Nutrientes en la dieta en bovinos leche

INTRODUCCION

Todos los tejidos de las plantas y animales están compuestos de lo siguiente: 1) Agua; 2) Materia orgánica; 3) Minerales o ceniza. Cuando un alimento ha sido secado para quitar toda el agua, la materia que se queda se llama "materia seca." La materia seca se puede subdividir en materia orgánica y minerales. Los minerales incluyen calcio, sodio, fósforo, magnesio, etc. La materia orgánica está compuesta de carbón, hidrógeno, oxígeno y en algunos casos nitrógeno.

La Figura 2.1 presenta una clasificación de los componentes de alimentos. De éstos, la mayoría son nutrientes. Un nutriente es una substancia que está a la disposición del animal, tal como está en el alimento (agua) o después de la digestión y absorción (la mayoría de la materia orgánica). Sin embargo, algunos componentes de los alimentos no tienen valor nutritivo, porque no son digestibles y no se absorben (lignina). Algunos compuestos pueden interferir con el proceso de digestión de otros nutrientes. Adicionalmente, algunas plantas contienen compuestos que son tóxicos para el animal.

AGUA

El agua es un nutriente muy importante, pero muchas veces olvidado. El agua constituye el 74% del peso de un ternero recién nacido y 59% de una vaca adulta. En sus etapas inmaduras de crecimiento la mayoría de las plantas contienen de 70 a 80% agua. Las semillas contienen de 8 a 10% agua. El agua es el medio en el cual ocurren las reacciones básicas que controlan la vida. Puede jugar varios papeles dentro del cuerpo:

- Transportar nutrientes;
- Regular la temperatura del cuerpo;
- Es un componente de muchas reacciones químicas;
- Mantener la forma de las células del cuerpo.

Hay tres fuentes de agua para un animal: el agua asociada con los alimentos; el agua del bebedero; y el agua metabólica procedente de las reacciones biológicas dentro del cuerpo.

NUTRIENTES QUE CONTIENEN ENERGIA

Las plantas son capaces de producir la energía necesaria para crecer a través de un proceso que se llama "fotosíntesis." En presencia de la luz solar, la fotosíntesis convierte el bióxido de carbón (CO_2) del aire y el agua (H_2O) en azúcares ($C_6H_{12}O_6$) con la formación de oxígeno (O_2). En la dieta de animales, requiere la energía como una fuente de combustible para mantener las funciones vitales del cuerpo (mantenimiento), crecimiento, producción (por ejemplo la lactancia y la reproducción). El Cuadro 2.1 indica los componentes de alimentos que ofrecen energía y los que no son combustibles. Hay varias unidades de medida. La caloría es una unidad común. Una caloría es la cantidad de energía requerida para aumentar la temperatura de un gramo de agua de 14.5°C a 15.5°C. Una kilocaloría (Kcal) es equivalente a 1.000 calorías. La unidad internacional oficial ahora es el joule (J). Una caloría es equivalente a 4.184 J. El Cuadro 2.1 presenta el Kcal por gramos de nutrientes. La cantidad de energía en los nutrientes presentados en el Cuadro 2.1 es la energía cruda, la energía obtenida por la combustión completa del nutriente. Sin embargo, ningún sistema fisiológico puede acercarse a 100% de eficiencia. En el cuerpo, la combustión de un nutriente resulta en cantidades menores de energía (vea Cuadro 2.1 y explicación).

Cuadro 2.1: Clasificación de los nutrientes a base de su contenido de energía

Nutrientes	Energía (Kcal/g)		Crudo
	(Total)	Neto	
(Disponible)			
Lípidos	± 9.2	± 9.2	
Carbohidratos	± 4.1	± 4.1	
Proteínas	± 5.1	± 4.1	
Agua	0.0	0.0	
Vitaminas	0.0	0.0	
Minerales	0.0	0	

CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son las fuentes principales de energía en las dietas de las vacas lecheras. Entre 50 y 80% de la materia seca del forraje y de los granos son carbohidratos. Tres clases principales de carbohidratos existen en los alimentos:

- Azúcares sencillos (por ejemplo, glucosa y fructuosa);
- Los carbohidratos de almacenamiento, llamados carbohidratos no estructurales (por ejemplo, almidón y fructuosas);
- Los carbohidratos estructurales o fibrosos.

Figura 2.1: Composición química de los alimentos.

Azucares sencillos

Los azúcares sencillos son el producto inicial de fotosíntesis de la planta. Se encuentran en las paredes de las células y son las unidades de construcción para carbohidratos más complejos. Los azúcares sencillos tienen características importantes, como nutrientes solubles en agua que fácilmente los ponen a la disposición del animal, no solo a los microbios del rumen, sino también, a los animales de estómago sencillo. Segundo, aportan un sabor dulce que mejora el sabor de la parte de la planta donde están acumulados. Los azúcares se encuentran en las células de plantas en crecimiento y en alimentos, tales como la melaza, la remolacha y la caña de azúcar.

Carbohidratos de almacenamiento (Almidón)

La forma principal de los carbohidratos de almacenamiento en plantas es el almidón. El almidón está compuesto de muchas moléculas de glucosa depositada en forma granular. El tamaño y forma de los gránulos varían según la planta. Los gránulos de almidón son insolubles en agua y no tienen sabor. La estructura de los gránulos de almidón afecta la rapidez con la que pueden ser digeridas. Por ejemplo, el almidón en un grano de maíz es mucho más resistente a la degradación por microbios que el almidón en granos pequeños (avena y trigo) o tubérculos (papas). Si no hay una cantidad excesiva de almidón en la dieta, es casi totalmente digerido por los microbios del rumen o las enzimas digestivas de la vaca.

El almidón es el componente principal de los granos de maíz, granos pequeños y algunas raíces como tubérculos de papa.

Carbohidratos estructurales (celulosas y hemicelulosas)

La celulosa es claramente el carbohidrato más abundante de la naturaleza. La celulosa y la hemicelulosa son los azúcares que, mezclados con lignina, aportan fuerza y estructura a la planta. El almidón y los carbohidratos de fibra tienen los mismos azúcares como sus componentes; sin embargo, difieren en modo en que los azúcares están ligados. Esta diferencia tiene consecuencias nutricionales importantes. Al sistema digestivo de animales de estómago sencillo (las aves, los cerdos y los humanos), le faltan las enzimas para liberar las unidades de glucosa de los carbohidratos fibrosos. Sin embargo, la población microbiana del rumen tiene las enzimas necesarias para extraer las unidades de glucosa de la celulosa y la hemicelulosa que están encerradas dentro de las paredes de las células de las plantas.

Lignina, que también forma parte de la pared de la célula, no es un carbohidrato y es casi indigestible en el rumen. Mientras va madurando la planta, resulta más rígida porque la cantidad de lignina en las paredes de sus células aumenta. Las moléculas de lignina crecen y están ligadas a los carbohidratos.

Figura 2.2: Gránulos de almidón A) Papa; B) Maíz; C) Avena; D) Trigo

Como resultado, la celulosa y la hemicelulosa resultan menos digestibles, mientras la planta madura. El Cuadro 2.2 indica la disponibilidad de los carbohidratos estructurales ligados a las paredes de las células y a los contenidos solubles entre los animales de estómago sencillo (aves, cerdos, humanos) y los animales rumiantes (vacas, ovejas, cabras). En contraste, en los animales de estómago sencillo, los rumiantes tienen la capacidad de digerir y obtener energía de carbohidratos fibrosos. Se refiere a la cantidad de fibras (celulosa, hemicelulosa y lignina) en los alimentos como fibra neutro detergente (FDN) porque se puede medir en el laboratorio después de hervir una muestra de alimento en una solución caliente de detergente de un pH neutro.

Figura 2.3: Amplificación (aproximadamente 230 veces) de tejido vegetativo parcialmente fermentado. La flecha indica la pared de la célula compuesta de celulosa, hemicelulosa, y lignina. El espacio vacío entre las paredes rígidas se rellena de contenidos solubles y fácilmente fermentados ricos en proteína, azúcares sencillos y posiblemente gránulos de almidón.

Cuadro 2.2: Disposición de carbohidratos estructurales y no estructurales para los animales monogástricos y rumiantes.

Carbohidratos Animal Monogástrico
(Ejemplo cerdo) Rumiantes
(Ejemplo vaca) No-Estructural Azúcares ± 100 ± 100 Almidón ± 90 ± 90 Pectina* ± 100 ± 100 Estructural Celulosa ± 0 ± 50** Hemicelulosa ± 0 ± 50

* Un azúcar que funciona como cemento entre las paredes de la célula
** Depende de la etapa de lignificación de la planta

LIPIDOS

Hay pequeñas cantidades de lípidos en las partes vegetativas de las plantas. Una pequeña cantidad de lípido se encuentra típicamente en las semillas de las plantas. Sin embargo algunas semillas, que se llaman "oleaginosas," (la semilla de soya, girasol y algodón), acumulan hasta 20% de su materia seca como lípido. Típicamente las dietas de los rumiantes adultos no contienen más de 3 a 5% de lípido en la materia seca. Las grasas contienen aproximadamente 2.25 veces la cantidad de energía de carbohidratos (Cuadro 2.1). Los microbios del rumen no utilizan los lípidos como fuente de energía; sin embargo los lípidos no saturados resultan saturados por los microbios del rumen.

Los triglicéridos son la forma más abundante de lípidos en la naturaleza. Los triglicéridos se componen de tres ácidos grasos atados juntados por una molécula de glicerol. El número de átomos carbónicos en ácidos grasos es de 5 a 20. Los ácidos grasos con 18 y 20 carbones (linolénico, y araquidónico) son esenciales. Ellos no pueden ser sintetizados por el cuerpo y deben encontrarse en la dieta. Cuando un ácido graso no es saturado tiene la capacidad de aceptar átomos de hidrógeno adicionales a su estructura. Un ácido graso no saturado tiene la tendencia a mantenerse en forma líquida a una temperatura ambiental y eso se llama "aceite." Los ácidos grasos saturados no pueden aceptar más átomos hidrógenos y tienden a ser más sólidos a temperaturas ambientales. Típicamente se llaman grasas. Los lípidos de las plantas (aceites) son típicamente menos saturados que los lípidos de animales (grasas).

La adición de lípidos en la dieta puede ser beneficiosa para reducir la cantidad de polvo y aumentar la concentración de energía en la dieta. Sin embargo, un exceso de grasa (más del 8% de la ración en base a su materia seca), puede reducir la ingestión de los alimentos y reducir el contenido de grasa y proteína producido en la leche, y también puede producir diarrea. Además, la grasa en forma libre en el rumen tiene un efecto negativo en la digestión de fibra. Las semillas oleaginosas son buenas fuentes de lípidos porque las células contienen el aceite dentro de las células de la planta. Sin embargo, los aceites vegetales son menos saturados que las grasas de animales y deprimen la digestibilidad más que las grasas altamente saturadas derivadas de animales.

PROTEINA

Las proteínas se componen de una, o varias, cadenas de aminoácidos estrechamente ligadas. La proteína en alimentos

tiene un promedio de 16% nitrógeno. El resto de la proteína se llama el "esqueleto de carbón." Contiene moléculas de carbón hidrógeno y oxígeno que pueden rendir energía exactamente como carbohidratos y lípidos. Aunque, el promedio de energía cruda del contenido de proteína es 5.1 Kcal/g, la combustión del "esqueleto de carbones" rinde 4.1 Kcal de energía disponible (Cuadro 2.1) porque 1 Kcal se usa para excretar el nitrógeno.

NUTRIENTES QUE CONTIENEN NITROGENO

Los animales requieren nitrógeno en la forma de aminoácidos. Los aminoácidos son los componentes de las proteínas. Hay 20 aminoácidos, y cada uno contiene carbón, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, con una estructura específica. Dos aminoácidos también contienen azufre. Una cadena corta de aminoácidos (menor de 100) se llama un péptido. Las plantas pueden construir todos los aminoácidos que requieren a base de nitrógeno inorgánico, tales como los nitratos del suelo. El cuerpo del animal puede sintetizar aproximadamente la mitad de los aminoácidos que ellos requieren, la otra mitad no puede ser sintetizada y tiene que proveerse en la dieta. La combinación de aminoácidos necesarios para formar una proteína específica, es regulada de una forma muy precisa por el código genético contenido en el núcleo de cada célula del cuerpo.

PROTEINA

Los componentes de proteínas son los aminoácidos. Muchas veces, varias cadenas de aminoácidos están ligadas por una fuente de azufre o un grupo fosfato. En promedio la proteína contiene 16% nitrógeno. Típicamente, en el laboratorio, se mide la cantidad de nitrógeno y no la cantidad de la proteína. Luego se calcula la cantidad de proteína en el alimento como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6.25; es decir 100/16, y esto se llama la proteína cruda. Dentro de la planta, alguna proteína puede estar ligada a la pared de la célula, pero la mayoría típicamente se solubiliza dentro del contenido de la célula, (por ejemplo clorofila, que es responsable para la fotosíntesis). Sin embargo, algunos forrajes contienen taninos que se asocian con proteínas y aumentan la resistencia de la degradación ruminal. Las proteínas que se encuentran en los granos típicamente son menos solubles y más resistentes a la degradación por microbios en el rumen.

Las proteínas tienen funciones importantes. Las enzimas, hormonas y los anticuerpos tienen proteínas como su estructura central, que controlan y regularlas reacciones químicas dentro del cuerpo. Las proteínas son un componente importante de los tejidos musculares. También, las proteínas fibrosas juegan papeles protectivos y estructurales (por ejemplo, pelo y cascos). Finalmente, algunas proteínas tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne).

NITROGENO NO PROTEICO

Los compuestos de nitrógeno no protéico (NNP) tales como la úrea y las sales de amoniaco, tienen un alto contenido de nitrógeno, pero no proveen aminoácidos directamente. En animales de estómago sencillo, estos compuestos no tienen ningún valor nutritivo. Sin embargo, en rumiantes, los microbios del rumen pueden metabolizar el nitrógeno no protéico y convertirlo en aminoácidos para su propio crecimiento. La proteína microbiana, tanto como proteína de la dieta que no se ha degradado en el rumen, se digiere en el intestino delgado. Así, los aminoácidos liberados se absorben y son utilizados por la vaca.

VITAMINAS

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios en cantidades muy pequeñas para sostener la vida. Junto con las enzimas, participan en muchas reacciones químicas. Si hay una deficiencia de vitaminas, hay síntomas bien definidos que aparecen y pueden resultar más severos, cuando la deficiencia sigue aumentando. Sin embargo, proveer la vitamina deficiente en la dieta puede anular los síntomas fácilmente. Algunos alimentos se conocen como buenas fuentes de ciertas vitaminas. Sin embargo, el contenido de vitamina de cada alimento puede variar considerablemente según las condiciones de suelo, clima y almacenamiento.

Las vitaminas se clasifican en dos grupos grandes: las vitaminas solubles en agua (las 9 vitaminas B y vitamina C) y las vitaminas solubles en grasa (vitaminas A, D2, D3, E y K). Las vitaminas solubles en grasa se almacenan en la porción liposoluble de un alimento. También, dentro del animal están almacenados en el hígado o en los tejidos adiposos. Por ejemplo, se puede almacenar suficiente vitamina A en el hígado para enfrentar las necesidades de 6 meses o más. En contraste, las vitaminas solubles en agua no están almacenadas dentro de los tejidos del animal y tienen que suministrarse casi constantemente en la dieta.

VITAMINAS SOLUBLES EN AGUA

Vitamina B

Las vitaminas del complejo B son tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido pantoténico, niacina, biotina, colina, ácido fólico, piridoxina y vitamina B12. En rumiantes, las vitaminas B son sintetizadas por los microorganismos del rumen. Así que cualquier animal que tenga un rumen funcional (ternero de 6 semanas de edad o más), puede producir suficientes vitaminas del grupo B, para cumplir con sus necesidades. Sin embargo, para los animales bajo estrés, enfermos o en terneros muy jóvenes, puede ser necesario ofrecer vitamina B en la dieta. Una deficiencia en cobalto también se asocia con deficiencias de la vitamina B12 y puede resultar en una retardación del crecimiento.

Vitamina C

El ácido ascórbico o vitamina C, no es necesario en la ración para las vacas lecheras porque se produce dentro del cuerpo.

VITAMINAS SOLUBLES EN GRASA

Vitamina A

Todos los animales necesitan vitamina A. No hay vitamina A en plantas. Sin embargo, las plantas pueden sintetizar un compuesto que se llama beta-caroteno. En las paredes del intestino y en el hígado de un animal, una molécula de beta-caroteno puede estar dividido en 2 moléculas de vitamina A. Así, la beta-caroteno de una planta sirve como precursor de vitamina A en los animales, y muchas veces se llama provitamina A. Beta-caroteno inicialmente se extraía de la zanahoria y es la sustancia que le da el color amarillo característico de la mantequilla. La actividad de vitamina A se mide en "unidades internacionales" (UI). En bovinos, un miligramo de beta-caroteno equivale a 400 unidades internacionales.

Muchos factores afectan la disponibilidad de vitamina A y beta-caroteno. Los factores que reducen o destruyen su potencia son:
- La presencia de nitratos en los alimentos;
- El calentar los alimentos;
- Exposición al aire y luz (aproximadamente la mitad de la beta-caroteno se pierde durante la preparación de heno);
- Largos períodos de almacenamiento (se pierde 3/4 de la beta-caroteno en un pajar después de 6 meses de almacenamiento);
- La oxidación de los lípidos en alimentos viejos;
- Cantidades insuficientes de proteína, fósforo y zinc.

La vitamina A es necesaria para mantener las células epiteliales de protección de los tractos respiratorios, reproductivos y digestivos. También juega un papel importante en la reproducción, el desarrollo de los huesos y la visión normal. Una deficiencia de vitamina A causa la degeneración de muchos tejidos y los hace altamente susceptibles a infecciones. Los síntomas de deficiencia incluyen:
- Infecciones respiratorias y neumonía;
- Diarrea y pérdida del apetito;
- Baja fertilidad (alta incidencia de celos silenciosos, ovarios císticos y muertes de embriones, etc.);
- Reducción en períodos de gestación con una alta incidencia de placenta retenida y nacimiento de terneros ciegos, muertos o incoordinados;
- Inflamación de los ojos, ceguera nocturna y en algunos casos de ceguera permanente.

Las leguminosas y las gramíneas tiernas son fuentes excelentes de beta-caroteno, sin embargo cuando la planta madura, el nivel de beta-caroteno se reduce. Típicamente, los granos de cereales tienen poca betacaroteno. Condiciones estresantes, tales como temperaturas ambientales bajas y enfermedades, pueden aumentar las necesidades de vitamina A de los rumiantes.

Vitamina D

La vitamina D se ha conocido como el factor antirraquítico o la "vitamina del sol", porque se sintetiza en la piel de un derivado de colesterol (7 dehidrocolesterol) y la luz ultravioleta del sol. La vitamina D aparece en dos formas: D2 y D3. La vitamina D2 se encuentra en henos, levaduras y otras plantas, mientras que la vitamina D3 se encuentra en animales. Ambas formas son iguales en su potencia y son estables bajo almacenamiento.

La vitamina D es importante en la absorción y utilización del calcio y fósforo del tracto intestinal. La permeabilidad intestinal de otros minerales, tales como el zinc, hierro, cobalto y magnesio, también puede ser afectada por la vitamina D.

Una deficiencia de vitamina D puede producir raquitis en animales jóvenes y enfermedades de los huesos, que se llaman osteomalacia y osteoporósis, en animales maduros. Los terneros y vacas estabuladas que no consumen de 5 a 6 kg de heno diario deben recibir un suplemento de vitamina D. La deficiencia se manifiesta en efectos de una reducida disponibilidad de calcio y fósforo. Primero, el nivel de esos minerales en la sangre se reduce y puede contribuir al desarrollo de fiebre de leche inmediatamente después del parto. La inyección de vitamina D reduce la incidencia de fiebre de leche. Los síntomas de una deficiencia de vitamina D, en orden de su importancia, son:
- Articulaciones hinchadas y huesos débiles que se fracturan fácilmente
- Endurecimiento de los tejidos que resulta en tiesura, rigidez y dificultad en la respiración.

Los granos de cereales son generalmente fuentes muy pobres de vitamina D. El contenido en la leche es variable, y los procesadores de leche en los Estados Unidos rutinariamente fortifican la leche con esta vitamina simplemente con la irradiación de luz ultravioleta.

Vitamina E

La vitamina E se encuentra en las membranas de las células. La vitamina E trabaja en estrecha asociación con el selenio, para proteger la integridad de las estructuras de la pérdida de átomos de hidrógeno. La vitamina E se llama "vitamina antioxidante". También, se involucra en la síntesis de la vitamina C y el metabolismo de aminoácidos que contienen azufre. Hay cinco compuestos con actividad de vitamina E que se llaman los tocoferoles. El alfa tocoferol es el más activo.

Los aceites de alazor, girasol y afrecho de arroz tienen un alto contenido de vitamina E. Otros aceites vegetales (soya, coco, ajonjolí), gérmenes de cereales (arroz y trigo), son fuentes regulares de vitamina E. Además el calostro de la leche tiene un alto contenido de vitamina E y así las deficiencias son raras en animales jóvenes. Un alto contenido de vitamina E se puede almacenar en los diferentes órganos del cuerpo. Sin embargo, en terneros una enfermedad que se llama "músculo blanco" resulta por la falta de vitamina E.

Los síntomas de deficiencia de vitamina E son:
- Debilidad de los músculos de las piernas;
- Fallos en el músculo de la lengua causando problemas al mamar;
- Inhabilidad de pararse.

En los animales más viejos las deficiencias resultan en:
- Un sabor oxidado en la leche;
- Fallos en los músculos del corazón.

Bajo la mayoría de condiciones, los alimentos proveen una cantidad adecuada de vitamina E en la ración de vacas lecheras. Sin embargo, una suplementación de vitamina E en las raciones (400 a 1000 mg. por vaca por día) puede reducir la apariencia de un sabor oxidado en la leche, reducir la gravedad de mastitis subclínica, estimular la respuesta inmunológica y mejorar el rendimiento reproductivo.

Vitamina K

La actividad de vitamina K es esencial para la coagulación normal de la sangre. Los materiales de follajes verdes, tanto frescos como secos, son buenas fuentes de vitamina K. La vitamina K también se produce en cantidades grandes en el rumen. Durante condiciones normales, las deficiencias de vitamina K son raras. Sin embargo, el trébol contiene una toxina, dicoumorol, que puede producir síntomas de deficiencia. El uso de grandes cantidades de antibióticos puede matar la microflora del rumen o del intestino y también puede resultar en síntomas de deficiencia. Estos síntomas incluyen hemorragias o la falta de coagulación de la sangre.

MINERALES

Los minerales son elementos inorgánicos encontrados como sales inorgánicas (por ejemplo, carbonato de calcio), ligados a compuestos orgánicos (por ejemplo, azufre en algunos aminoácidos, fósforo en las proteínas, caseína de la leche). Típicamente, los minerales se categorizan como "macrominerales" y "microminerales" (Cuadro 2.3). Esta distinción se basa no solamente en la cantidad de mineral requerida, pero ambas son importantes para la buena salud del animal. Los macrominerales se requieren a niveles de 0.2 a 1.0% de la ración a base de materia seca, mientras que los microminerales se requieren a niveles de 0.001 y 0.05% de la ración de materia seca, es decir 10 a 500 partes por millón. Algunos minerales se pueden almacenar dentro del cuerpo (por ejemplo, hierro en el hígado, calcio en los huesos, etc.). Sin embargo, los minerales que son solubles en agua (por ejemplo, sodio y potasio) no se almacenan y se tienen que suministrar casi continuamente en la dieta.

Los síntomas de deficiencia o toxicidad aparecen cuando los minerales disponibles están en una concentración demasiado baja o alta en la dieta. La toxicidad de flúor, selenio, molibdeno y cobre puede ser un problema bajo situaciones prácticas de alimentación. Otros minerales incluyendo el plomo, el cadmio y el mercurio, también tienen importancia práctica debido a su potencial de toxicidad. Típicamente, las deficiencias prolongadas o severas pueden resultar en síntomas y manifestaciones clínicas, (por ejemplo, cuando hay deficiencia de yodo, las glándulas tiroides, ubicadas en la garganta se aumentan visiblemente). Sin embargo, algunas pequeñas deficiencias resultan en síntomas no específicas, es decir comunes a todas las deficiencias. Estos síntomas no específicos pueden pasar desapercibidos porque típicamente resultan en un menor nivel de producción. Por ejemplo, el crecimiento de un animal joven puede ser simplemente más lento o la ingestión de alimentos y producción de leche en una vaca en lactancia puede reducirse un poco. Así, es difícil identificar una deficiencia menor de un mineral aunque pueda resultar en una pérdida económica importante

Cuadro 2.3: Minerales requeridos en la dieta de rumiantes y sus símbolos químicos

Macro Mineral

Símbolo

químico Micro Mineral

Símbolo

químico Calcio Ca Yodo I Fósforo P Hierro Fe Magnesio Mg Cobre Cu Sodio Na Cobalto Co Potasio K Manganesio Mn Cloro Cl
o Mo Azufre S Zinc Zn Selenio Se .

Cromio (Cr), Fluoro (F), Silicio (Si), Arsénico (As), Plomo (Pb), Estaño (Sn), Vanadio (V), Níquel (Ni), y Bromato (Br) también se pueden requerir, pero al presente estos alimentos no se consideran importantes en la práctica de la alimentación de las vacas lecheras.

Tanto como para la energía y la proteína, la cantidad total de un mineral en un alimento tiene poca significancia, sino que se caracteriza por su disponibilidad al animal. La disponibilidad de un elemento mineral puede estar influido por muchos factores:

- Especie de animal;
- Su edad y sexo;
- La salud del animal;
- Su condición nutricional, el balance con los otros nutrientes en la dieta; por ejemplo, una deficiencia de vitamina D puede reducir la absorción de calcio;
- La forma química de un elemento; por ejemplo, el hierro se absorbe como Fe++, pero no como Fe+++;
- El nivel y la forma de otros elementos; por ejemplo un alto nivel de azufre y zinc reduce la disponibilidad del cobre;
- El procesamiento del alimento;
- La presencia de agentes que ligan los minerales; por ejemplo, el ácido fítico, que está presente en varios granos, liga y hace inaccesible el fósforo de los granos para los animales de estómago sencillo.

Las funciones generales de minerales dentro el cuerpo son las siguientes:

- Le dan rigidez y fuerza al esqueleto, (calcio, fósforo y magnesio);
- Sirven como constituyentes de los compuestos orgánicos (azufre en proteínas, cobalto en vitamina B 12, hierro en las células rojas de la sangre);
- Activan sistemas de enzimas (fósforo, magnesio y zinc);

- Se requieren para producir hormonas;
- Controlan la cantidad de agua en el cuerpo (sodio, cloro y potasio);
- Regulan la cantidad de ácidos y bases en el cuerpo, es decir la cantidad de compuestos cargados positivamente y negativamente (sodio, cloro y potasio);
- La contracción de músculos y transmisión de impulsos en los nervios (sodio y calcio);

MACRO MINERALES

Calcio

Aproximadamente 99% del calcio en el cuerpo se encuentra en los huesos y en los dientes. Los huesos sirven de órgano estructural y también de embalse de calcio. El 1% restante de calcio se encuentra en la sangre y en otros tejidos y juegan papeles importantes. El calcio en la sangre es necesario para regular el latido del corazón. Al inicio de la lactancia la alta demanda de calcio para la producción de leche (la alta cantidad de calcio en la leche está ligada a a proteína caseína) puede bajar el nivel de calcio en la sangre, lo suficiente para producir una enfermedad que se llama fiebre de leche. Como resultado, el latido del corazón se reduce a tal punto que la vaca pierde el control de sus piernas, si no reciben tratamiento, pasa a un estado de coma y muere. Una inyección intravenosa de solución de calcio normalmente logra resucitar a la vaca en minutos.

Un papel adicional de calcio es el control de la excitabilidad de los músculos y de los nervios. Así, como se aumenta el contenido de calcio en los músculos y los nervios, su excitabilidad se reduce. Finalmente, el calcio es esencial para la coagulación de la sangre.

La absorción de calcio en el duodeno de la vaca depende de:
- La fuente de calcio (la verdadera digestibilidad de calcio varía entre 31% en alfalfa a 56% en fosfato de calcio);
- La presencia de vitamina D: con niveles insuficientes de vitamina D, la absorción de calcio disminuye;
- El nivel de grasa en la dieta; niveles excesivos de grasa en la dieta reducen la absorción de calcio porque la grasa se combina con calcio para formar sustancias insolubles;
- La presencia de cantidades excesivas de otros minerales (fósforo, hierro, aluminio y manganeso) reducen la absorción de calcio.

En animales jóvenes, una deficiencia de calcio produce huesos suaves que crecen deformados. Este síntoma es típico de una enfermedad, que se llama raquitis, pero también puede resultar de una deficiencia de vitamina D o de fósforo. En animales adultos, una deficiencia de calcio o fósforo produce una debilidad en los huesos, resultado de la movilización excesiva de los minerales en los huesos. Los huesos se hacen porosos y más susceptibles a fracturas. Esta condición se llama osteomalacia.

Los animales que consumen forrajes leguminosos, ingieren suficiente calcio para responder a sus necesidades de mantenimiento, y a una producción limitada de leche. Sin embargo, mientras aumenta la producción de leche, hay una necesidad de ofrecer una fuente más concentrada de energía a la vaca. Típicamente, los forrajes se reemplazan parcialmente con concentrados o granos en la ración. Estos alimentos, además de forrajes no leguminosos, generalmente tienen una baja cantidad de calcio y es necesario suplementarlos. Las fuentes comunes de calcio, utilizados en los alimentos de las vacas lecheras, incluyen las cáscaras de ostras, cal, fosfato de calcio, y bicarbonato de calcio.

Fósforo

Aproximadamente 80% del fósforo en el cuerpo se encuentra en los huesos y en los dientes. El fósforo juega varios papeles importantes en el cuerpo. Por ejemplo, está involucrado en el metabolismo de energía, en el transporte de lípidos en el cuerpo y forma parte de los compuestos que almacenan la información genética (ADN). Debido a este amplio rango de funciones, no hay síntomas específicos de la deficiencia de fósforo. Actualmente, debido a su estrecha asociación con calcio, los síntomas de deficiencia de fósforo se parecen a los de la deficiencia de calcio. Además, algunos de los síntomas no específicos incluyen una disminución del apetito, reducción de la resistencia a enfermedades, y la disminución de su rendimiento reproductivo.

Los granos de cereales, los subproductos de procesamiento que contienen salvado o gérmenes de granos y ciertos alimentos altos en proteína, especialmente aquellos que son de una fuente animal, son buenas fuentes del fósforo. Los animales que ingieren grandes cantidades de granos o de proteínas de origen vegetal, típicamente necesitan poca suplementación de fósforo. Cuando se alimenta con forraje de baja calidad, es necesario agregar fósforo suplemental para responder a las necesidades nutricionales de la mayoría de los animales, especialmente aquellos que están en producción.

Relación calcio: Fósforo

Las vacas no pueden movilizar el fósforo de sus huesos tan rápidamente como el calcio. Sin embargo, la movilización de calcio también moviliza algún fósforo, debido a que ambos alimentos están enlazados dentro de los huesos. En promedio, la relación de calcio a fósforo en los huesos es 2.2 partes de calcio para 1.0 de fósforo. Así, las deficiencias de fósforo marginales son probablemente más frecuentes que las de calcio. En la dieta una relación de 1.6 partes de calcio o 1.0 de fósforo es lo que típicamente se recomienda. Cuando esta relación es menos de 1:1. o más de 2.5:1, la incidencia de fiebre de leche tiende a aumentar.

Si hay suficiente vitamina D presente (proveído por la exposición al sol o por suplementación de las raciones), la relación de calcio a fósforo resulta menos crítica. Sin embargo, es difícil recomendar una relación óptima de calcio a fósforo en la dieta, porque:
- La digestibilidad de calcio y fósforo depende de la fuente. Generalmente, el fósforo tiene una digestibilidad más alta (más de 55%) en comparación con el calcio (con menos de 50%).
- El fósforo se recicla a través de la saliva.

Magnesio

Aproximadamente el 50% del magnesio en el cuerpo se almacena en los huesos. La otra mitad tiene funciones en muchas enzimas diferentes y en las contracciones de los músculos. La disposición de magnesio en forrajes es muy baja, (tiene un rango de 11 a 28%) mientras que en los concentrados y granos es un poco más alta (30 a 40%).

El tétano hipomagnésico es una condición que típicamente se asocia con el hipomagnesia en rumiantes. La hipomagnesia ocurre más frecuentemente en vacas pastoreando en praderas de granos pequeños inmaduros (al comienzo de la primavera) y está relacionada con un nivel reducido de magnesio en la sangre. Los síntomas incluyen una hiperirritabilidad, contracciones involuntarias de los músculos (sacudidos de los músculos) una salivación excesiva y rechinido de los dientes. La suplementación con magnesio o la adición de granos a la dieta, son efectivas en reducir la incidencia de los síntomas. Los altos niveles de fertilizante de nitrógeno y potasio parecen hacer el magnesio menos accesible a la vaca. También, los niveles de amoniaco en el rumen (derivados de altas cantidades de proteína cruda en un pasto joven) resulta en una reducción de la absorción de magnesio.

El óxido de magnesio mezclado con los concentrados en la dieta, típicamente se utiliza como fuente adicional de magnesio para vacas lecheras. Sin embargo, la necesidad de suplementación es difícil de determinar y si no aparecen síntomas de hipomagnesia, los niveles de magnesio en las raciones probablemente son adecuados.

Sal: Sodio y cloro

La sal o cloruro de sodio (NaCl) es especialmente importante para los rumiantes, porque la mayoría de plantas tienen muy bajas cantidades de sodio y preferencialmente acumulan potasio. El sodio contribuye a muchos aspectos del metabolismo: mantiene el balance de agua en el cuerpo: regula la presión osmótica (la concentración de sales en ambos lados de membranas); y juega un papel importante en el balance de ácidos y bases (la concentración de moléculas con carga positiva y negativa en las células). El sodio tiene una carga positiva (Na+) y es el mineral principal con carga positiva (catión) fuera de las células. Este balance osmótico se requiere para la asimilación celular de glucosa, el transporte de aminoácidos y es un factor en controlar los impulsos de los nervios. El sodio se encuentra en altas cantidades en el rumen de la vaca.

Una deficiencia de sodio produce los siguientes síntomas en orden de severidad:
- Un deseo de sal manifestado por la vaca lamiendo y mordiendo varios objetos (una condición que se llama pica);
- Pérdida de apetito;
- Una apariencia macilenta, con ojos sin lustro y el pelo áspero;
- Una reducción de producción de leche o de aumento de peso;
- Falta de coordinación, debilidad e irregularidades cardiacas (arritmias) que pueden resultar en la muerte.

Los síntomas se desarrollan sólo después de largos periodo de deficiencia, porque las vacas tienen una habilidad notable de concentrar el sodio. Las vacas se recuperan rápidamente de una deficiencia de sodio cuando se le agrega sal a la dieta. La concentración de sodio en la leche aumenta durante mastitis. El acceso libre a bloques de sal (a veces enriquecidos con yodo) típicamente se recomienda, especialmente en climas calientes, porque los requerimientos de sodio pueden aumentar debido a la pérdida de sales asociadas con la transpiración de la vaca. Un exceso de sal en la dieta pocas veces es un problema. Sin embargo, el nivel de sal en la dieta se debe limitar a vacas que tienen una predisposición a edema de la ubre, porque la sal excesiva empeora esta condición.

El cloro de NaCl también contribuye al balance de ácidos, bases y el balance de fluidos dentro del cuerpo. También, se utiliza para la formación de ácido clorhídrico (HCl) en el abomaso, los fluidos pancreáticos y otras secreciones intestinales.

Potasio

El potasio es el tercer elemento mineral más abundante que se encuentra en el cuerpo de la vaca. El potasio juega muchos papeles importantes: está involucrado en varios sistemas de enzimas, e influye en las actividades de los músculos (especialmente el corazón o el músculo cardiaco). El potasio tiene una carga positiva (K+) y se encuentra principalmente dentro de las células. El potasio influye en el balance de agua, la carga eléctrica, la acidez (balance ácido base) y la concentración de la sal (presión osmótica) dentro y fuera de las células.

La mayoría de los síntomas de deficiencia de potasio no son específicos: un crecimiento reducido en animales jóvenes, y una reducción marcada en ingestión de alimentos. Un síntoma más específico es la reducción en la suavidad del cuero. Sin embargo, una deficiencia de potasio es bastante rara, porque la mayoría de forrajes contienen considerablemente más potasio del necesario para el ganado lechero. De hecho, en pastos jóvenes, las concentraciones de potasio pueden ser hasta 3% de la materia seca de los pastos. El exceso de potasio en pastos puede empeorar los problemas asociados con el metabolismo de magnesio que resultan en hipomagnesia (ver magnesio).

El contenido de potasio en muchos concentrados está por debajo de los requerimientos. Así que las dietas que consisten compuestas principalmente en concentrados pueden tener una cantidad insuficiente de potasio para cumplir con los requisitos. El stress, y especialmente el que se debe a la temperatura, aparentemente aumenta las necesidades de potasio, probablemente por la pérdida aumentada de potasio en el sudor. La concentración de potasio se reduce con la madurez de los forrajes y puede ser reducida por la lignificación de forrajes maduros parados en áreas húmedas.

Azufre

El azufre es un componente esencial de proteínas y otros componentes del cuerpo. Es una parte del aminoácido metionina y de las vitaminas B tiamina y biotina. Hay una asociación estrecha entre el nitrógeno y el azufre, tanto en las células de plantas como la de animales. Típicamente, los alimentos altos en proteína, también tienen una gran cantidad de azufre. Así, las dietas que proveen suficiente proteína probablemente sean adecuadas en azufre. Ahora se considera, por lo general, que una relación adecuada de nitrógeno: azufre en la dieta es aproximadamente 10:1. Así, una ración de 13% proteína cruda en la materia seca, contiene 2.1% nitrógeno (13/6.25), y su contenido de azufre debería ser aproximadamente 0.2% (2.1/10).

Una deficiencia de azufre es rara. Sin embargo, en la práctica de alimentar vacas lecheras, una deficiencia de azufre es más probable cuando la proteína cruda en la dieta incluye una alta proporción de nitrógeno no proteica, relativa a su verdadera proteína. Las fuentes inorgánicas de azufre (sulfato de sodio, sulfato de magnesio, etc.) se pueden utilizar como fuentes suplementales, porque se utiliza eficientemente por los microbios del rumen para sintetizar metionina, biotina y tiamina.

Un exceso de azufre en la dieta interfiere con el metabolismo de selenio y cobre.
También, un exceso de azufre en la dieta (más de 0.4% de la materia seca), puede resultar en síntomas de toxicidad (contracciones musculares o estremecimientos musculares, diarrea y ceguera). El agua en el bebedero puede contener niveles de azufre que producen efectos adversos.

MICROMINERALES

Cobalto

El cobalto es un componente de la vitamina B12 y afecta la formación de las células rojas de la sangre. La síntesis de la vitamina B12 por los microbios del rumen se reduce rápidamente cuando hay una deficiencia de cobalto en la dieta.
Los requisitos de cobalto son muy bajos, 0.1 partes por millón, o en otras palabras 0.1 mg. por kg de materia seca en la ración. Los forrajes en muchas partes del mundo contienen menos de este nivel de cobalto y la deficiencia bajo las condiciones de pastoreo es probablemente bastante común.

El mejor método de detectar una deficiencia de cobalto es un análisis de la sangre y del hígado para la vitamina B12. Sin embargo, los síntomas externos incluyen la pérdida de peso, la reducción de crecimiento, el pelo áspero, la

tendencia a tropezar, anemia, palidez de la piel y de las membranas mucosas, como el interior de los párpados. Las vacas pueden tolerar hasta 100 veces la cantidad requerida de cobalto, antes de que aparezcan síntomas de toxicidad. Así, el método más confiable de confirmar una deficiencia de cobalto es de observar una respuesta positiva a un suplemento de cobalto (sulfato de cobalto, carbonato de cobalto). La administración oral de un bolo que contiene cobalto y hierro que se retiene en el retículo rumen por largos periodos de tiempo, ha sido exitoso en vacas que están pastoreando en áreas deficientes de cobalto.

Cobre

El cobre es esencial para la actividad de ciertas enzimas. También, el cobre y el hierro son necesarios para la síntesis de hemoglobina, la proteína en la sangre que transporta oxígeno.

La deficiencia de cobre es un problema práctico y significativo en muchas partes del mundo. La deficiencia resulta de una insuficiencia de cobre, o un exceso de molibdeno y a veces azufre. Los investigadores consideran que el molibdeno y el azufre pueden tener efectos adversos en la absorción de cobre en los intestinos, debido a la formación de compuestos insolubles.

En orden progresivo de severidad las manifestaciones de deficiencia incluyen:
- Reducción de crecimiento, reducción de la producción de leche;
- Una diarrea severa, pérdida de peso, pelo áspero;
- Una depresión o un retraso de estro, retención de placenta;
- Una falla aguda del músculo cardiaco y muerte aguda.

Hay algunos síntomas muy específicos de la deficiencia de cobre:
- La hinchazón de los extremos de los huesos de las piernas, especialmente sobre la cuartilla;
- Articulaciones tiesas que pueden resultar en un paso más parecido al de un caballo;
- Una pérdida de los pigmentos en el pelo, resultando en un cambio del color del pelo, a una apariencia gris, especialmente alrededor de los ojos (Figura 2.4);
- El nacimiento de terneros con raquitis congénita.

Las principales fuentes inorgánicas de cobre son en forma de sulfato, carbonato y elementos de óxido. Los efectos tóxicos de cobre son bastante interesantes. Cuando una vaca consume un exceso de cobre, puede acumular cantidades excesivas del mineral en el hígado sin mostrar síntomas de toxicidad. Sin embargo, el stress y otros factores pueden resultar en una liberación repentina de altas cantidades de cobre del hígado hacia la sangre. Las células rojas de la sangre se destruyen, y el animal resulta con histerismo, debido a que la bilis se produce en cantidades excesivas, mientras intenta eliminar el exceso de cobre. Sin embargo frecuentemente el animal muere de repente.

Figura 2.4: Deficiencia de cobre; las flechas indican la pérdida de pigmentos en el pelo alrededor de los ojos y el animal lame las paredes

Los requisitos de cobre en la dieta y la tolerancia de vacas a niveles excesivos de cobre, aparentemente son altamente influidos por el molibdeno y el azufre. En las regiones donde las raciones pueden tener una cantidad alta de molibdeno o sulfato, los requisitos de cobre pueden aumentar dos veces.

Yodo

El requerimiento fisiológico principal para yodo es para la síntesis de hormonas de la glándula tiroides que regula la tasa del metabolismo de energía. Las señales típicas de deficiencia de yodo en ganado es un aumento en el tamaño de las glándulas tiroides (bocio). Dado a que el yodo se retiene prefencialmente para la vaca en lugar del feto, la primera indicación de una deficiencia de yodo aparece en terneros recién nacidos.

Algunas plantas, especialmente aquellas de la familia brassicae (col y nabo) son capaces de producir una deficiencia de yodo. Otra característica del yodo es que aproximadamente 10% de yodo en la dieta pasa a la leche.

Este porcentaje puede aumentarse con el rendimiento de la leche, pero concentraciones de menos de 20 micro gramos

por litro de leche indican una deficiencia de yodo. Si no se le da
suplementación, una deficiencia de yodo probablemente ocurrirá cuando la dieta del animal consista en alimentos producidos en suelos deficientes de yodo.

Los síntomas de toxicidad de yodo son un lagrimeo y salivación excesiva, una secreción nasal, y una congestión de la tráquea que produce tos.

Figura 2.5: Deficiencia de yodo: la flecha indica el bocio.

Hierro

El hierro es esencial para la respiración celular (la captura de energía) y para el transporte del oxígeno por hemoglobina y mioglobina (una proteína rica en hierro que se encuentra en los músculos).

Una deficiencia de hierro es más probable en terneros jóvenes. La concentración de hierro en la leche es muy baja (10 ppm), y al nacer el ternero tiene una reserva de hierro en el hígado que puede durar unos 2 o 3 meses. Así, los terneros alimentados solamente con leche completa por más de 2 o 3 meses son más propensos a resultar anémicos. Es interesante que cuando hay una deficiencia marginal de hierro, el porcentaje de hierro absorbido en el intestino delgado aumentado en comparación con la absorción que ocurre cuando hay un suministro adecuado en la dieta.

La forma ferrosa (Fe++) de hierro es mucho más disponible que la forma férrica (Fe+++) de hierro suplemental. Sin embargo, la mayoría de alimentos comunes contienen cantidades adecuadas de hierro, y la deficiencia de hierro en vacas adultas es rara si no hay una pérdida severa de sangre debida a alguna infección parasítica u otras enfermedades o lesiones.

Manganeso

En ganado, los requisitos para manganeso son significativamente más altos para la reproducción y el nacimiento de un ternero normal que para el crecimiento (Figura 2.6). Así, el manganeso es necesario para la reproducción normal para evitar anomalías en la estructura de los huesos de los recién nacidos, y para el crecimiento normal de los huesos. El manganeso se almacena en el hígado y en los riñones donde sirve para activar varias enzimas.

La deficiencia severa de manganeso en ganado raras veces es un problema práctico. En general, los forrajes contienen niveles de manganeso que son más altos que en los granos. Los requisitos pueden aumentarse cuando la dieta contenga altos niveles de calcio y fósforo.

Figura 2.6: Deficiencia de manganeso

Molibdeno

El molibdeno es un componente de una enzima (oxidasa de xantina) que se encuentra en todas las células y fluidos del cuerpo en una baja concentración. Nunca se ha observado una deficiencia, sin embargo la toxicidad puede ser un problema grave en ganado de pastoreo en varias partes del mundo. Los niveles tóxicos de molibdeno son más probables en regiones que tienen un suelo alcalino (pH mayor de 7). Un pH alto en el suelo aumenta la disponibilidad de molibdeno a las plantas, mientras que se reduce la acumulación de cobre.
Las principales manifestaciones de una toxicidad de molibdeno en ganado son las mismas que la deficiencia de cobre, la más obvia siendo la diarrea. La disponibilidad del molibdeno parece ser más baja en forrajes conservados que en gramíneas frescas.

Selenio

El selenio es parte de una enzima (peroxidasa de glutatión) que ayuda la vitamina E a prevenir daños a las membranas. El selenio previene la distrofia muscular que se llama músculo blanco en rumiantes jóvenes. Esta enfermedad se caracteriza por la degeneración de los músculos y fallos cardiacos. Una deficiencia es más probable cuando los alimentos se producen en suelos ácidos. La absorción del selenio en el duodeno es limitado (40%), pero con la presencia del calcio, arsénico, cobalto y azufre, puede reducir la absorción de selenio a 50% o más. El selenio, absorbido, se almacena en el hígado y los riñones.

También, una deficiencia de selenio puede afectar el rendimiento reproductivo. En vacas deficientes, una suplementación de selenio en la presencia de un suministro adecuado de vitamina E, ha reducido la incidencia de retención de placenta y metritis. Los requisitos para el selenio por rumiantes son aproximadamente 0.1 a 0.3 partes por millón, pero un pequeño exceso es rápidamente tóxico porque el nivel máximo es 2 ppm.

Las plantas de las familias Astragalaus y Stanleya acumulan selenio (1000 a 3000 ppm) y tienen un efecto muy adverso cuando se pastorea. Los indicadores de toxicidad aguda incluyen:

Un síntoma típico es la falta de angularidad en las piernas traseras (indicado por la linea).
- Depresión, una postura característica, con la cabeza abajo y las orejas dobladas;
- Un pulso rápido y débil, respiración difícil;
- Diarrea, letargo y muerte debida a fallas de respiración.

Los síntomas de toxicidad crónica de selenio son:
- Depresión;
- Cojera al caminar, patas inflamadas y cascos deformados, agrietados y elongados;
- Pérdida de pelo alrededor de la base de la cola.

Zinc

El zinc funciona como un activador de más de 30 enzimas diferentes que están involucrados en el metabolismo de la materia genética, la proteína y los carbohidratos. El zinc se encuentra especialmente en la piel (los tejidos epidérmicos). Una deficiencia de zinc ocurre con más frecuencia en el animal joven, probablemente porque los requerimientos parecen reducir con la edad. Sin embargo, la absorción de zinc también se reduce con la edad, y los animales adultos pueden desarrollar síntomas de deficiencia:
- Paraqueratosis (piel escamosa): las lesiones de la piel son más severas alrededor del cuello y de la cabeza, y al borde de la nariz (Figura 2.7);
- Fallos en la curación normal de lesiones;
- En el macho, un crecimiento reducido de los testículos y la producción de espermatozoides.

Los síntomas de deficiencia de zinc, aparecen rápidamente después de comer una dieta deficiente (3 semanas), pero las lesiones también desaparecen rápidamente con suplementación (3 a 4 semanas).

Resumen de las manifestaciones de microminerales

El Cuadro 2.4 presenta un resumen de las manifestaciones de deficiencias de algunos microminerales en rumiantes adultos y jóvenes. La pérdida de productividad (crecimiento pobre, reducción en producción lechera y reproducción) son manifestaciones no específicas. Sin embargo, ciertas deficiencias se pueden reconocer por sus manifestaciones específicas.

Figura 2.7: Deficiencia de zinc resulta en la pérdida de pelo y lesiones de la piel.

SUSTANCIAS ANTINUTRICIONALES

No todos los componentes de los alimentos tienen un valor nutritivo (Figura 2.1). De hecho, hay sustancias dentro de las plantas que tienen propiedades antinutricionales. La mayoría de estas sustancias tienen estructuras de fenoles muy complejas. Por ejemplo, cuando una planta se madura, los carbohidratos dentro de las fibras de la planta resultan menos accesibles al animal, debido a una deposición de lignina que solidifica el tallo de la planta. No sólo es indigestible la lignina, pero también reduce la digestibilidad de los carbohidratos en las paredes de las células. Los taninos son de una familia de sustancias, típicamente encontrada en bajos niveles de plantas. Los taninos pueden ligar las proteínas y

hacerlas menos disponibles a los animales.

Cuadro 2.4: Resumen de algunas manifestaciones de deficiencias en rumiantes de microminerales

La disponibilidad de minerales para los animales puede ser afectada también por algunos componentes en los alimentos. Por ejemplo, el fósforo en granos y cereales no está a la disposición de la mayoría de los animales de estómago sencillo porque está ligado a un compuesto que se llama ácido fítico. Sin embargo, los microbios que viven en el retículo-rumen tienen una enzima para liberar el fósforo del ácido fítico, y así hacerlo disponible.

Finalmente, hay componentes en algunas plantas que son tóxicos para el animal. Estas sustancias no interfieren con la digestión de nutrientes de los alimentos, pero se puede absorber y pueden tener un efecto tóxico dentro del cuerpo del animal.

RESUMEN

Los cinco nutrientes en los alimentos son:
- Agua;
- Energía (carbohidratos, lípidos y proteínas);
- Proteína;
- Minerales;
- Vitaminas.

Los microbios en el rumen sintetizan vitamina B y hacen posible que la vaca obtenga nutrientes que no son disponibles a los animales de un solo estómago:
- Extraen energía de los carbohidratos estructurales, ligados a las paredes de las células de las plantas;
- Convierten nitrógeno no proteico a la proteína bacteriana, rica en aminoácidos.

En orden incrementada de severidad, una deficiencia o exceso en cualquiera de los nutrientes de la lista de arriba, resulta en:
- Una reducción en el rendimiento del animal;
- El desarrollo de síntomas clínicos (enfermedad);
- Pérdida total de producción y posiblemente la muerte.

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.