energía en la naturaleza. Se recomienda que se le da en pequeñas cantidades en las raciones de hatos lecheros con una producción de leche más alta de 9.000 kg/vaca/lactancia. Las bacterias del rumen no utilizan grasas y lípidos como fuentes de energía. Las cantidades excesivas de grasas y lípidos en las dietas lecheras pueden reducir la ingestión de alimentos y la producción de leche. Cuando se utilizan en una ración para vacas lecheras, las grasas y aceites normalmente se agregan a la mezcla de concentrados. Los beneficios son:

- Incrementar la densidad de energía en la mezcla;
- Cuando los alimentos son finamente molidos, la adición de grasas y aceites reduce el polvo de la mezcla de concentrados.

PROTEINA ANIMAL

Hay tres grupos de proteína de origen animal: subproductos del matadero (aves y otros animales), subproductos de

origen marino y subproductos de leche (Cuadro 4.9).

Subproductos de aves, animales y especies marinas

Las proteínas de animales se pueden utilizar en pequeñas cantidades en las raciones para vacas lactantes que tienen altos requisitos para proteínas (altas productoras de leche). Como son altas en proteína cruda y resistentes a la degradación ruminal, el beneficio para la vaca lechera es el de mejorar el suministro de aminoácidos.

Cuando los subproductos de proteína animal incluyen huesos, son una buena fuente de calcio y fósforo. Por ejemplo, la harina de huesos más la sal generalmente es suficiente como suplemento mineral para vacas en pastoreo.

Típicamente los subproductos de proteína de animal no son palatables, y algunas vacas los rechazan cuando sienten el olor. La adición de proteína de animal a la dieta de vacas lecheras debe ser gradual para acostumbrar al animal al producto. Muchas veces se mezclan con melaza en la mezcla de granos o en la mezcla total de la ración para mejorar la palatabilidad.

Muchos suplementos de proteína de origen animal son difíciles de procesar y almacenar sin degradación y la pérdida de nutrientes. El procesamiento incluye cocinar con vapor bajo presión, calor seco y deshidratación rápida. Si esos subproductos no se pueden secar o deshidratar se deben refrigerarse. Si no se cocinan para destruir las bacterias patogénicas, pueden ser una fuente de infección. Por otro lado, el calor excesivo reduce la disponibilidad de la proteína. La calidad de los subproductos de mataderos pueden variar según las partes de los animales que han entrado a la mezcla.

Sub productos lecheros

Los subproductos de leche a veces se producen dentro de la finca. El suero y la leche descremada son altamente palatables y típicamente se utilizan para alimentar a los terneros jóvenes.

MINERALES

Los minerales y vitaminas son de gran importancia para las raciones de todo ganado. Los desequilibrios, deficiencias o excesos de minerales causan problemas mayores, mientras que la toxicidad de vitaminas es rara, las deficiencias son comunes y resultan en pérdidas económicas grandes e inaceptables. En vacas lecheras, los macro minerales de mayor importancia son cloro de sodio (NaCl), calcio (Ca), fósforo (P), y a veces magnesio (Mg) y azufre (S). En cuanto a las vitaminas, las vitaminas A, D y E son de mayor preocupación. La vitamina A es más probablemente deficiente en áreas que tienen un invierno o estación seca largo.

Proteínas de fuente animal son típicamente resistente a la degradación ruminal y pueden ser buena fuente de calcio y fósforo.Los microbios ruminales sintetizan las vitaminas del complejo B, C y K. Casi todo alimento, con excepción a urea y grasa, contiene como mínimo cantidades mínimas de varios minerales. Las concentraciones de minerales son muy variables y muchas veces reflejan, no solamente la especie de planta, sino también los perfiles del suelo en el cual se han producido las plantas.

Tanto como para la energía, el contenido de mineral en un alimento es sólo parcialmente disponible al animal. La disponibilidad se relaciona con la forma en que se encuentra. Por ejemplo, en la presencia de ciertos ácidos (oxálico y citrato) el calcio no se puede absorber efectivamente. Los agentes ligadores tienen una afinidad selectiva para varios elementos minerales, cambiando un mineral por otro con una afinidad más alta.

Este proceso puede llevar a deficiencias de minerales que de otra manera están disponibles en cantidades adecuadas. Hay tres fuentes de suplementos minerales para el ganado:
- Subproductos de animales que contienen huesos, cáscaras o tejidos conectivos.
- Fuentes naturales de minerales en las rocas
- Compuestos de minerales que se sintetizan químicamente.CALCIO

La producción de leche aumenta la demanda por calcio dramáticamente
(Cuadro 4.10). La suplementación de calcio en dietas de vacas lactantes es especialmente necesaria cuando contienen altas cantidades de concentrados o ensilaje de maíz. Cuando las leguminosas están en alta proporción a la dieta, la necesidad de la suplementación de calcio será mínima.

Calcio en forrajes

El concentrado promedio de calcio en más de 1.200 muestras de forrajes recogidos por todo el mundo fue 9g/kg de materia seca, con un rango de 1 a 40g/kg de materia seca. Los forrajes templados, especialmente las leguminosas tienen una tendencia mayor a tener un contenido más alto de calcio que los que se producen en el trópico. (Cuadro 4.10). Como promedio, las leguminosas contienen aproximadamente tres veces más calcio que las gramíneas. No importa la especie, ni la región climática, la fracción de follaje en forrajes tiene dos veces más calcio que la fracción de tallos.

La concentración de calcio en forrajes refleja la cantidad de calcio intercambiable en el suelo y los niveles de otros alimentos especialmente el nitrógeno y potasio. La adición de cal, u otro fertilizante rico en carbonato de calcio, aumenta la concentración de calcio en los forrajes de cierta medida.

El nivel de calcio en el ensilaje de maíz es bajo. El tallo de maíz contiene más o menos 3.8g calcio/kg MS, pero los granos solos contienen 0.3 g calcio/kg MS. Así, mientras más grano en el ensilaje, menos el contenido de calcio.

Cuadro 4.10: Concentración de calcio en forrajes y concentrados de calcio recomendados para las raciones de vacas lecheras (expresados en g/kg MS)

Calcio en forrajesForraje Leguminosas Gramíneas Forrajes templados 14.2 3.7 Forrajes tropica
2.5-3.0 Vaca Ca requerido en la dieta Preñez y seca 3.9 Lactancia inicial 7.7 Lactancia mediana y avanzada 4.3 a 6.6

Calcio en concentrados

La mayoría de concentrados tienen bajos niveles de calcio. Sin embargo, algunos subproductos son buenas fuentes de calcio.
- Los subproductos de proteína animal (harina de carne y hueso: 60 a 110g calcio/kg MS, harina de pescado: 40 a 60g calcio/kg MS);
- Melaza: con 10 a 17g calcio/kg MS.

Fuentes de calcio suplementales

Con dietas de granos deficientes en calcio, se recomienda ofrecer cal, o carbonato de calcio, como suplemento. Muchos minerales contienen calcio y fósforo en varias proporciones.

FOSFORO

Tal como para el calcio, la producción de leche impone una carga severa en las reservas de fósforo en la vaca. El ofrecer un suplemento de fósforo a las vacas que pastorean potreros deficientes en fósforo puede aumentar la producción de leche hasta 40%, (de 3600 a 4150 kg/vaca) con el aumento anotado dentro de un mes del inicio de la suplementación. Además, el fósforo es esencial para la reproducción. Muchas veces, la primera indicación de una deficiencia de fósforo es una falta de comportamiento sexual durante el celo.

Fósforo en forrajes

La mayoría de forrajes son bajos en fósforo. Como promedio el contenido de 1823 muestras recogidas por todo el mundo fue 2.8g/kg MS. Los forrajes templados contienen un poco más fósforo que los forrajes tropicales (3.5 contra 2.3g/kg MS). También, las leguminosas contienen un poco más fósforo que las gramíneas (3.2 contra 2.7g/kg MS). En contraste con el calcio, no hay una diferencia consistente en el contenido de fósforo de la hoja o el follaje y los tallos de plantas forrajeras. El Cuadro 4.11 indica que la concentración de fósforo en el forraje es relativamente baja en comparación con los requisitos de la vaca lactante. Así, la suplementación de fósforo típicamente es necesaria en las raciones para vacas lecheras.

Cuadro 4.11: Concentración de fósforo en forrajes y las concentraciones recomendadas de fósforo en las raciones de vacas lecheras (expresados en g/kg MS).

Fósforo en forraje Forraje Leguminosa Gramínea Forrajes templados3.7 3.3 Forrajes tropicale
2.2 Vaca Fósforo requerido Preñez y seca 2.4 Lactancia temprana 4.8 Lactancia mediana y avanzada 2.8 a 4.1

El fertilizante de fósforo, especialmente cuando se aplica alas tierras de bajo fósforo, produce grandes aumentos en el concentrado de fósforo en el forraje. En contraste, la aplicación de fertilizante nitrogenado estimula el crecimiento y reduce la concentración de fósforo en muchos forrajes. El fósforo favorece el crecimiento de las leguminosas más que el crecimiento de gramíneas, en un potrero mezclado de leguminosas y gramíneas. Así, en este tipo de potrero, la reacción del animal a la fertilización con fósforo puede deberse en parte al aumento de la proporción de leguminosas, que son más altas en proteínas y así, tienen un efecto beneficioso en la ingestión.

Fuentes suplementarias de fósforo

Con la excepción de los subproductos de animales que contienen huesos, los concentrados son típicamente pobres fuentes de fósforo. La harina de carne y hueso puede contener más de 50g/kg MS. También, el fosfato de calcio es una fuente popular para la suplementación de fósforo, porque tiene una alta disponibilidad relativa a otras fuentes. Muchos fosfatos en rocas tienen que procesarse para quitar el exceso de fluorina antes de utilizarlos con seguridad como suplemento de fósforo.

RESUMEN

Forrajes
- Las vacas tienden a comer más leguminosas que gramíneas en la misma etapa de madurez.
- La proteína y energía disponible al animal se reduce rápidamente con la maduración de la planta.
- El rendimiento máximo de materia seca digestible se obtiene en:
- La etapa de botón hasta excrecencia de las flores de gramíneas;
- La etapa de botones de las leguminosas.
- Los residuos de cultivos y otras plantas típicamente son alimentos pobres que necesitan suplementación correcta.

Concentrados
- Los granos y cereales y sus subproductos son típicamente alimentos de alta energía para las vacas lecheras, pero son bajos en proteína.
- Los granos de cereales son fuentes excelentes de carbohidratos (almidones) fácilmente fermentados y que aumentan la concentración de energía que se incluye en la dieta. Sin embargo, demasiado grano de cereal en la dieta reduce la masticación, la función correcta del rumen y el porcentaje de grasa en la leche.
- Los sub productos de granos cerveceros y de destilería son buenas fuentes de carbohidratos lentamente digestibles y de proteína.
- Las raíces y tubérculos son buenas fuentes de carbohidratos fácilmente fermentados pero bajos en proteína.
- Los subproductos de la industria azucarera son altos en fibras digestibles (pulpa de remolacha), o en azúcares sencillos (melaza), haciéndolos alimentos muy palatables.
- Las semillas de aceite contienen lípidos que los hacen alimentos de alta energía.
- Típicamente las harinas de semilla de aceite son "alimentos de proteína" para las vacas lecheras.
- Las semillas de leguminosas contienen sustancias antinutricionales, pero después del procesamiento correcto son buenas fuentes de energía y proteína.
- Las proteínas de origen animal son típicamente resistentes a la degradación ruminal y pueden ser buenas fuentes de calcio y fósforo.
- Los suplementos de origen animal requieren el tratamiento correcto para evitar la transmisión de infecciones.

Minerales
- Dado que las leguminosas contienen más calcio que las gramíneas, las dietas basadas en leguminosas requieren menos suplementación de calcio.
- La suplementación del fósforo se necesita frecuentemente en la ración de vacas lecheras porque los forrajes contienen

bajos niveles de fósforo en comparación con los requisitos de la vaca.

Esta publicación está autorizada por el Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera de la Universidad de Wisconsin Madison.

Estas tecnologías son responsabilidad de quien las aplique.