

Alimentación y Nutrición en Bovinos de Carne

Rolando Demanet Filippi
Dr. Ingeniero Agrónomo
Facultada de Ciencias Agropecuarias y Medio Ambiente
Universidad de la Frontera

Cátedra de Producción de Carne
2024

- ✓ La velocidad de crecimiento de un bovino está definida por diversos factores que interactúan entre sí
- ✓ La alimentación junto con el estado sanitario, biotipo o raza, sexo, edad, condición corporal y condiciones climáticas y de ubicación geográfica son factores determinantes en el crecimiento y desarrollo de un animal bovino
- ✓ El aumento de peso diario del ganado es el parámetro que define la respuesta productiva de los animales lo cual se encuentra en estrecha relación entre la condición corporal y la tasa de conversión alimenticia



- ✓ Los animales que crecen más rápido no necesariamente son los que más producen, sino que aquellos que poseen una mejor conversión alimenticia serán los que mayor producción de carne generarán
- ✓ El potencial de producción de carne se determina por las relaciones hormonales del ganado y esto se encuentra determinado genéticamente
- ✓ La expresión del potencial productivo de los animales está determinada por la interacción genotipo - ambiente



- ✓ El crecimiento en animales bovinos se refiere al incremento de peso o masa corporal
- ✓ Desde el punto de vista energético la causa del aumento de peso se relaciona con la acumulación de tejido que es una consecuencia de la energía de los alimentos que se retienen como proteína y grasa en los diferentes tejidos de los animales
- ✓ El aumento de peso y los cambios en la composición corporal de los animales está relacionado con el balance energético y la tasa de síntesis y degradación de proteínas y grasa
- ✓ Un animal crece y aumenta de peso cuando la energía que consume es mayor que el calor que disipa y la síntesis de tejidos excede a la degradación de estos



- ✓ Los animales crecen hasta alcanzar un peso adulto máximo momento en que la acumulación de tejido es nula
- ✓ La detención del crecimiento está relacionada con factores endógenos de los animales, en especial, el metabolismo
- ✓ Por tanto, la limitante biológica que regula el crecimiento son la producción de metabolitos endógenos y no el genotipo del animal



- ✓ Las hormonas que participan en el crecimiento de los animales son las somatotropinas y los esteroides
- ✓ Las somatotropinas son proteínas elaborada por la glándula pituitaria que ayuda a controlar el crecimiento y el uso de la glucosa y la grasa del cuerpo
- ✓ Esta hormona posee una mayor disponibilidad en los animales jóvenes



- ✓ Los esteroides son hormonas que se producen en la gónadas y cápsulas suprarrenales
- ✓ El mayor desarrollo que generan los machos enteros se debe a la acción de esta hormona
- ✓ La castración genera una reducción en el desarrollo de los machos el que se hace similar al de las hembras
- ✓ Las gónadas andrógenos comienzan a actuar desde la pubertad y su secreción es regulada genéticamente



Crecimiento y desarrollo en bovinos de carne

- ✓ La variación estacional de la producción de materia seca de los pastizales genera curvas de crecimiento del ganado con periodos de bajo incremento de crecimiento seguido de intervalos de ganancias rápidas de peso vivo, en que los animales recuperan la tasa máxima de crecimiento y con ello compensan la reducción generada en periodos anteriores
- ✓ La rápida recuperación del ritmo de crecimiento de los animales posterior a un tiempo de mala nutrición se conoce como **crecimiento compensatorio** y es un fenómeno que ocurre en todas las especies animales



- ✓ Los bovinos de carne son en su mayoría alimentados en pastizales naturales, naturalizados y exóticos que se caracterizan por presentar una discontinuidad en el ritmo de crecimiento como consecuencia de los cambios en las condiciones medioambientales
- ✓ La dependencia del ganado de este tipo de alimentación produce que en ciertos periodos los animales no alcancen a satisfacer sus necesidades nutricionales situación que no permite la expresión del potencial genético



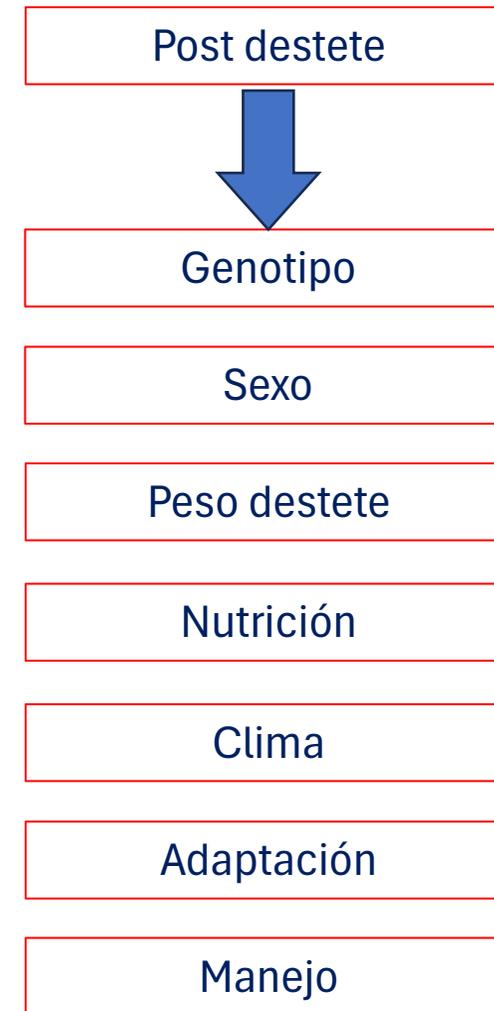
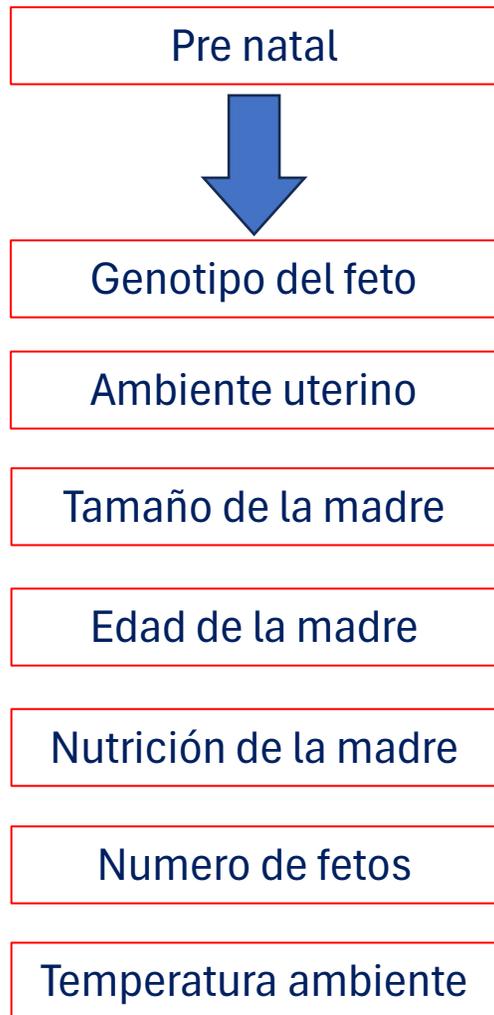
- ✓ Indistinto del plano nutricional en que se desarrollan los animales su crecimiento continúa de acuerdo con ciertos patrones característicos para cada especie y raza
- ✓ El crecimiento en los animales de carne se verifica a través de tres procesos:
 - Multiplicación de las células (hiperplasia)
 - Aumento del volumen de las células (hipertrofia)
 - Depósito de sustancias entre células



Curva de crecimiento del ganado bovino de carne

- ✓ Todos los animales presentan un crecimiento mayor en sus estados juveniles
- ✓ Al alcanzar edad adulta la tasa de crecimiento se reduce hasta alcanzar la etapa en que músculos y huesos dejan de desarrollarse
- ✓ El aumento de peso por sobre este punto de crecimiento obedece solo al aumento de depósitos de grasa en el cuerpo
- ✓ Esto determina que en aquellos mercados que exigen carne magra los animales deben ser sacrificados antes del punto de detención del crecimiento





Factores involucrados en el crecimiento animal según la etapa de desarrollo en que se encuentra
El grado de importancia de cada factor es relativo a la especie y raza

- ✓ El proceso de crecimiento y los factores que en él influyen poseen dos periodos muy bien definidos: prenatal y post natal
- ✓ Estas etapas siguen un patrón de crecimiento característico para cada especie y raza
- ✓ El peso corporal no constituye necesariamente una medida del crecimiento tisular dado que un animal puede mantener su peso constante y perdiendo agua y grasa, pero aumentando el peso de su esqueleto
- ✓ Un animal puede aumentar de peso sin estar creciendo dado que su aumento puede estar dado por el depósito de tejido adiposo



- ✓ Aun cuando existen limitaciones la medida más adecuada para evaluar el crecimiento de un bovino de carne es el peso vivo
- ✓ Es así como el crecimiento de un bovino de carne se ajusta a una curva sigmoidea
- ✓ Los animales crecen no solo aumentando su peso vivo sino modificando las proporciones corporales, esto es, su conformación
- ✓ El crecimiento ocurre en forma alométrica, diferenciada o heterogénica generando gradientes de crecimiento que dan lugar a cambios en las proporciones somáticas otorgadas por la edad



- ✓ Los animales jóvenes (terneros) presentan una conformación desproporcionada donde existe un gran desarrollo de cabeza y extremidades que se va modificando en la medida que el animal crece
- ✓ El crecimiento heterogéneo que presentan tejidos y músculos de los bovinos se demuestra en la gran diferencia que existe entre el tamaño alcanzado desde el nacimiento a la madurez
- ✓ Es así como se puede mencionar que el aumento de órganos y tejidos desde nacimiento a madurez es:
 - 48 veces en músculos
 - 26 veces en esqueleto
 - 20 veces en pulmones
 - 14 veces en hígado
 - 12 veces en corazón
 - 4 veces en cerebro
 - 3 veces en ojos



Nutrición y crecimiento

- ✓ Numerosos son los factores que influyen en el crecimiento de los animales, pero el nivel nutricional que posea el ganado a través de su crecimiento es una de los más importante y que puede ser controlado por el hombre
- ✓ Una subnutrición de la madre durante la gestación no logra retardar el desarrollo del feto hasta los últimos estados de gestación
- ✓ Cuando un animal mantenido con raciones que no cumplen con los requerimientos las diferentes regiones del cuerpo es utilizado en orden inverso proporcionando el aporte energético y proteico imprescindible para la vida



- ✓ Es así como el animal consume primero la grasa, luego el tejido muscular y finalmente el tejido óseo
- ✓ La muerte de los animales habitualmente ocurre antes que se utilice el tejido nervioso como fuente de energía
- ✓ La subnutrición de una animal afecta en forma primaria las regiones del cuerpo que son de maduración más tardía como, por ejemplo: el lomo



Crecimiento compensatorio

- ✓ La curva de crecimiento de un bovino está fijada por la herencia donde es la nutrición del animal el factor que determina si el crecimiento máximo es alcanzado
- ✓ El régimen nutricional óptimo es el que faculta al bovino a expresar su mayor potencia respecto a la herencia
- ✓ El crecimiento normal de un bovino se define como la velocidad mínima de crecimiento que permite la expresión de su potencial genético a la madurez



- ✓ El crecimiento normal no siempre se logra dado que los animales están sometidos a constantes cambios en la disponibilidad y calidad de los alimentos que consumen
- ✓ En un sistema pastoril es habitual encontrar periodos de abundancia de forraje y periodos prolongados de escases
- ✓ La tendencia normal de los animales es recuperarse en su ritmo de crecimiento después de un período de mala nutrición cuando se ve enfrentado a un periodo de buena nutrición. Este proceso se conoce como crecimiento compensatorio



- ✓ El crecimiento compensatorio se caracteriza por generar un rápido crecimiento de los animales después de un periodo de escases de alimentos
- ✓ Diversas son las explicaciones que se esgrimen respecto a la ocurrencia de este fenómeno sin embargo lo importante es que se verifica y cumple un rol fundamental en el desarrollo de un plantel ganadero
- ✓ Los factores que influyen en la habilidad del animal para recuperar su peso después de un periodo de subnutrición son diversos donde se destacan:
 - Naturaleza de la dieta de restricción
 - Grado o severidad de la desnutrición
 - Duración del periodo de restricción
 - Estado del cuerpo del animal al iniciar el periodo de mala alimentación
 - Tipo de realimentación



- ✓ **Naturaleza de la dieta de restricción:** La naturaleza cualitativa de la dieta no es importante excepto que existen deficiencias de minerales o vitaminas que conducen a enfermedades en los animales
- ✓ La recuperación de los animales a partir de dietas con deficiencias de carbohidratos (energía) es más complejo que cualquier otra deficiencia
- ✓ Se ha demostrado que animales sometidos a restricción energética no generaron cambio en la eficiencia de utilización de las raciones, calidad de la carne y canal



- ✓ **Severidad de la desnutrición:** La severidad se mide por la pérdida de peso y la duración del periodo de restricción
- ✓ Estos dos aspectos tienen una notoria influencia en la determinación del grado de recuperación posible del ganado
- ✓ Está demostrado que mientras más severa es la restricción de alimentación mayor es la ganancia de peso que se logra al recuperar el animal su alimentación, pero no necesariamente es el que logra el mayor peso respecto a restricciones más benignas



- ✓ **Padrón de retroalimentación:** Esta demostrado que cuando se utilizan raciones de elevado plano nutricional en el período de retroalimentación más rápida y mayor es la recuperación del ganado
- ✓ Durante la retroalimentación después de una subnutrición no solo se recupera el peso de los animales sino también su conformación y composición del cuerpo
- ✓ Es un hecho que los animales siempre estarán sujetos a periodos discontinuos de nutrición adecuada y subnutrición que va a limitar la expresión del potencial genético de los animales y cuya severidad estará relacionada con los factores antes mencionados



Consumo de materia seca



- ✓ Los alimentos que son consumidos por los bovinos de carne contienen proteínas, energía, vitaminas, minerales y agua
- ✓ En un sistema de producción animal se debe procurar que los animales a través de la alimentación logren cubrir sus requerimientos de mantención y producción en cada etapa de crecimiento y desarrollo
- ✓ Antes de determinar los requerimientos de materia seca de los animales es necesario considerar que existen diversos factores que interactúan y determinan el consumo de alimentos
- ✓ Entre los factores de mayor importancia se encuentra el peso vivo, la condición corporal, el sexo, el tipo y disponibilidad de alimentos, valor nutricional del alimento y condiciones ambientales



- ✓ El sexo y tipo de animal son elementos que se relacionan con el consumo de materia seca
- ✓ Existen estudios que han determinado que los animales de tipo continental consumen un 10% más de materia seca que los de tipo británico
- ✓ Los animales enteros consumen un 10% más que los novillos (animales castrados)



- ✓ Otro factor que determina el consumo de materia seca de los bovinos es el ambiente, en especial, la temperatura
- ✓ Con bajas temperaturas hay mayor demanda de energía y con ello mayor consumo de materia seca
- ✓ También los implantes son elementos que modifican el consumo y generan aumentos de consumo de entre 6 y 16%



- ✓ La digestibilidad del alimento tiene una influencia directa en el consumo de materia seca de los bovinos de carne
- ✓ Con baja digestibilidad (< 60%) el consumo se determina por la materia seca no degradable que reduce la velocidad de paso por el rumen y con ello el consumo total de alimentos y nutrientes
- ✓ Digestibilidades superiores 60% el consumo de forraje está definido por los requerimientos energéticos de los animales
- ✓ Lo anterior significa que el consumo está relacionado en forma positiva con la digestibilidad del alimento y negativa con el contenido de fibra



- ✓ El consumo de heno presenta una relación directa con la digestibilidad del forraje
- ✓ A mayor digestibilidad del heno mayor es el consumo de materia seca
- ✓ En los residuos de cereales (pajas) limita el consumo su baja digestibilidad y contenido de proteína



- ✓ El tipo de alimento define el consumo de materia seca de los animales
- ✓ Los ensilajes son alimentos complejos dado que su consumo está determinado por el contenido de materia seca y su calidad fermentativa
- ✓ Ensilajes con contenidos de nitrógeno amoniacal superior a 10% genera una importante reducción en el consumo que puede alcanzar hasta un 5%



- ✓ Ensilajes de corte directo con contenido de materia seca inferior o igual a 20% tiene un menor consumo que aquellos elaborados bajo el sistema de premarchito que poseen, generalmente, un valor de materia seca igual o superior a 25%
- ✓ En los ensilajes un factor determinante del consumo es el largo de la fibra o tamaño de picado. El consumo de materia seca es mayor cuando el tamaño de picado es menor
- ✓ El largo de picado de los ensilajes afecta la velocidad de digestión de los alimentos consumidos por los bovinos



- ✓ A menor tamaño de la fibra mayor es la tasa de paso por el rumen
- ✓ Este efecto es más notorio en gramíneas que en leguminosas y en alimentos fibrosos más que aquellos que poseen menor proporción de pared celular
- ✓ Los alimentos paletizados o molidos estimulan el consumo de materia seca, generan menor salivación, reducen el pH ruminal y estimulan la producción de ácido propiónico



- ✓ La predicción del consumo a través de modelos matemáticos en su mayoría tiene como variable dependiente el peso de los animales
- ✓ Consumo de materia seca = $0,23 PV^{0,6}$ (Forbes, 1982)
- ✓ Consumo de materia seca = $0,0927 PV^{0,75}$ (Crabtree, 1982)
- ✓ Consumo de materia seca = $3,39 + 0,1249 PV^{0,75} - 1,571 EM$ (Goodrich, 1981)



- ✓ El consumo de materia seca siempre se asocia al peso de los animales expresándolos como un porcentaje del peso vivo del ganado
- ✓ Es universal el valor de consumo de materia seca como el 3% del peso vivo de un animal, pero en la realidad esto cambia según el sexo y la etapa productiva del ganado
- ✓ Es así como es posible observar que animales castrados presentan un mayor consumo respecto a animales enteros



Medición del consumo de materia seca basado en la proporción respecto al peso vivo de novillos y toritos de raza Hereford

Peso vivo (kg)	Novillos	Toritos
100	3,5	2,8
200	3,0	2,4
300	2,7	2,2
400	2,5	2,0
500	2,4	1,9

Fuente: adaptado de Porte *et al.*, 1996

- ✓ La suplementación con alimentos energéticos estimula el consumo de materia seca hasta un cierto nivel ($< 0,2\%$ PV)
- ✓ Es así como en la medida que aumenta el contenido de energía del forraje aumenta el consumo de materia seca llegando en el caso del heno a niveles de incremento de hasta 0,4 kg de materia seca por día
- ✓ Hay que considerar que en sistemas de estabulación la tasa de sustitución de forraje por concentrado posee una fuerte variación que va desde 0,40 a 0,65 kg de forraje/kg de concentrado



Efecto del nivel de energía metabolizable del heno en el consumo de animales de distinto peso
(kg MS/animal/día)

EM (kg cal/kg MS)	2,3	2,2	2,1
Peso vivo (kg)	kg MS/animal/día		
100	2,5	2,3	2,1
200	4,6	4,6	3,8
300	6,3	5,7	5,1
400	7,7	6,8	6,1
500	8,9	7,8	6,9

Fuente: adaptado de Allen, 1992

Requerimientos de agua

- ✓ El agua químicamente pura y es la combinación del hidrógeno con el oxígeno
- ✓ En su estado natural es cristalina, sin olor, sin color
- ✓ Forma parte de la alimentación diaria de los animales y después del oxígeno es el componente más indispensable para la sobrevivencia de los seres vivos
- ✓ En el peso de los animales y vegetales el agua es el elemento de mayor proporción



- ✓ La falta de consumo de agua puede causar la muerte de los animales en forma rápida más que cualquier otro elemento faltante en la dieta
- ✓ En su forma líquida o sólida cubre más del 70% del planeta y el 69% del total es utilizada en la agricultura y ganadería
- ✓ El agua es el principal componente de las células del cuerpo y constituye más del 50% del peso del animal y 80% de los músculos
- ✓ Un bovino adulto contiene entre un 55 y 60% de su peso en agua



- ✓ Desde un enfoque físico el agua actúa como amortiguador entre su propia temperatura y el medio ambiente
- ✓ Desde un punto de vista nutricional el agua se comporta como un solvente que favorece el ablandamiento y fermentación de los alimentos
- ✓ El agua permite la perfecta asimilación de los alimentos y la excreción de los residuos como la orina y fecas



- ✓ El agua que consumen los animales para su nutrición, crecimiento y desarrollo la obtienen de tres fuentes principales: el alimento, la asimilación de éstos y el agua de bebida
- ✓ Si el agua posee cierta salinidad puede contribuir al consumo de minerales
- ✓ En bovinos este consumo puede alcanzar a un 20% de calcio, 11% de magnesio, 35% de sodio y 28% de azufre



Consumo de agua

- ✓ El consumo de agua por unidad de peso corporal disminuye con la edad del animal bovino
- ✓ Un bovino adulto consume entre un **8 y 10%** de peso vivo en agua
- ✓ Un bovino de carne consume entre **30 y 70 litros de agua** al día
- ✓ Una vaca lechera consume entre **40 y 120** litros de agua al día
- ✓ Las hembras preñadas tienen un consumo mayor de agua que las secas y las vacas lecheras son las que consumen mayor cantidad de agua dado que entre el 85 y 90% de la leche es agua



✓ Diversos son los factores que influyen en el consumo de agua de los animales entre los que destacan los siguientes:

- Raza
- Edad
- Estado fisiológico del animal
- Temperatura y humedad relativa
- Velocidad del viento
- Contenido de carbohidratos, proteína y fibra de la dieta
- Consumo de sales
- Contenido de materia seca de las praderas y pasturas

✓ Los más importantes son la temperatura ambiente y la composición de los alimentos



- ✓ A mayor temperatura ambiental mayor es el consumo de agua del rebaño
- ✓ En meses de mayor temperatura el consumo de agua de bebida se puede duplicar y el consumo total puede alcanzar un aumento de hasta un 70%
- ✓ En periodos de privación de agua los animales suelen perder peso debido a la pérdida de agua desde los tejidos y desde el intestino que actúa como reservorio de agua para mantener el cuerpo hidratado
- ✓ Una reducción en la disponibilidad de agua en las vacas resulta en una reducción drástica de la producción de leche, mayor que cualquier otra deficiencia nutricional



Efecto de la temperatura ambiente sobre los requerimientos de agua por kilo de materia seca consumido por el ganado en pastoreo

Temperatura ambiente (°C)	Requerimientos de agua (l/kg MS consumido)
> 35	4 a 10
15 - 25	3 a 5
-5 - 15	2 a 4
< -5	< 2

- ✓ La temperatura del agua es otro elemento que se debe considerar en el consumo de agua de los animales
- ✓ El agua fría ayuda a mantener una adecuada temperatura corporal y puede incrementar su ingestión, lo que repercute en un aumento de la ganancia de peso
- ✓ La mantención del agua fresca es una ventaja para el sistema productivo. Los días soleados incrementan la temperatura del agua y disminuyen el consumo de los animales
- ✓ La mayor temperatura del agua se produce durante la tarde



Efecto de la temperatura ambiente sobre el consumo de agua diaria de animales en crecimiento

Peso Vivo (kg)	Temperatura ambiente (°C)					
	4,4	10,0	14,4	21,1	26,6	32,2
273	22,7	25,6	28,0	32,9	37,9	54,1
364	27,6	29,9	34,4	40,5	46,6	62,9
454	32,9	35,6	40,9	47,7	54,9	78,0

Fuente: adaptado de NRC, 1996

- ✓ Otra variable que determina el consumo total de agua es el tipo de alimento que consumen los animales
- ✓ Las praderas y pasturas en estados fenológicos tempranos, los ensilajes y los forrajes suplementarios voluminosos poseen alto contenido de humedad (baja MS) a diferencias de los concentrados, granos y henos
- ✓ La demanda de agua de los forrajes tiernos y verdes es inferior a los forrajes secos y concentrados
- ✓ Los alimentos altamente energéticos producen una mayor cantidad de agua metabólica



- ✓ Un elemento importante que determina el consumo de agua de los animales es la distancia a las aguadas, abrevaderos y bebederos
- ✓ Los animales deben tener agua disponible *ad libitum* durante toda la jornada diaria, no debe haber restricción en la disponibilidad de agua
- ✓ Las visitas voluntarias de los animales a los bebederos durante un día pueden fluctuar entre 3 a 5 veces
- ✓ En zonas áridas las visitas se reducen a 1 a 3 veces/día
- ✓ El ganado prefiere tomar agua varias veces al día



- ✓ Cuando los animales son sometidos a privación de agua se genera una ralentización del consumo de materia seca y con ello pérdida de peso
- ✓ En terneros el consumo excesivo de agua resulta en problemas de diarreas
- ✓ El método más adecuado para entregar agua al ganado es proporcionar agua fresca, limpia, *ad libitum* y de fácil acceso



Calidad del agua

- ✓ La calidad del agua de bebida de los animales es tan importante como la cantidad consumida
- ✓ El agua que consuman los animales debe ser limpia, inodora, incolora e insípida
- ✓ En el campo esta condición es difícil de lograr y es habitual el consumo de agua con presencia de algunos otros elementos
- ✓ El consumo de agua de baja calidad determina pérdida de peso, falta de apetito, trastornos digestivos, alteraciones reproductivas, reducción de producción láctea entre otros



- ✓ Es complejo definir la calidad del agua que consumen los animales dado que éstos se acostumbran con rapidez a la calidad del agua que se les proporciona
- ✓ El agua no es tóxica y sus efectos tóxicos o nutricionales están relacionados con el tipo de sales disueltas en el agua, a su concentración, forma iónica y comportamiento fisiológico
- ✓ La forma de expresar la concentración de sustancias químicas del agua es en mg/l (miligramos por litro de agua)



- ✓ El contenido de sales totales o salinidad total es la suma de todos los sólidos disueltos en el agua
- ✓ La salinidad total es el principal elemento que determina si el agua es adecuada para el consumo del ganado
- ✓ La mayoría de las sales disueltas en el agua son compuestos inorgánicos entre los que se encuentran los sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos de Ca, Mg y Na
- ✓ El exceso de sales puede causar efectos osmóticos adversos que se traducen en enfermedades y en casos extremos en la muerte del animal



- ✓ Entre las sales más complejas para el animal se encuentran los sulfatos
- ✓ Se considera un límite superior de sales presentes en el agua **de 7.000 mg/l** de sales totales. Sobre este valor no es aconsejable utilizar el agua para consumo animal
- ✓ El agua con contenido inferior a 1.000 mg/l de sales totales no genera problemas en la salud de los animales, pero es posible que éstos requieran la suplementación de mezclas minerales
- ✓ El agua que posee entre **2.000 y 4.000 mg/l** de sales totales son consideradas como aguas de buena calidad



- ✓ Los animales adultos son más resistentes al consumo de exceso de sales al igual que las razas que poseen mayor rusticidad como son las razas indicas
- ✓ Los animales en confinamiento son más sensibles al exceso de sales en el agua que aquellos que se encuentran en pastoreo
- ✓ Con niveles de sales totales superiores a 4.000 mg/l se generan algunos problemas de restricción voluntaria del consumo de agua, pero los animales se acostumbran aun cuando su producción se vea disminuida



Parámetros de medición de la calidad del agua

- ✓ **Dureza:** Este parámetro mide la tendencia que posee el agua a formar precipitados insolubles de Ca y Mg. Este valor se expresa como carbonato de calcio (CaCO_3)
- ✓ **pH:** Este parámetro define el nivel de acidez o alcalinidad que posee el agua de bebida del ganado. El pH del agua de bebida puede variar entre los valores de 6,0 y 8,5, siendo las aguas ligeramente alcalinas con pH de entre 7,0 y 7,5 los mejores para el ganado



- ✓ **Nitritos y nitratos:** Estos compuestos nitrogenados indican la presencia de contaminaciones bacterianas o de fertilizantes nitrogenados en el agua
- ✓ La cantidad de nitratos del agua subterránea está relacionada con las actividades agropecuarias
- ✓ Los niveles de nitratos máximos aceptados por el agua de bebida de los animales es de 100 mg/l y de nitritos solo 10 mg/l dado que los nitritos son 10 veces más tóxicos
- ✓ El consumo de nitratos resulta en intoxicación producto de la reducción de los NO_3^- a NO_2^- por los microorganismos del rumen



- ✓ **Sodio:** El sodio forma el cloruro de sodio (NaCl) y sólo si se encuentra en elevadas concentraciones puede provocar problemas en la salud de los animales
- ✓ La concentración de NaCl en el agua y en los componentes de las dietas de los animales reduce la necesidad de suplementación con sal al ganado



- ✓ **Cloruros:** La forma más abundante que se puede encontrar en el agua es el cloruro de sodio (NaCl) que le proporciona el sabor salado
- ✓ Los cloruros también se pueden encontrar en el agua como cloruro de potasio, calcio o magnesio que le proporcionan al agua un sabor amargo y pueden provocar diarreas. Es poco frecuente encontrar en el agua concentraciones de cloruros superiores a 3.000 mg/l
- ✓ **Calcio:** Es el principal catión presente en el agua que además de un sabor diferente le proporciona al agua características de dureza. El calcio se encuentra como una sal soluble como son el bicarbonato de calcio (HCO_3^-), fluoruro de calcio y fosfato de calcio



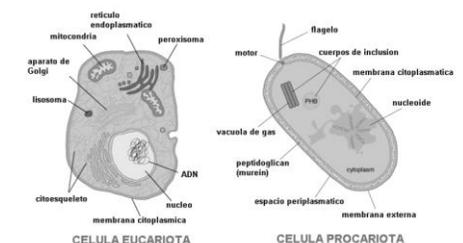
- ✓ **Sulfatos:** Corresponde a la sal más compleja para la salud de los animales debido a sus combinaciones con el magnesio y el sodio
- ✓ El límite superior de tolerancia para el ganado es de 1.500 mg/l aun cuando en animales en confinamiento se podrían presentar problemas
- ✓ Valores de entre 1.500 y 2.500 mg/l pueden provocar diarrea en los animales
- ✓ Valores superiores a 2.500 mg/l generan en forma natural rechazo del consumo, aun cuando los animales se pueden acostumbrar a consumirla generando problemas de reducción de la ganancia de peso debido a una baja en el consumo de materia seca
- ✓ Además, cuando el animal consume en exceso sulfatos a nivel ruminal se produce una reducción en la disponibilidad de cobre, situación que da origen a una hipocuprosis secundaria



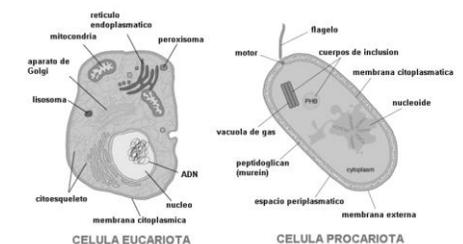
- ✓ **Elementos tóxicos:** existe una serie de elementos que en exceso pueden generar diversas toxicidades en los animales
- ✓ Algunos de estos elementos lo constituyen el hierro, aluminio, berilio, boro, cromo, cobalto, cobre, yodo, manganeso, molibdeno y zinc
- ✓ Estos elementos son bastante locales y se ubican en áreas donde los suelos presentan altas concentraciones



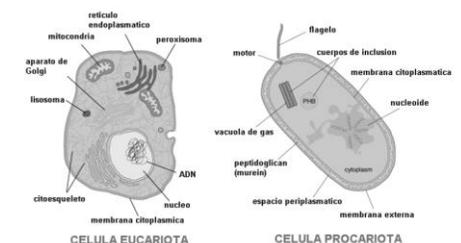
- ✓ **Cianobacterias:** son bacterias Gram negativas que contienen clorofila y con ello es posible que realicen el proceso de fotosíntesis
- ✓ Debido a su coloración verde se les ha identificado históricamente como algas verde azules. Se encuentran en aguas dulces, saladas, salobres y zonas de mezcla de estuarios y son frecuentes en aguas estancadas o reservorios ricos en nutrientes
- ✓ El agua con cianobacterias presenta mal olor y sabor. Su población en el agua aumenta cuando esta tiene alto contenido de nutrientes, en especial durante el verano, donde la temperatura del agua es mayor
- ✓ Muchas especies de cianobacterias producen toxinas que contenidas en la célula o en los exudados pueden aparecer disueltos en el agua constituyéndose en un problema de significancia importancia para la salud animal



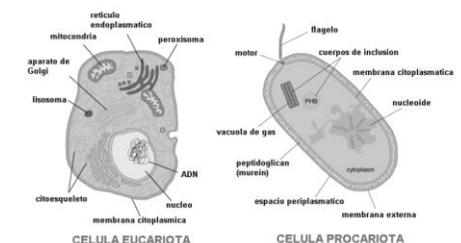
- ✓ Las cianobacterias producen dos tipos de toxinas: las neurotoxinas, que causan la muerte rápida, y las hepatotóxicas, que provocan la muerte a las pocas horas o después de dos días desde su consumo, aunque los signos clínicos de hepatotoxicosis aparecen 15 minutos después de la exposición de las vacas
- ✓ La toxina más frecuente en los pastos es una hepatotoxina llamada microcistina-LR y se relaciona con las cianobacterias
- ✓ El agua de pozo habitualmente posee esta toxina



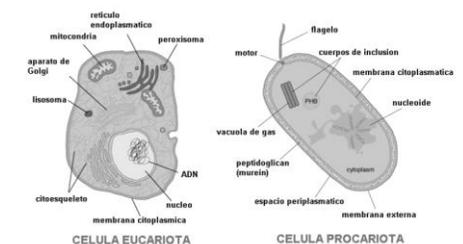
- ✓ **Otros patógenos:** Bacterias, virus y parásitos son agentes comunes en las aguas a la que tiene acceso el ganado. Existe una gran cantidad de estos agentes que pueden provocar la pérdida de producción y transmisión de enfermedades
- ✓ El agua contaminada puede diseminar una determinada enfermedad de forma muy rápida en el rebaño
- ✓ Los niveles máximos de coliformes que puede tener el agua de bebida de los animales son de 10 UFC/100 ml en terneros y 5.000 UFC por 100 ml en animales adultos



- ✓ El agua contaminada con fecas puede transmitir enfermedades debido a agentes como son la *Escherichia coli*, *Cryptosporidium* spp (parásito protozoario), *Salmonella* y *Leptospira* que tienen una mayor importancia en animales jóvenes
- ✓ Una de las enfermedades diseminadas por el agua y que afecta a los animales adultos es la **leptospirosis** que genera abortos y que se observa entre 2 a 5 semanas post infección
- ✓ El ganado se hace resistente a estos agentes, pero la introducción de un nuevo patógeno poco común puede diseminarse rápidamente por el rebaño y afectar mayoritariamente a los animales jóvenes
- ✓ Los terneros poseen inmunidad pasiva procedente de sus madres, pero son muy susceptibles a una alta dosis de patógenos



- ✓ **Aireación y coagulación:** Esta demostrado que la aireación del agua y el uso de coagulantes permite un mayor consumo de agua de los animales (10 a 20%)
- ✓ Los tratamientos de aireación y de coagulación eliminan muchos contaminantes que mejoran el sabor y el olor del agua que hace aumentar su consumo
- ✓ El efecto de estos tratamientos no ha demostrado un mejoramiento en la ganancia de peso de los animales



Requerimientos de proteína



- ✓ La proteína que ingresa a los rumiantes posee una fracción soluble que en el rumen participa en los procesos fermentativos transformándose en aminoácidos que serán utilizados para producir proteína bacteriana
- ✓ En términos de degradación la proteína que requiere un rumiante son la proteína degradable y la no degradable
- ✓ La proteína degradable se desdobla y aporta aminoácidos y amonio a los microorganismos del rumen
- ✓ La proteína no degradable es la proteína *bypass* necesaria para la producción y mantención del ganado junto con la originada de la digestión microbiana



- ✓ Las proteínas que consumen los rumiantes se clasifican de acuerdo con la velocidad de degradación
- ✓ **Proteína soluble:** Es aquella que ingresa al rumen y se degrada inmediatamente
- ✓ **Proteína degradable ruminal:** Corresponde aquella que ingresa al rumen y demora en su degradación hasta algunos días y da origen a aminoácidos, amonio y ácidos orgánicos
- ✓ **Proteína no degradable o *bypass*:** Es aquella que no sufre degradación a nivel ruminal y no es absorbida a nivel ruminal y es digerida a nivel intestinal



- ✓ Entre el 80 y 85% de la proteína no degradable es digerida en el intestino
- ✓ El resto que no es digerida está unida a la fracción fibrosa de los alimentos que hace imposible su degradación
- ✓ La fracción no degradada corresponde al **nitrógeno insoluble detergente ácido**



- ✓ La degradación de la proteína a nivel ruminal depende de la naturaleza de la proteína
- ✓ A mayor consumo de alimento y rápida velocidad de paso del alimento por el rumen la degradación de la proteína disminuye
- ✓ La proteína degradada en el rumen constituye el sustrato para que las bacterias sinteticen proteína bacteriana que posteriormente será absorbida a nivel intestinal
- ✓ Del total de la proteína que ingresa al rumen el 50% se degrada



- ✓ Si los animales presentan deficiencias de proteína la incorporación de nitrógeno no proteico (NNP) puede corregir este déficit
- ✓ La urea es un NNP habitualmente utilizado en la suplementación del ganado de carne
- ✓ Lo anterior muestra que los rumiantes tienen la capacidad de utilizar el amonio como fuente de proteína, siempre y cuando el aporte de energía de la dieta sea alto
- ✓ Los requerimientos de proteína cruda dependen de la relación existente entre la proteína degradable y la proteína bypass



- ✓ Entre los factores que hacen variar los requerimientos de proteína de los animales se encuentra el contenido de FDN de los alimentos (fibra efectiva)
- ✓ Con insuficiente fibra en la dieta el pH ruminal disminuye y con ello se reduce la producción de proteína bacteriana
- ✓ Dietas con baja fibra efectiva (alto contenido de granos) debe aumentar la proteína *bypass* y reducir la proteína degradable



- ✓ Existe una relación directa entre los requerimientos de proteína de los animales y su etapa de crecimiento
- ✓ En el periodo de engorda los requerimientos de proteína decrecen
- ✓ Hasta los 250 kg de PV los animales deben consumir raciones con al menos 16% de proteína
- ✓ Entre los 250 y 350 kg de PV las raciones deben considerar niveles de entre 13 y 15%
- ✓ Sobre los 350 kg PV la ración debe tener solo 12% de proteína total
- ✓ Todo lo anterior considera que exista suficiente energía



Nitrógeno no proteico

- ✓ La determinación del contenido de proteína de un alimento se realiza a través de un análisis químico del nitrógeno
- ✓ La determinación del nitrógeno en el laboratorio se realiza a través del **método de Kjeldahl** que consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración. Este método tiene más de 100 años y se utiliza en elementos orgánicos e inorgánicos y consiste en la digestión con ácido sulfúrico concentrado y mezcla catalítica para acelerar la reacción, seguida de una destilación en caliente con hidróxido de sodio para liberar el ion amonio que se encuentra retenido en el ácido bórico y finalmente su valoración
- ✓ Para determinar el valor de proteína es necesario realizar una conversión que esta definida según el tipo de alimento



- ✓ La estimación del contenido de proteína se realiza a través de la multiplicación del contenido de nitrógeno por un factor que está relacionado con el tipo de producto
- ✓ El valor resultante se denomina **proteína bruta** dado que parte del nitrógeno analizado no deriva de la proteína

Tipo de alimento	Factor de conversión
Praderas y pasturas	6,25
Vegetales en general	6,25
Grano de maíz	5,70
Grano de trigo, centeno y cebada	5,83
Soja	5,71
Semillas oleaginosas	5,30
Leche y sus derivados	6,38
Carne y sus derivados	6,25

- ✓ En las praderas parte del nitrógeno procede de las proteínas y otra corresponde a sales inorgánicas de nitrógeno, nitrógeno amino, amidas entre otras formas
- ✓ Los rumiantes son capaces de utilizar el nitrógeno inorgánico y el procedente de las proteínas mediante la actividad microbiana del rumen
- ✓ La proteína que se encuentra en los microorganismos se digiere en el intestino y seguidamente se absorbe
- ✓ Por esta razón es que el uso de proteína pura en rumiantes puede ser reemplazada, en parte, por fuentes de nitrógeno no proteico que habitualmente tiene un costo menor



- ✓ Las fuentes de nitrógeno no proteico que poder ser utilizadas en la nutrición de los rumiantes son: amoníaco, urea, biuret (urea sometida alta temperatura, lenta entrega), fosfato diamónico y polifosfato amónica
- ✓ **Amoníaco:** Es un producto de bajo costo, pero de difícil manejo dada su toxicidad. Es un gas que se disuelve en agua para ser incorporado a los alimentos
- ✓ Es utilizado a nivel industrial para incrementar el contenido de nitrógeno de los alimentos a nivel industrial mediante la armonización
- ✓ Los alimentos con bajo contenido de proteína se pueden someter a la reacción con el amoníaco a presión y alta temperatura (armonización) quedando el nitrógeno fijado hasta que el producto fermenta en el rumen donde el nitrógeno es liberado



- ✓ **Urea:** Es un producto solido de color blanco que posee un 46% de nitrógeno y que debido a su higroscopia (absorber humedad del medio circundante) para uso en alimentación animal es comercializada en forma recubierta con sustancias no higroscópica que implica una reducción del porcentaje de nitrógeno, generalmente a 42%
- ✓ Al incorporar urea en la dieta de los animales rumiantes esta al ingresar al rumen es hidrolizada en amoniaco y anhido carbónico mediante la enzima ureasa que es producida por algunas bacterias ruminales y paralelamente los carbohidratos son degradados por otros microorganismos para producir ácidos grasos volátiles y cetoácidos
- ✓ El amoniaco liberado en el rumen se combina con los cetoácidos para formar aminoácidos, que a su vez se incorporan en la proteína microbiana



- ✓ La proteína microbiana es degradada a aminoácidos a nivel del abomaso e intestino delgado para ser absorbida por el animal
- ✓ El amoníaco por sí solo no tiene valor nutricional, por ello debe ser transformado en proteína porque en caso contrario será absorbido por el rumen y eliminado a través del hígado, riñones y finalmente en la orina bajo la forma de urea. Parte de la urea volverá al rumen a través de la saliva o por difusión a través de la sangre
- ✓ Para que ocurra síntesis de proteína microbiana a partir del amoníaco proporcionado por la urea es necesario que existe una adecuada disponibilidad de compuestos energéticos que permitan utilizar eficientemente el amoníaco en la síntesis de aminoácidos



- ✓ Junto con los requerimientos energéticos en el rumen deben estar presente algunos minerales como fósforo, azufre, calcio y sodio para que exista una adecuada fermentación ruminal
- ✓ El uso de urea en la alimentación animal requiere de un periodo de adaptación de la flora microbiana, proceso que se puede extender entre 15 a 25 días dependiendo de cómo es suministrada (dosis y tipo) y del estado nutricional del animal
- ✓ Cuando el consumo de urea es mayor a la capacidad del rumen de transformar el amoníaco en proteína microbiana el exceso de amoníaco es absorbido a través de las paredes del rumen y transportado a través del torrente sanguíneo al hígado causando con ello una alcalosis (intoxicación por amoníaco)



✓ La intoxicación por exceso de amonio se caracteriza por presentar en el animal los siguientes síntomas:

- Intranquilidad
- Exceso de salivación
- Respiración dificultosa
- Coordinación motora alterada
- Tremores musculares (contracción muscular involuntaria y rítmica)
- Timpanismo (acumulación de gases en el rumen).
- Convulsiones
- Mugidos
- Rigidez en las patas delanteras
- Muerte



- ✓ Los animales a los cuales se detecta oportunamente este tipo de intoxicación se pueden salvar de la muerte si es tratado en menos de tres horas
- ✓ En bovinos el tratamiento común de la toxicidad amoniaca consiste en suministrar por vía oral una solución de dos a tres litros de vinagre disueltos en 20 -30 litros de agua antes que el animal alcance la etapa de rigidez muscular
- ✓ Diversas son las formas en que la urea puede ser suministrada a los animales entre las que se encuentra su incorporación en ensilajes, concentrados, TMR, sales minerales, bloque multi minerales, entre otras



- ✓ Los animales a los cuales se detecta oportunamente este tipo de intoxicación se pueden salvar de la muerte si es tratado en menos de tres horas
- ✓ En bovinos el tratamiento común de la toxicidad amoniacal consiste en suministrar por vía oral una solución de dos a tres litros de vinagre disueltos en 20 -30 litros de agua antes que el animal alcance la etapa de rigidez muscular
- ✓ Diversas son las formas en que la urea puede ser suministrada a los animales entre las que se encuentra su incorporación en ensilajes, concentrados, TMR, sales minerales, bloque multi minerales, entre otras



- ✓ Una de las formas que se tienen para evitar excesos de amoniaco en el rumen es el uso de urea de liberación lenta

- ✓ A través del tiempo se han desarrollado diversos productos elaborados a partir de urea que se caracterizan por presentar una liberación lenta a nivel ruminal, entre los que destacan:
 - Isobutilidina monouréa
 - Biureto
 - Starea
 - Urea extruida en almidón
 - Urea tratada con formaldehido
 - Urea recubierta por aceite de semilla de linaza
 - Urea recubierta con extractos vegetales (Optigen)



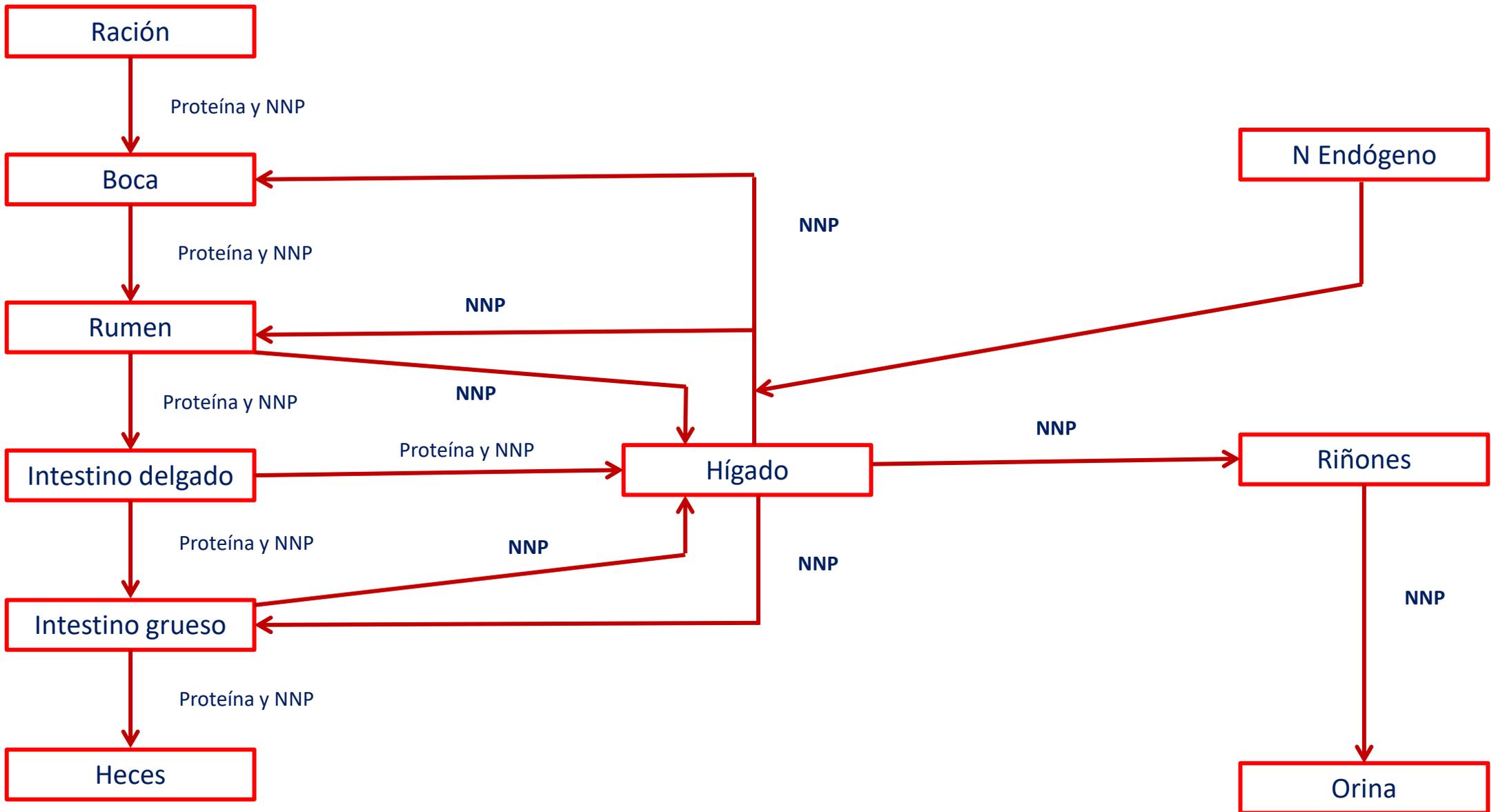
- ✓ El uso de urea de liberación lenta permite que los animales que la consumen tengan en el rumen un continuo de entrega de amoníaco para la producción de proteína bacteriana
- ✓ Esto garantiza que las bacterias ruminales tengan un acceso continuo a esta fuente de alimentación esencial, lo que conlleva a un aumento de la proteína microbiana, a la digestibilidad de la fibra y a la disponibilidad de energía para la producción de leche y carne



- ✓ El exceso de amoníaco en el rumen supone su que su disponibilidad no puede ser transformado en proteína microbiana y con ello potencialmente tóxico, elevando los niveles de nitrógeno ureico en la sangre y, posteriormente, los niveles de nitrógeno ureico en la leche
- ✓ Con deficiencia de amoníaco en el rumen por un tiempo, las bacterias ruminales no tienen acceso a esta fuente de alimentación necesaria para el crecimiento situación que hace caer la productividad
- ✓ Se ha demostrado que el uso de urea de liberación lenta permite una mayor eficiencia de conversión alimenticia, mayor ganancia de peso diaria y mayor producción de leche respecto al uso de urea normal y otras fuentes nitrogenadas



Dinámica del nitrógeno en un rumiante



NNP: Nitrógeno no proteico (Urea + NO₃ + NO₂)

Nitritos y Nitratos

- ✓ El nitrato (NO_3) y el nitrito (NO_2) son compuestos nitrogenados inorgánicos
- ✓ Las fuentes de **nitrato** son diversas donde se destacan los forrajes de todo tipo como son las praderas y pasturas, los cultivos suplementarios, y los forrajes conservados, además del agua de bebida y otros
- ✓ Las fuentes de **nitrito** son mucho menos comunes que las de nitrato dado que las plantas raramente contienen nitrito



- ✓ En los animales rumiantes las enzimas microbianas convierten el nitrato ingerido a nitrito en el rumen
- ✓ El nitrito es reducido a amoníaco y se incorpora al conjunto de nitrógeno ruminal para ser utilizado por las bacterias para la síntesis de proteína microbiana
- ✓ De los tres compuestos que se encuentran en el rumen, nitrito, nitrato y amoníaco el **nitrito** es el más tóxico para el ganado



- ✓ El nitrato del suelo es la principal fuente de nitrógeno para las plantas
- ✓ En condiciones normales de crecimiento, el nitrato es convertido a proteína vegetal en las hojas de las plantas al mismo ritmo que es absorbido por el sistema radical
- ✓ Cuando se altera este balance y las raíces capturan más nitrato que el que la planta puede procesar y transformar en proteína se produce una acumulación de nitrato en tallos y raíces no así las hojas, flores y semillas
- ✓ En el tercio inferior del tallo de una forrajera se encuentran niveles hasta tres veces mayores que en la parte superior de la planta



Contenido de nitrato en algunos alimentos consumidos por los rumiantes expresado en mg/kg de NO₃

Forraje	Nitrato (mg/kg)
Grano de maiz	22
Grano de avena	44
Ensilaje de alfalfa	1.170
Alfalfa pre marchita	2.400
Heno de alfalfa	2.400
Ensilaje de maíz	4.740
Ensilaje de avena	5.350
Maíz verde	7.690
Heno de avena	7.700
Paja de maíz	31.740

- ✓ Las plantas capturan el nitrato desde el suelo y lo incorporan donde se produce la conversión en proteína vegetal

- ✓ Diversos factores intervienen en este proceso donde se destacan:
 - Condición atmosférica
 - Carencia de luz
 - Herbicidas
 - Enfermedades
 - Especie vegetal
 - Etapa de crecimiento de las plantas
 - Fertilización nitrogenada
 - Balance de nutrientes en el suelo
 - Forma de consumo



- ✓ **Condición atmosférica:** El estrés hídrico, las bajas temperaturas y las heladas son factores que inducen a una acumulación de nitratos en las plantas
- ✓ Las bajas temperaturas generan la acumulación de nitratos producto de la reducción de la actividad enzimática de las plantas responsable de la transformación en proteína
- ✓ Las heladas producen acumulación de nitrato por destrucción del área foliar que limita la actividad fotosintética y por tanto la conversión de nitrato a proteína vegetal generando una acumulación desmedida en tallos y ramas



- ✓ **Luminosidad:** De la fotosíntesis depende la transformación de nitrato en proteína vegetal
- ✓ Plantas sometidas a periodos prolongados de baja luminosidad, contienen una mayor acumulación de nitratos
- ✓ Las plantas en las primeras horas de la mañana siempre tendrán una mayor acumulación de nitrato que aquellas analizadas al medio día



- ✓ **Especies vegetales:** Existe un grupo importante de especies forrajeras que son propensas a la acumulación de nitrato
- ✓ Los cereales destinados a pastoreo de invierno, las coles, nabos, raps, remolacha rutabaga son plantas que habitualmente contienen mayores niveles de nitrato que otras especies utilizadas para pastoreo
- ✓ Las leguminosas son especies que habitualmente no tiene grandes acumulaciones de nitrato en sus estructuras



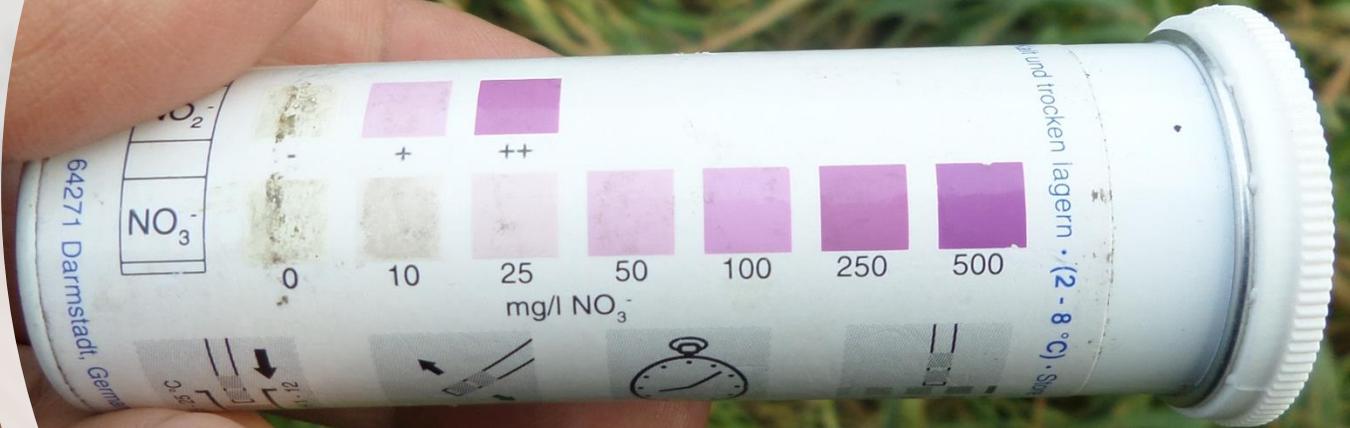


Merckoquant

Nitrat

Nitrat

100 Test







- ✓ **Estado fenológico:** El estado de desarrollo fenológico de las plantas influye en forma directa en la acumulación de nitrato. Plantas juveniles presentan mayor contenido de nitrato que en estados avanzados de desarrollo
- ✓ **Herbicidas:** La aplicación de herbicidas genera una intervención severa en el crecimiento de las plantas que se puede traducir en una acumulación temporal de nitrato en las plantas
- ✓ **Enfermedades:** Las enfermedades habitualmente generan una depresión en el desarrollo y crecimiento de las plantas que puede ocasionar una acumulación temporal de nitrato



- ✓ **Fertilización nitrogenada:** Aplicaciones excesivas de nitrógeno en momentos en que la temperatura del suelo y ambiente son bajas producen acumulaciones de nitrato en las plantas. Esta situación es habitual en cereales destinados para pastoreo invernal
- ✓ **Balance de nutrientes en el suelo:** El desequilibrio de algunos nutrientes en el suelo (molibdeno, cobre, hierro, azufre, magnesio, manganeso) en especial aquellos que participan en los sistemas enzimáticos del metabolismo vegetal pueden provocar acumulación de nitrato
- ✓ Se menciona que el exceso de potasio y la falta de fósforo se encuentran asociados a la acumulación de nitrato en las plantas



- ✓ **Forma de utilización del forraje:** La utilización de las praderas y pasturas en pastoreo son la forma más peligrosa de tener un evento de intoxicación por nitrato en los animales
- ✓ Los forrajes verdes ricos en nitrato que son cortados y amontonados para entregar posteriormente al ganado se calientan poco antes situación que induce a una transformación del nitrato en nitrito que es 10 veces más tóxico
- ✓ El heno no genera problema dado que la concentración de nitrato permanece constante en el tiempo
- ✓ El menos riesgoso es el ensilaje dado que reduce el contenido de nitrato entre un 10 a 60% hasta el momento de consumo por los animales



- ✓ **Contaminación de aguas con nitrato:** Las aguas de bebidas de los animales pueden tener alta concentración de nitratos provenientes de la contaminación generada por los lixiviados de fertilizaciones orgánicas e inorgánicas
- ✓ Los riesgos de contaminación de las aguas con nitrato son mayores en los periodos de lluvia o riegos excesivos
- ✓ La ingestión de nitrato con el agua de bebida es potencialmente más tóxica que la proveniente de los forrajes (20 a 80% mayor riesgo) debido a una mayor disponibilidad del nitrato para las enzimas bacterianas



Intoxicación por nitratos

- ✓ Los eventos de intoxicación por nitrato en realidad son causados por los nitritos dado que es este compuesto el responsable de los efectos observados tras la ingestión del primero en cantidades elevadas
- ✓ También se puede ocurrir simultáneamente o no otros fenómenos de toxicidad debidos únicamente al nitrato o al amoníaco
- ✓ Las manifestaciones clínicas que ocasiona el consumo de nitrato dependerán del compuesto que predomine en el organismo tras su ingestión y metabolismo, es decir, nitrato, nitrito o amoníaco, debido a que cada uno de ellos ejerce su acción nociva a diferente nivel



- ✓ **Patogenia del nitrato:** Aun cuando el mayor riesgo del consumo de nitrato es su conversión a nitrito en rumen y el paso de este a la sangre, el nitrato puede causar trastornos por sí mismo
- ✓ La acumulación de nitrato en el rumen por falta de poder reductor a nitrito, el nitrato pasa a la sangre desde donde una parte pequeña será eliminada vía renal y el resto será reciclado al rumen a través de la saliva y del epitelio ruminal
- ✓ Cuando el nitrato en exceso es arrastrado desde el rumen en la fase líquida al intestino puede generar irritación de la mucosa (gastroenteritis) y diarreas que favorecen la proliferación de otros microorganismos patógenos



- ✓ **Patogenia del nitrito:** El nitrito es el compuesto más tóxico de entre nitrato, nitrito y amoníaco y es el responsable del cuadro clínico conocido como **intoxicación por nitrato**
- ✓ Al consumir nitrato con el alimento o el agua de bebida un rumiante la fermentación de los carbohidratos proporciona el poder reductor (energía) necesario para su conversión a nitrito y de éste a amoníaco
- ✓ La conversión del nitrato a nitrito es más rápida que del nitrito a amoníaco, por tanto, un déficit de energía (poder reductor) provoca la acumulación en el líquido ruminal de nitrito que pasará rápidamente al torrente sanguíneo



- ✓ El nitrito es un compuesto metahemoglobinizante, que significa que cambia la hemoglobina (transportador de oxígeno desde los pulmones a los tejidos) a metahemoglobina que no tiene capacidad de transportar oxígeno
- ✓ El nitrito tiene efecto vasodilatador periférico que provoca la caída de la presión sanguínea y choque circulatorio, esto es, una afección potencialmente mortal que se presenta cuando el cuerpo no está recibiendo un flujo suficiente de sangre
- ✓ Lo anterior ocasiona en el animal hipoxia tisular que ocurre cuando la presión de O_2 en los capilares es insuficiente para aportar el O_2 indispensable en las necesidades fisiológicas. La oxigenación tisular es el regulador más importante en la producción de eritrocitos
- ✓ La hipoxia tisular será tanto más grave cuanto mayor sea la concentración de nitrito en la sangre



- ✓ La tasa de conversión de hemoglobina a metahemoglobina depende de la concentración de nitrito en la sangre
- ✓ Con 50 mg/litro de nitrito la proporción de metahemoglobina es un 24%
- ✓ Con una concentración de nitrito de 250 mg/litro, la proporción de metahemoglobina es próxima al 100%
- ✓ Si el nivel de metahemoglobina supera el 80% de la hemoglobina total, el animal muere por hipoxia



- ✓ Los niveles de toxicidad tienen diferentes manifestaciones y desde el punto de vista clínico se clasifican en:
- ✓ **Peraguda:** niveles de metahemoglobina mayores del 90% los animales están muertos
- ✓ **Aguda:** corresponde con niveles de metahemoglobina del 80-90%. Las mucosas aparecen cianóticas casi negras, la respiración es rápida, el pulso débil y rápido, existe debilidad y postración, a veces ocurre ceguera, ocurre expulsión de orina incolora
- ✓ **Subaguda:** concentración de metahemoglobina en torno al 50%, los síntomas son debidos al nitrato y al nitrito, ocurre salivación, lagrimeo, rechinar de dientes, dolor cólico abdominal y diarrea
- ✓ **Crónica:** la metahemoglobina se sitúa en torno al 10-20%, las manifestaciones observadas corresponden con un efecto conjunto del nitrato, nitrito y amoníaco



Requerimientos de energía



- ✓ La energía los rumiantes la obtienen a partir de la degradación de los carbohidratos estructurales como son la celulosa y hemicelulosa y de los carbohidratos no estructurales, esto es, almidón, pectinas y azúcares
- ✓ De los granos la energía la obtienen a partir del almidón
- ✓ Las grasas también aportan energía, pero habitualmente estas son utilizadas en cantidades pequeñas en las raciones de bovinos de carne



- ✓ **Energía digestible:** Esta fracción corresponde a la proporción del alimento que es digerido por el animal
- ✓ **Energía metabolizable:** Es la energía absorbida en el tracto digestivo y utilizada en los procesos metabólicos
- ✓ La EM es igual a la energía bruta menos la energía contenida en las heces, combustión de la orina y gases de fermentación



- ✓ **Energía neta:** Esta fracción es la energía metabolizable a la cual se le descuenta el calor producido por la fermentación ruminal de los alimentos consumidos y la energía consumida por el proceso digestivo
- ✓ Esta EN es la que el animal utiliza para su mantenimiento y los procesos productivos
- ✓ La energía de mantención se utiliza para las actividades internas del animal y la destinada para el crecimiento y engorda se almacena en el cuerpo del bovino



Eficiencia de utilización de la energía

- ✓ El crecimiento de los animales esta referido al incremento diario de peso o al aumento de masa corporal
- ✓ En términos energéticos la acumulación de tejido que causa el aumento de peso es la energía del alimento que no se disipa, sino que se retiene como proteína y grasa en los diferentes tejidos
- ✓ La tasa de retención de proteína y grasa junto con la distribución en el animal están relacionadas con factores innatos del animal como son el sexo, peso, ganancia de peso y el tamaño, todos los cuales están relacionados con factores externos como alimentación, ambiente, entre otros



- ✓ Durante toda la vida del animal existe la tasa de síntesis y degradación de proteína y grasa que en definitiva corresponde a la ganancia de peso
- ✓ Un animal aumenta de peso cuando la tasa de síntesis es superior a la degradación
- ✓ La eficiencia de utilización de la energía para crecimiento y engorda del ganado se relaciona con el proceso metabólico que implica la síntesis de grasa y proteína corporal



- ✓ En los rumiantes donde el aporte energético proviene de los ácidos grasos generados en el rumen, la eficiencia energética para la síntesis de grasa es cercana al 70%
- ✓ La síntesis de proteína donde la unión de aminoácidos posee un bajo costo energético la eficiencia de utilización es próxima al 80%
- ✓ Esto explica porque los animales jóvenes son más eficientes que los adultos dado que en los jóvenes la mayor proporción de energía se almacena en forma de proteína



- ✓ En dietas con bajo contenido de energía metabolizable la eficiencia energética disminuye siendo mayor en las etapas de crecimiento y engorda
- ✓ Alimentos con baja digestibilidad y bajo contenido energético presenta alta proporción de fibra que se desvía a la producción de ácido acético en el rumen que tiene un efecto negativo en la utilización de la energía en la engorda
- ✓ Con uso de concentrados una parte este pasa al rumen y es utilizado como glucosa aumentando la eficiencia de la síntesis de grasa



- ✓ El desarrollo de dietas balanceadas en cada etapa de desarrollo y crecimiento de los animales conduce a una mayor eficiencia de uso de la energía
- ✓ En la engorda los animales utilizarán mejor la energía metabolizable si es suministrada a través de carbohidratos y no de proteína
- ✓ En el periodo de crecimiento los animales que reciben niveles bajos de proteínas y aminoácidos tienden a almacenar la energía en forma de grasa en vez de proteína



- ✓ El costo de cosecha del alimento incrementa los requerimientos energéticos del ganado
- ✓ Los animales en pastoreo poseen niveles de requerimientos de energía superiores a los alimentados en confinamiento
- ✓ El incremento de requerimientos en animales en pastoreo no solo es mayor por el costo energético que significa caminar para buscar el alimento, sino que también debe soportar condiciones climáticas variables y adversas



Requerimientos de minerales

- ✓ Los minerales se proporcionan a los animales a través de la dieta diaria
- ✓ Según el tipo, calidad y cantidad de alimentos es la concentración mineral que recibe el animal y de ello depende su suplementación
- ✓ Evaluaciones realizadas en el país demuestran que la mayoría de los minerales son proporcionados a través de los alimentos



- ✓ **Calcio:** Los animales con mayor requerimiento de este elemento son aquellos que se encuentran en crecimiento, que poseen altas ganancias de peso diario y los que reciben dietas ricas en grasa
- ✓ En los minerales no es importante la sola concentración del nutriente sino la relación entre ellos. Se postula que una buena relación Ca:P debe ubicarse entre 1:1 y 1:7
- ✓ Los forrajes son una buena fuente de calcio, pero en ocasiones las leguminosas poseen una relación Ca:P inapropiada que puede ser de 4:1



- ✓ **Fósforo:** Diversos factores determinan la absorción adecuada de fósforo en los animales
- ✓ Entre los factores más determinantes se encuentra la fuente, el pH intestinal, edad del animal y las concentraciones de calcio, hierro, manganeso, aluminio, potasio y grasa de la dieta
- ✓ Los forrajes presentan niveles apropiados de fósforo y su eficiencia de absorción es superior a 60%. Los concentrados poseen una eficiencia de absorción superior a 70%



- ✓ Con 1,8 g P/kg MS consumido por los animales es suficiente para cubrir los requerimientos de este mineral en casi todas las etapas crecimiento, desarrollo y producción del ganado de carne. Sólo existe déficit en etapa de lactancia y terneros
- ✓ La deficiencia de P en los animales genera una reducción en la utilización de los alimentos debido a una disminución de la actividad bacteriana del rumen
- ✓ Otros efectos de la deficiencia de P en el alimento es la pérdida de apetito, presencia de anastro y baja tasa de concepción



- ✓ **Magnesio:** La absorción de magnesio a nivel ruminal se afecta con la presencia del potasio. El incremento del potasio en el licor ruminal reduce el transporte de magnesio a la sangre
- ✓ El pH del rumen reduce la solubilidad y absorción del magnesio llegando a niveles de reducción de hasta tres veces cuando el pH alcanza niveles de 5 a 7
- ✓ Según Wittwer (1966) en animales a pastoreo el pH ruminal es determinante en la absorción de magnesio dado que este fluctúa entre 6 y 7



- ✓ **Potasio:** Las principales funciones del potasio en los animales son la excitabilidad de los nervios y la tonicidad muscular. En las dietas se recomienda que posean niveles de entre 0,5 y 0,7% base materia seca
- ✓ **Azufre:** Es un componente de los aminoácidos metionina, cisteína y cistina
- ✓ Participa en la síntesis y metabolismo de las proteínas, metabolismo de las grasas y carbohidratos y en el balance ácido – base del líquido extracelular
- ✓ Variaciones en la dieta genera problemas en la población de bacterias celulolíticas del rumen y en la población de hongos relacionados con la degradación de la fibra
- ✓ Los niveles recomendados en las dietas se ubican entre 0,08 y 0,15%



- ✓ **Selenio:** Es un mineral que está relacionado con la vitamina E y contribuye al mejoramiento de la fertilidad de los machos y su deficiencia provoca problemas de retención de placenta, metritis y retardo en la involución del útero de las vacas
- ✓ La deficiencia de selenio en las dietas provoca en los animales la enfermedad del **musculo pálido** que se caracteriza por la presencia de musculo de color blanco, en especial en animales jóvenes
- ✓ En la zona sur existen diversos estudios que mencionan deficiencias de selenio en los animales en pastoreo, en especial, en el periodo de primavera
- ✓ Las aplicaciones de selenito de sodio pueden reducir los problemas de deficiencia. Las dietas deben tener un rango mínimo de entre 0,05 y 0,30 mg/kg



Carencia de minerales

- ✓ Las carencias o desequilibrios de minerales se manifiestan en cuadros nutricionales diferentes entre los animales adulto y los animales jóvenes
- ✓ En los animales en crecimiento la carencia mineral se expresa a través del retardo del crecimiento y problemas osteoarticulares
- ✓ En animales adultos la carencia mineral genera problemas reproductivos y disminución de la producción
- ✓ En los rebaños en pastoreo las deficiencias de minerales suelen confundirse con otras carencias que generan la misma sintomatología como es neumonía, mastitis, baja ganancia de peso entre otros



- ✓ Las deficiencias minerales se pueden dividir en cuatro fases: depleción, deficiencia, subclínica o disfunción y enfermedad clínica
- ✓ El déficit de un mineral en la dieta de los animales que impide mantener la concentración corporal del elemento se denomina **depleción**
- ✓ Se produce cuando los requerimientos de un determinado mineral son superiores a la absorción a nivel intestinal
- ✓ Si en el animal existen reservas corporales puede sostenerse durante mucho tiempo sin aparecer síntomas clínicos dado que el organismo mejora la absorción intestinal o disminuye las pérdidas endógenas que produce un descenso de los depósitos en el organismo por lo que la concentración plásmica permanece constante



- ✓ La **deficiencia** sucede si en la dieta la carencia permanece
- ✓ Bajo esta condición la deficiencia está definida por indicadores bioquímicos que indican que el organismo no puede mantener niveles constantes de los minerales requeridos para desarrollar en forma adecuada las funciones fisiológicas



- ✓ La fase **subclínica** o **disfunción** aparece en periodos variables en que las concentraciones o actividades de los minerales disminuyen, pero sin generar cambios en las funciones que permitan manifestarse como enfermedad clínica
- ✓ Para detectar que el animal se encuentra en esta fase es necesario realizar un análisis de laboratorio
- ✓ Esta fase de la enfermedad carencial es la más importante en producción animal, ya que ocasiona pérdidas económicas sin mostrar signos clínicos evidentes y específicos, produciendo disminución en los aumentos de peso, retraso en el crecimiento, disminución en el consumo, menor fertilidad, entre otros



- ✓ La fase terminal corresponde a la **enfermedad clínica**, que puede producir la muerte del animal
- ✓ Los signos clínicos son evidentes, aunque a veces inespecíficos y comunes a distintas deficiencias y enfermedades, lo cual dificulta el diagnóstico
- ✓ Los síntomas son específicos cuando la deficiencia es muy marcada o de larga duración
- ✓ Para un diagnóstico certero se debe recurrir a los análisis de laboratorio



Requerimientos de vitaminas

- ✓ Los forrajes frescos y el heno son una buena fuente de las vitaminas A, D y E
- ✓ **Vitamina A:** Los carotenos presentes en el forraje fresco de alta calidad son los precursores de la vitamina A
- ✓ Estos compuestos orgánicos se caracterizan por presentar concentraciones muy variables a través del año y se degradan con facilidad con la luz y altas temperaturas
- ✓ **Vitamina E:** Su presencia en las dietas es fundamental para permitir un adecuado desarrollo muscular, al igual que el selenio
- ✓ Su deficiencia causa distrofia muscular que se denomina enfermedad del músculo pálido, donde es posible observar estrías blancas en el tejido conjuntivo de los haces musculares



- ✓ **Complejo B:** El complejo B es un grupo de vitaminas cuya suplementación al ganado es poco relevante dado que los microorganismos del rumen la sintetizan y la dejan disponibles para el animal
- ✓ Es esencial en los terneros y se suplementa cuando existe baja disponibilidad dado que en dicha etapa el animal no posee morfológica y fisiológicamente desarrollado el rumen
- ✓ Su deficiencia puede estar dado por falta de cobalto, elemento precursor de este complejo de vitaminas



Alimentación y Nutrición en Bovinos de Carne

Rolando Demanet Filippi
Dr. Ingeniero Agrónomo
Facultada de Ciencias Agropecuarias y Medio Ambiente
Universidad de la Frontera

Cátedra de Producción de Carne
2024