



# Mezclas minerales múltiples para la alimentación de bovinos

## Aplicación y formulación

Sandra Lucía Posada Ochoa, M.Sc., Dr.Sc.  
Carlos Santiago Escobar Restrepo, M.Sc.  
Ricardo Rosero Noguera, M.Sc., Dr.Sc.

# Mezclas minerales múltiples para la alimentación de bovinos

Aplicación y formulación

Sandra Lucía Posada Ochoa, M.Sc., Dr.Sc.

Carlos Santiago Escobar Restrepo, M.Sc.

Ricardo Rosero Noguera, M.Sc., Dr.Sc.

---

Mezclas minerales múltiples para la alimentación de bovinos  
Aplicación y formulación

Autores

Sandra Lucía Posada Ochoa, M.Sc., Dr.Sc.

Carlos Santiago Escobar Restrepo, M.Sc.

Ricardo Rosero Noguera, M.Sc., Dr.Sc.

ISBN: 978-958-8947-25-9

Primera edición: marzo de 2016

Corrección de textos

Diana Vélez Olivera

Diseño y Diagramación

Oficio Grafico. Sandra María Arango Mejía



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento –No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

Agradecimientos o financiación

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación- Colciencias- la financiación de esta publicación (Proyecto 1115+569-33874, Convocatoria 569 de 2012)



Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Agrarias

Ciudadela de Robledo, Carrera 75 N° 65 - 87

Teléfonos: (574) 219 91 49, 219 91 53

Medellín, Colombia

Página web con acceso gratuito a los textos: <http://editorialbiogenesis.udea.edu.co/>

Página de Facebook: <https://www.facebook.com/editorial.biogenesis>

---

---

## **Autores**

### **Sandra Lucía Posada Ochoa**

Zootecnista, M.Sc., Dr.Sc.

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Antioquia

Calle 62 No. 52 - 59 Sede de Investigación Universitaria

Correo electrónico: [sandra.posada@udea.edu.co](mailto:sandra.posada@udea.edu.co)

### **Carlos Santiago Escobar Restrepo**

Zootecnista, M.Sc.

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Antioquia

Carrera 75 No. 65 - 87

Correo electrónico: [carlos99992@gmail.com](mailto:carlos99992@gmail.com)

### **Ricardo Rosero Noguera**

Zootecnista, M.Sc., Dr.Sc.

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Antioquia

Calle 62 No. 52 - 59

Sede de Investigación Universitaria

Correo electrónico: [jaime.rosero@udea.edu.co](mailto:jaime.rosero@udea.edu.co)

Esta publicación hace parte del proyecto 1115+569-33874 financiado por COLCIENCIAS (convocatoria 569 de 2012) y la Universidad de Antioquia.

---



---

Mezclas minerales múltiples para la alimentación de bovinos: aplicación y formulación.

Sandra Lucía Posada Ochoa, Carlos Santiago Escobar Restrepo, Ricardo Rosero Noguera

Fondo Editorial Biogénesis, 2016

P. 46

ISBN: 978-958-8947-25-9

1. Importancia de la proteína, la energía y los minerales en la nutrición del ganado 2. Problemática nutricional de la ganadería de carne. 3. Mezclas minerales múltiples. 4. Formulación de mezclas minerales múltiples 4. Ejemplos de mezclas minerales múltiples

---

---

# Contenido

Prólogo .....	7
Importancia de la proteína, la energía y los minerales en la nutrición del ganado.....	9
Problemática nutricional de la ganadería de carne.....	13
Mezclas minerales múltiples .....	17
Definición.....	17
Ingredientes empleados para su elaboración .....	18
Suministro .....	21
Ventajas asociadas con su utilización .....	23
Formulación de mezclas minerales múltiples .....	25
Formulación con base en el balance de proteína .....	28
Formulación con base en la relación energía-proteína.....	31
Ejemplos de mezclas minerales múltiples .....	37
Conclusión .....	41
Referencias.....	43

---



# Prólogo

La ganadería bovina de carne es una actividad de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de Colombia. Sin embargo, su nivel de tecnificación es escaso y presenta bajos índices zootécnicos que se manifiestan en una menor productividad por hectárea. Desde el punto de vista nutricional, los animales son tradicionalmente criados en sistemas extensivos en pastoreo, en los cuales el nivel de suplementación es nulo o escaso, y alternan entre períodos de ganancia y pérdida de peso en función de la estacionalidad en la producción de forraje. Los períodos de alta producción forrajera coinciden con la época de lluvias; durante el período seco, además de la limitación cuantitativa de forraje, los bovinos experimentan carencias múltiples de proteína, energía y minerales.

En los sistemas de producción de carne, los costos de alimentación representan entre el 70-90% de los costos operacionales totales. El alto costo de la alimentación en la producción ganadera implica que la rentabilidad depende del uso eficiente de los alimentos para el mantenimiento y el crecimiento, minimizando las deficiencias nutricionales. Considerando esto, el principal objetivo de la suplementación estratégica en el trópico consiste en corregir las deficiencias de la pastura, garantizando mezclas con nutrientes específicos que maximicen la fermentación ruminal, el consumo, la digestibilidad y el desempeño animal. La implementación de estrategias nutricionales encaminadas a mejorar el desempeño productivo de los animales incrementa la competitividad económica y la relación costo/beneficio de la actividad ganadera.

---

Las mezclas minerales múltiples (MMM), también denominadas sales proteinadas (SP), son una herramienta efectiva, práctica y de fácil preparación para mitigar la problemática nutricional en época seca e incluso lluviosa, en las ganaderías destinadas a la producción de carne en el país. El uso de estas mezclas es indispensable cuando se desea mantener la curva de crecimiento de los bovinos y obtener animales precoces alimentados fundamentalmente con forrajes tropicales.

Este manual tiene por objetivo brindar herramientas conceptuales y metodológicas que le permitan a los técnicos, profesionales y productores del sector agropecuario, formular y preparar MMM como suplemento para el ganado.

# Importancia de la proteína, la energía y los minerales en la nutrición del ganado



Los rumiantes necesitan una dieta balanceada en energía, proteínas y minerales para un desempeño productivo satisfactorio. En las regiones tropicales, las gramíneas frecuentemente poseen bajos contenidos de proteína, energía, fósforo y otros minerales y vitaminas, principalmente durante el período seco. La proteína degradable en rumen (PDR) es el nutriente más limitante para los animales en pastoreo (Itavo et al., 2008; Carvalho et al., 2009). La deficiencia ruminal de compuestos nitrogenados (amonio, aminoácidos o péptidos) derivados de la digestión de la PDR reduce la ingestión de alimento al no satisfacer

---

los requerimientos microbianos, con lo cual se disminuye la actividad fermentativa, la digestión de la pared celular y la tasa de pasaje del alimento por el rumen (Porto et al., 2009). La deficiencia proteica puede ser corregida a través del suministro de nitrógeno no proteico (NNP) y de proteína verdadera. Teniendo presente que las bacterias celulolíticas requieren factores de crecimiento (isoácidos) generados durante la desaminación ruminal de la proteína verdadera, algunos trabajos han demostrado que los suplementos proteicos precisan tener por lo menos 25% del nitrógeno (N) total en forma de proteína verdadera (Ospina, 2010).

Los rumiantes en general tienen una exigencia mínima de 7% de proteína bruta (PB) en la dieta para promover una adecuada actividad de los microorganismos ruminales (Minson, 1990). Consumos por debajo del 7% generan un ambiente desfavorable para el crecimiento microbiano (son incapaces de mantener el nivel mínimo de 8 mg/dl de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) necesario para el crecimiento de las bacterias celulolíticas) y la tasa de digestión de la fracción fibrosa, generando mayor tiempo de retención del alimento en el rumen y menor consumo de nutrientes (Knorr et al., 2005; Oliveira et al., 2004). No obstante, el valor de 7% PB es el mínimo adecuado para el mantenimiento de los animales y, por lo tanto, compromete la digestibilidad del forraje altamente fibroso (Porto et al., 2009). Aunque los forrajes tropicales presenten concentraciones más elevadas de PB, alrededor de 9-10%, gran parte de la misma es insoluble en detergente neutro (conocida como PIDN), siendo ésta de lenta disponibilidad para los microorganismos ruminales. De esta forma, la PDR ofertada a los animales con el suplemento constituye una fuente de compuestos nitrogenados prontamente disponibles (Acedo, 2007). Los suplementos proteicos aumentan el desempeño animal debido a varios factores, principalmente debido al aumento en la ingestión de forraje. Otras ventajas incluyen la síntesis de proteína microbiana y su flujo al tracto posterior (Zanetti et al., 2000).

El aporte de energía también es necesario para optimizar el crecimiento microbiano, la fermentación ruminal y la digestión del forraje. El N-NH<sub>3</sub> generado en el rumen, como resultado de la suplementación nitrogenada, no puede ser convertido en proteína microbiana si existe deficiencia de carbohidratos prontamente solubles, como ocurre en los forrajes tropicales (Minson, 1990). El amonio presente en el rumen, y no incorporado en la masa microbiana, será absorbido por el torrente sanguíneo, metabolizado en el hígado y eliminado por los riñones en forma de urea. Ese proceso metabólico es indeseable por demandar el uso de energía que podría ser utilizada para cubrir los requerimientos de

mantenimiento y ganancia de peso de los animales (Anand y Anand, 1993). Para los animales en pastoreo, los carbohidratos estructurales de los forrajes son las principales fuentes de energía, sin embargo, éstos son menos susceptibles a la hidrólisis que los azúcares o el almidón. De esta forma, la suplementación energética, a través del suministro de pequeñas cantidades de melaza o de granos, permite a los microorganismos ruminales la síntesis continua de proteína celular, aumentando con ello la cantidad de nitrógeno microbiano que llega al intestino delgado (Oliveira et al., 2004) (Figura 1). El mayor flujo de proteína al tracto posterior del animal mejora la eficiencia de utilización de la energía en los tejidos, a través del aporte de aminoácidos deficientes y de sustratos glucogénicos, mejorando así la ganancia de peso (Zanetti et al., 2000).

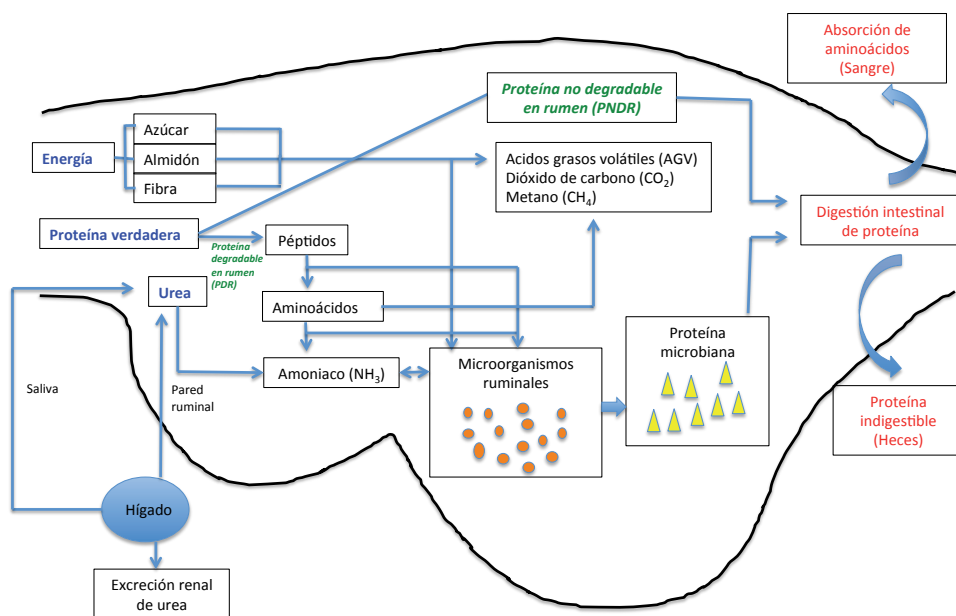


Figura 1. Síntesis de proteína microbiana a partir del aporte de proteína y energía a nivel ruminal

Los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitantes en la producción bovina. Los minerales esenciales se clasifican en macrominerales y microminerales dependiendo de su concentración en el organismo. Los macrominerales superan las 100 partes por millón (ppm) y corresponden al calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K) y azufre (S). Hacen parte de los microminerales el



---

hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), selenio (Se), yodo (I) y cobalto (Co). Entre las funciones más importantes de los minerales se tiene la conformación de la estructura ósea y dental (Ca, P y Mg), la función de los sistemas nervioso y muscular, la conservación del equilibrio ácido-básico y la regulación de la presión osmótica (Na, Cl y K), la participación en sistemas enzimáticos y el transporte de sustancias (Zn, Cu, Fe y Se), el adecuado desempeño reproductivo (P, Zn, Cu, Mn, Co, Se y I) y del sistema inmune (Zn, Cu, Se) (Stewart, 2013).

Los requerimientos minerales dependen del tipo y nivel de producción, edad, raza, entre otros. En el ecosistema ruminal, los minerales contribuyen con la presión osmótica, capacidad tampón y tasa de dilución (Durand y Kawashima, 1980), mecanismos importantes para mantener dentro de límites fisiológicos la fermentación ruminal. Los minerales son esenciales para la sobrevivencia y crecimiento de la población microbiana a través de funciones estructurales y bioquímicas. El P es constituyente de nucleótidos, coenzimas, ácidos teicoicos y fosfolípidos. El S participa en la síntesis de aminoácidos azufrados (metionina y cistina, necesarios para la síntesis de proteína microbiana), vitaminas (biotina y tiamina) y coenzimas. El Mg mejora la actividad celulolítica y activa enzimas bacterianas (fosfohidrolasas, fosfotransferasas) y rutas bioquímicas involucradas en la producción de energía (ATP). La deficiencia de minerales o su inadecuada proporción en la dieta del rumiante reduce el consumo de alimento por afectar adversamente la actividad microbiana (Durand y Komisarczuk, 1988). Bajo condiciones tropicales, el consumo de pasto es adversamente afectado por bajas concentraciones de Na, P, S, Co y I (Barbosa y Graça, 2003). También se consideran minerales críticos para los rumiantes en pastoreo el Ca, Mg, Cu, Se y Zn (Salamanca, 2010)

# Problemática nutricional en la ganadería de carne



La eficiencia de los sistemas de producción de carne en pastoreo depende del potencial de dos componentes básicos: el forraje y el animal. El potencial forrajero es resultado de la interacción entre la planta y el medio ambiente, afectando el valor nutritivo (composición química, digestibilidad) y el consumo de materia seca<sup>1</sup> (CMS) (aceptabilidad, tasa de pastoreo y disponibilidad). El potencial animal es una función

---

1 La materia seca se refiere al alimento consumido por el animal descontando su contenido de humedad.

---

del individuo (edad, tamaño, sexo) y de la genética, teniendo como factor limitante para su expresión el medio ambiente (climático y/o nutricional) (Lopes, 1999).

El trópico bajo de Colombia se caracteriza por presentar elevada temperatura y humedad relativa, así como época seca prolongada e intensa que afecta negativamente la producción de materia seca (MS) y la calidad de las pasturas disponibles, reduciendo con ello el desempeño productivo de los animales y la rentabilidad de la actividad ganadera. En concepto de Ospina (2010), la reducción en la oferta forrajera y en su valor nutricional se refleja en baja tasa de natalidad, pérdida de peso, aumento en la edad de sacrificio, menor calidad del producto final, reducción del ingreso al productor e ineficiencia del sistema productivo.

La época seca trae consigo consecuencias negativas. Por una parte, disminuye la disponibilidad de agua para las pasturas, lo cual afecta negativamente su velocidad de crecimiento; por otra, los periodos de descanso deben ser mayores para lograr una producción de forraje verde que pueda soportar la carga animal, con lo cual se disminuye considerablemente la calidad nutricional. Para el pasto *Brachiaria decumbens*, adaptado a las condiciones tropicales, Johnson y Pezo (1975) evidenciaron disminución en el contenido de PB de 8 a 4.2% al aumentar el periodo de descanso de 42 a 56 días. Con el cambio de época de lluvias a época seca, Otoyá (1986) observó que la misma especie disminuyó su contenido de PB de 6 a 5%. Durante el período seco se reduce la proporción de hojas y aumenta la de tallos y material muerto, de tal forma que el aumento del periodo de descanso no sólo impacta el contenido proteico, sino que también aumenta la fibra detergente ácida (FDA), fracción que contiene celulosa y lignina. Así, cuando la cantidad de fibra aumenta, la capacidad de consumo, la digestibilidad de la MS y la concentración de energía disminuyen. Finalmente, la menor oferta forrajera reduce la capacidad de selección de las partes más succulentas y de mayor densidad nutricional por parte de los animales, afectando también con ello el consumo de nutrientes y de energía (Figura 2). Se suma a la problemática de baja disponibilidad y calidad de las pasturas, el estrés que experimentan los animales por causa de las altas temperaturas, especialmente bajo condiciones sin sombrero. Cuando los bovinos se encuentran por fuera de su temperatura de confort reducen el CMS.

Como consecuencia de las limitaciones climáticas y del suelo, la mayoría de los pastos de las regiones tropicales no satisfacen las necesidades de minerales en los animales. Por otra parte, con la madurez de la planta se registra una disminución gradual en el contenido de minerales: P, Zn, Fe, Co y Mo son los elementos que presentan mayor disminución

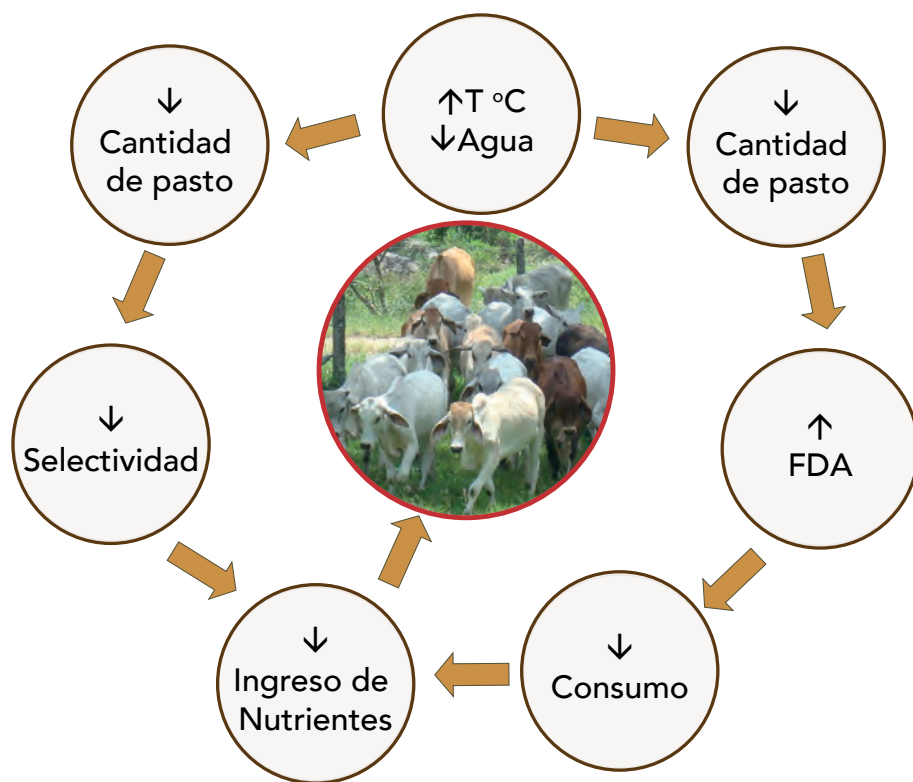


Figura 2. Problemática nutricional del ganado de carne durante la época seca.

durante el proceso fisiológico de crecimiento y maduración. La carencia o desequilibrio de minerales es una de las causas de baja productividad, problemas de reproducción y salud del ganado. Para solucionar estos problemas es necesario suministrar sal mineralizada, suplemento mineral o premezcla mineral: la primera es una mezcla de cloruro de sodio (NaCl, sal común), Ca, P y otros minerales; el segundo está compuesto por Ca, P y otros minerales, con excepción de NaCl; y la tercera es una mezcla uniforme de uno o más minerales, con un diluyente y/o vehículo (utilizado para facilitar la dispersión uniforme de los minerales) (Salamanca, 2010).

En conclusión, las altas temperaturas y la baja disponibilidad de agua disminuyen la producción de MS y la calidad de las pasturas disponibles, lo cual conlleva a deficiencias nutricionales y bajos índices zootécnicos. Por ende, para lograr una mayor competitividad y productividad en el sector ganadero se deben implementar estrategias alimenticias que mitiguen la problemática nutricional de la época seca, especialmente en relación con la

---

oferta de PB, la energía y los minerales. Este manual se concentra en la formulación, preparación y utilización de las MMM como una alternativa de suplementación para el ganado de carne en el trópico bajo.

# Mezclas minerales múltiples



Reunión de materias primas para su mezclado

Materias primas homogéneamente mezcladas

## Definición

Las mezclas minerales múltiples (MMM), también conocidas como sales proteínadas (SP), son suplementos que buscan atender algunas deficiencias nutricionales de los animales en pastoreo, a saber, proteína, energía y minerales. Su finalidad es mejorar las condiciones de fermentación ruminal en épocas climáticas adversas, para así aumentar el aprovechamiento de los forrajes, principalmente de aquellos que perdieron parte de su valor nutricional por el proceso natural de senescencia y se tornaron muy fibrosos (Almeida, 2002; Barros, 2005).

Suministrando MMM se aportan sales minerales y, a su vez, proteína y energía para el crecimiento de los microorganismos ruminales, lo que finalmente aumenta la oferta de energía y proteína para el animal



---

a partir del mayor consumo de materia orgánica (MO) digestible y la mayor síntesis de biomasa microbiana (Ospina, 2010).

## Ingredientes empleados para su elaboración

Las MMM son suplementos proteicos compuestos por una fuente de NNP, una de proteína verdadera, una de carbohidratos fermentables (energía), un regulador de consumo y una mezcla mineral (Tabla 1). Además de estas fuentes, las MMM pueden incorporar en su formulación componentes tecnológicos (urea protegida, grasa protegida, levaduras, ionóforos, promotores de crecimiento, vitaminas y otros aditivos), que además de optimizar el ambiente ruminal para la digestión de la fibra, garantizan mayor seguridad en su utilización (Ospina, 2010). Para la preparación de la MMM es necesario garantizar que todos los ingredientes estén molidos, de tal forma que la granulometría permita obtener una mezcla homogénea.



Materias primas empleadas para la elaboración de mezclas minerales múltiples

**Tabla 1.** Materias primas empleadas para la elaboración de mezclas minerales múltiples

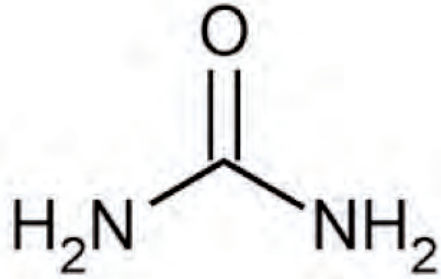
Fuente	Ingredientes	Nivel de utilización (% mezcla)	Consideraciones generales
Nitrógeno no proteico	Urea <sup>1</sup>	10-15%	Los rumiantes tienen gran potencial para transformar los compuestos nitrogenados no proteicos en proteína microbiana.
Proteína verdadera <sup>2</sup>	Torta de soya <sup>2</sup> Torta de algodón Grano de soya	15-30%	La inclusión de proteína verdadera mejora la calidad de la proteína de la ración y funciona como palatabilizante. Se recomienda que, por lo menos el 25% de la exigencia de nitrógeno en el rumen, sea garantizado a través proteína verdadera
Carbohidratos	Maíz <sup>3</sup> Sorgo Harina de yuca Harina de arroz Melaza	20-30%  5-15% melaza	La función de la fuente de energía en la mezcla es potenciar la formación de proteína microbiana a nivel ruminal, estimulando el flujo de proteína al intestino delgado del animal
Regulador de consumo	Sal común (NaCl) <sup>4</sup>	15-30%	El NaCl tiene la función de incentivar el consumo de mezcla, ya que la urea es poco palatable. También funciona como regulador de la ingestión excesiva, ya que los animales no ingieren cantidades de sodio superiores a su requerimiento. La probabilidad de ingestión excesiva de mezcla, y consecuentemente de urea, es baja cuando hay una proporción adecuada de NaCl
Mezcla o suplemento mineral <sup>5</sup>		5-10%	La mezcla mineral utilizada debe cumplir con los requerimientos nutricionales del ganado a suplementar

Fuente: Barbosa y Graça (2003)

- 1 También puede utilizarse amirea, producto extruído a base de almidón de maíz y urea. Una de las ventajas atribuídas a la amirea es el hecho de constituir un complejo de liberación lenta, lo que puede reducir la toxicidad potencial (Itavo et al., 2008)
- 2 La torta de soya es el subproducto proteico más consumido por los animales, sin embargo, su costo es un factor limitante, principalmente en la producción de animales rumiantes.
- 3 El maíz se utiliza en la alimentación humana y animal, principalmente para aves y cerdos, por lo que puede ser sustituido por otras fuentes de energía.
- 4 Limita el consumo de MMM a 1 g/kg de peso vivo, aproximadamente. Si bien la proporción de NaCl puede regular la ingestión, se recomienda monitorear el consumo de MMM, especialmente durante las etapas iniciales de suministro. Algunos ingredientes pueden ser altamente palatables para los animales, por lo que altos consumos de MMM pueden conllevar a intoxicación por urea.
- 5 También puede utilizarse: Fosfato bicálcico, Flor de azufre, Sulfato (de amonio, zinc, cobre, cobalto), Carbonato de calcio



## Urea



Con respecto al empleo de la urea, debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Altos niveles de inclusión pueden generar aglutinación y empedramiento de la mezcla en el comedero (Lopes, 1999).
- Presenta baja palatabilidad, por lo que también funciona como regulador del consumo de la MMM, conjuntamente con el NaCl.
- Puede segregarse cuando se mezcla con otros ingredientes.
- Cuando la urea se utiliza en la alimentación de rumiantes, las exigencias minerales, particularmente de azufre, tienen gran importancia (Lopes et al., 1997). La relación N: S debe ser 15:1 (Soto y Reinoso, 2007). Se recomienda la mezcla de urea y sulfato de amonio en proporción 9/1 (Carvalho et al., 2009) o de 3 g de azufre por cada 100 g de urea (Soto y Reinoso, 2007).
- Una de las limitaciones del uso de la urea por los rumiantes es su solubilidad ruminal, transformándose rápidamente en N-NH<sub>3</sub> por la acción de la enzima ureasa producida por los microorganismos (Oliveira et al., 2004). Niveles elevados de N-NH<sub>3</sub> pueden inducir toxicidad (Itavo et al., 2008), por lo cual la urea debe ser suministrada a los animales en cantidades controladas.

- En animales que consumen urea por primera vez se recomienda realizar una adaptación progresiva, esto es, la primera semana este ingrediente puede representar el 3% de la mezcla, en la segunda semana el 6% y transcurridas 2-3 semanas de adaptación, ya se pueden suministrar los niveles máximos (Barros, 2005).
- Recomendaciones para su inclusión:
  - Suministrar a razón de 0.03% del peso vivo (PV) del animal. No superar los 40 g/100 kg de PV/día.
  - Reemplazar una tercera parte (1/3) de la proteína total de la ración.
  - Utilizar el 1% de la MS total consumida/día (Mayer, 2008).
- En caprinos y ovinos no se recomienda utilizar más de 10% de urea en la mezcla (Barros, 2005).
- Es necesario conocer los síntomas de intoxicación por urea y posibles medidas para su tratamiento.

La optimización del uso de MMM formuladas con fuentes de N de rápida disponibilidad ruminal depende de la disponibilidad de energía (MO degradable en el rumen) para el trabajo de síntesis microbiana (Ospina, 2010). De acuerdo con Soto y Reinoso (2007), el óptimo aprovechamiento de forrajes de mediana a baja calidad (45 a 60% de Nutrientes Digestibles Totales, NDT) ocurre cuando el consumo de PDR representa entre el 10-13% del consumo de NDT.

## Suministro

El objetivo de un programa de suplementación para animales en pastoreo es la maximización del consumo y la utilización del forraje basal, partiendo del hecho que la disponibilidad de MS de pasto no debe ser limitante (Acedo, 2007). Esto es, el pasto disponible debe atender el requerimiento de todo el período de suplementación, incluyendo el probable aumento que se registre en el consumo. La MMM no debe ser suministrada a los animales con limitada oferta de MS, ni como única fuente de alimento. De acuerdo con Ospina (2010), el mejor desempeño de los animales suplementados con MMM ocurre en pasturas que presentan una disponibilidad de MS entre 2000 y 2800 kg/ha, si bien Barbosa y Graça (2003) sugieren una disponibilidad mínima de 2500 kg/ha al inicio de la época seca para obtener ganancias de peso satisfactorias.

---

El principal efecto de las MMM es estimular el consumo de forraje y mejorar su digestibilidad ruminal, sin generar un efecto sustitutivo, pues la sustitución de forraje por MMM es un factor indeseable que aumenta el costo de la ganancia de peso. Este tipo de suplementos permite consumos entre 0.1 y 0.2% del PV del animal, es decir, 1 o 2 g/kg PV (Barros, 2005; Ospina, 2010). Así, un animal de 400 kg consume 400-800 g/día, aproximadamente. Sin embargo, estos consumos son variables dependiendo de otros factores como clima, agua disponible, formulación de la mezcla, oferta y calidad del pasto, ganancia esperada, sexo de los animales, grupo genético, entre otros (Barbosa y Graça, 2003). Un consumo de suplemento entre 0.3 y 1% del PV reduce el CMS de pasto, aproximadamente 300 g por cada 500 g MS de suplemento (Lopes, 1999). De acuerdo con Barbosa y Graça (2003), el consumo no debe superar 0.5% del PV, ya que a partir de ese valor se trata de una suplementación con ración concentrada y no con MMM.

El producto debe estar siempre a disposición de los animales para que el consumo sea uniforme. La administración puede ser realizada diariamente o cada tres días. No se recomienda exceder esta frecuencia de reposición, ya que la mezcla en contacto con la saliva del animal tiende a empedrarse; además, es necesario que el saladero esté limpio al momento de cada suministro.

Las MMM pueden suplementar cualquier categoría de bovinos en reemplazo de la sal mineralizada, y su empleo debe iniciar antes de que los animales pierdan peso, con el fin de lograr la estabilización del mismo o una leve ganancia durante el período seco (Lopes et al., 1997). Antes de iniciar la oferta de MMM se debe verificar que los animales consumen regularmente mezcla mineral, de lo contrario se recomienda introducir inicialmente este alimento durante una semana.

Las MMM se suministran de igual forma que una sal mineralizada. La presentación usualmente es tipo harina, la cual se ofrece en un saladero con el montaje adecuado para protegerla de factores animales y ambientales.

### ***Características de los saladeros:***

- Deben estar cerca de lugares con sombra y de bebederos.
- Tener techo para evitar que el suplemento se moje.
- Ser firmes para que los animales no los tumben.
- Ser de fácil transporte y cambio de sitio.

- Estar en cantidad suficiente para el número de animales a suplementar: garantizar que todos los animales tienen acceso al suplemento promueve la uniformidad del lote. El espacio sugerido por animal es de 20-30 cm lineales.

## Ventajas asociadas con su utilización

El empleo de MMM – proteína, energía, minerales – en la época seca evita la pérdida de peso y promueve la ganancia. La respuesta productiva depende de las características del pasto (oferta y calidad) y del suplemento, del potencial de producción del animal (raza, sexo, peso, edad, sanidad) y del clima (temperatura, humedad relativa) (Barbosa y Graça, 2003). Los mejores resultados se dan si las pasturas tienen menos de 6-8% PB, la relación NDT:PB es mayor a 7, y el consumo de PDR representa menos del 11% del consumo de NDT. Usualmente el 65 a 75% de la PB del forraje es degradada en rumen (Soto y Reinoso, 2007).

Existen varios trabajos que comprueban la superior ganancia de peso de los bovinos suplementados con MMM, en relación con los animales recibiendo exclusivamente mezcla mineral. Itavo et al. (2008), trabajando con novillos Nelore y sus cruces con Brangus, evaluaron el efecto de la suplementación proteica (40% PB) con mezcla mineral conteniendo amirea (MMA) o urea (MMU) vs. el suministro exclusivo de mezcla mineral (MM). El consumo medio de MMA, MMU y MM fue 206.1, 145.9 y 73.1 g/día para los animales F1 y, 236.0, 205.1 y 94.3 g/día los animales Nelore. El peso al sacrificio fue superior en los animales Nelore consumiendo MMU (518.9 Kg) y en los animales F1 consumiendo MMA y MMU (520.2 y 515.9 Kg, respectivamente). Utilizando bovinos mestizos, Zanetti et al. (2000) evaluaron cuatro suplementos: (1) sal proteinada sin urea (20% PB), (2) sal proteinada con urea (52.5% PB), (3) sal mineral y, (4) sal mineral con urea (91% PB). Para los tratamientos (1), (2), (3) y (4), las ganancias diarias de peso fueron 86, 357, 96 y 207 g, respectivamente, con consumos de 325, 650, 57 y 135 g/día, correspondientemente. Oliveira et al. (2004) evaluando el efecto de las MMM sobre el desempeño de ganado Nelore, encontraron que los animales suplementados con NNP en forma de urea o amirea registraron una mayor ganancia de peso, en promedio 440.3 g/día, respecto los animales que sólo consumieron sal mineral, 271.0 g/día. En trabajo realizado por Knorr et al. (2005), animales suplementados solamente con sales minerales tuvieron una ganancia diaria de peso de 19 g, en relación con 287 g en animales recibiendo MMM.

---

Las ventajas asociadas con la utilización de MMM son:

- Facilidad de preparación, almacenamiento y manipulación en la finca.
- Los animales regulan su consumo, por lo que pueden ofertarse a voluntad.
- Los animales mejoran el ambiente ruminal, incrementando la degradabilidad de la fibra
- Se pueden obtener ganancias de peso entre 100 y 400 g/día en situaciones climáticas adversas, donde era de esperarse pérdidas de peso en los animales (Zanetti et al, 2000).
- Mejoran la rentabilidad de las fincas ganaderas. Estudios suministrando MMM han logrado una relación costo beneficio de 1/3.54, es decir, por cada unidad monetaria invertida en la producción del suplemento se obtuvo una ganancia de 3.54 unidades (Lopes et al., 2001).

---

# Formulación de mezclas minerales múltiples

Para la formulación de MMM se deben tener en cuenta varios factores, entre ellos:

- Conocer el consumo aproximado de MS del animal (Tabla 2), la cantidad de PB que tiene el pasto y el requerimiento de este nutriente en la categoría animal a suplementar (Tabla 3). Las tablas presentadas constituyen una guía para el lector, el cual puede acudir a otras fuentes de consulta.
  - Las materias primas utilizadas deben ser de buena calidad.
  - Analizar el contenido de sal (NaCl) en el agua de bebida en zonas cercanas al mar. Niveles altos de sal disminuyen el consumo de MMM, caso en el cual se recomienda suministrar un palatabilizante (saborizante, ej: melaza).
-

**Tabla 2.** Consumos de materia seca (CMS) para bovinos cebuínos de diferente peso vivo (PV) y ganancia diaria de peso (GDP).

PV (Kg)	GDP (kg/día)	CMS (kg/día)	CMS (% PV)
250	0.50	4.65	1.86
	0.75	5.38	2.15
	1.00	5.92	2.37
	1.25	6.27	2.51
	1.50	6.43	2.57
300	0.50	5.65	1.88
	0.75	6.38	2.13
	1.00	6.92	2.31
	1.25	7.27	2.42
	1.50	7.43	2.48
350	0.50	6.65	1.90
	0.75	7.38	2.11
	1.00	7.92	2.26
	1.25	8.27	2.36
	1.50	8.44	2.41
400	0.50	7.65	1.91
	0.75	8.38	2.10
	1.00	8.93	2.23
	1.25	9.28	2.32
	1.50	9.44	2.36
450	0.50	8.66	1.92
	0.75	9.39	2.09
	1.00	9.93	2.21
	1.25	10.28	2.28
	1.50	10.44	2.32
$\text{CMS (kg/día)} = -2.4011 + 0.02006 * \text{PV} + 4.81946 * \text{GDP} - 1.51758 * \text{GDP}^2$			

Fuente: Valadares Filho et al. (2006a)

**Tabla 3.** Requerimientos de proteína bruta (PB) para bovinos cebuínos de diferente sexo, peso vivo (PV) y ganancia diaria de peso (GDP).

PV (kg)	GDP (kg/día)	Machos enteros (%)	Machos castrados (%)	Hembras (%)
250	0.50	13.70	12.50	12.97
	0.75	13.99	12.66	12.73
	1.00	14.15	12.77	12.45
	1.25	14.96	13.54	12.93
	1.50	16.14	14.65	13.74
300	0.50	12.64	11.54	11.89
	0.75	13.17	11.89	11.87
	1.00	13.45	12.10	11.69
	1.25	14.29	12.88	12.16
	1.50	15.44	13.93	12.91
350	0.50	11.80	10.77	11.04
	0.75	12.45	11.23	11.13
	1.00	12.80	11.48	10.99
	1.25	13.64	12.24	11.44
	1.50	14.74	13.23	12.12
400	0.50	10.92	10.03	10.23
	0.75	11.60	10.49	10.36
	1.00	11.93	10.72	10.21
	1.25	12.71	11.42	10.61
	1.50	13.70	12.30	11.20
450	0.50	10.23	9.44	9.58
	0.75	10.90	9.89	9.73
	1.00	11.22	10.10	9.58
	1.25	11.94	10.74	9.93
	1.50	12.85	11.54	10.63

Fuente: Valadares Filho et al. (2006b)



## Formulación con base en el balance de proteína.

Una de las aproximaciones para formular una MMM consiste en determinar el balance de proteína, tomando en consideración la ingestión y el requerimiento de este nutriente.

**Ejemplo:** Se tienen 20 animales enteros en la etapa de ceba con un PV de 300 kg y una GDP de 500 g. Período de ocupación del potrero: 10 días. Área del potrero: 1 ha. Aforo de entrada y de salida: 2150 y 1000 kg MS/ha, respectivamente. El pasto consumido contiene 67.11% de fibra detergente neutra (FDN) y 6.9% PB (contenido nutricional expresado en el 100% de la MS).

**Paso 1.** Estimar el CMS de pasto. Propuestas:

- a. Realizar aforo de entrada y de salida. La diferencia, correspondiente al consumo total, se divide por el número de animales y de días de ocupación del potrero, obteniendo el consumo promedio por animal por día. El método de rendimiento comparativo descrito por Haydock y Shaw (1975) puede ser aplicado para evaluar la disponibilidad de pasto.

Respuesta: *5.75 kg MS/animal/día, que corresponde al 1.92% del PV*

- b. A partir de la ecuación propuesta por Valadares Filho et al. (2006a) para ganado cebuino:

$$\text{CMS (Kg/día)} = -2.4011 + [0.02006 * \text{PV}_{\text{kg}}] + [4.81946 * \text{GDP}_{\text{kg}}] - [(1.51758 * \text{GDP}_{\text{kg}}^2)]$$

(Tabla 2).

Respuesta: *5.65 kg/día, correspondiente al 1.88% del PV. Este valor es ligeramente inferior al CMS determinado por aforo. Toda vez que no lo supera será utilizado como referencia para efectuar la formulación del suplemento.*

**Paso 2.** Conocer el requerimiento de PB. En la Tabla 3 propuesta para cebuinos (Valadares Filho et al., 2006b), el requerimiento de PB (en animales de 300 kg ganando 500 g/día) corresponde al 12.64% de la MS total consumida, esto es: 5.65 kg\*12.64%.

Respuesta: *714 g PB/animal/día*

**Paso 3.** Determinar el consumo de PB a partir del pasto, esto es: 5.65 kg\*6.9%.

Respuesta: *390 g PB/animal/día*

**Paso 4.** Establecer el balance de PB a partir de la diferencia entre la ingestión y el requerimiento, esto es: 390 g consumidos - 714 g requeridos.

Respuesta: *- 324 g PB/día, que indica deficiencia del nutriente.*

**Paso 5.** Balancear el suplemento:

**Cantidad de MMM a garantizar diariamente a cada animal:**

La MMM se ofrecerá a razón de 0.2% del PV, esto es: 300 kg\*0.2%.

Respuesta: *600 g/animal/día.*

**Contenido de PB en la MMM:**

En 600 g de suplemento se deberán aportar los 324 g de PB que están deficientes, esto es, *el suplemento tendrá una concentración final de 54% PB*

**Cantidad de urea a incluir:**

Se utilizará urea a razón del 1% de la MS total consumida, esto es: 5650 g\*1%.

Respuesta: *56.5 g de urea/animal/día*

**Cantidad de PB aportada por la urea:**

Tomando en consideración que el equivalente proteico de la urea corresponde a 287.5%, la cantidad de PB aportada por la urea es: 56.5 g \* 287.5% PB.

Respuesta: *162 g PB se aportarán con urea.*

**La cantidad de urea empleada:**

- Corresponde al 1% de la MS total consumida/día.
- Representa el 0.02% del PV, inferior al nivel recomendado (0.03% del PV).
- Aporta el 23% de la de la proteína total de la ración (162 g PB/714 g PB), inferior al límite recomendado (33% de la proteína).

**Cantidad de azufre a incluir:**

Siguiendo la recomendación de adicionar 3 g de azufre /100 g de urea se debe incluir: *1.70 g azufre/animal/día.*

Utilizando como ingrediente la flor de azufre, que aporta 96% del elemento (Nunes, 1998), se debe incluir: *1.8 g de flor de azufre/animal/día.*

Si la urea aporta 46% de nitrógeno y la flor de azufre 96% de azufre, el aporte de 56.5 g de urea y de 1.8 g de flor de azufre corresponde a una relación N:S de 15:1

---

**Cantidad de PB aportada desde la fuente de proteína verdadera:**

La fuente de proteína verdadera aportará la deficiencia de PB restante, esto es: 324 g PB deficientes – 162 g de PB aportados por la urea.

Respuesta: *162 g PB serán aportados por la fuente de proteína verdadera.*

**Cantidad de fuente de proteína verdadera a incluir:**

Se utilizará torta de soya, cuyo contenido proteico corresponde al 46%. La cantidad de soya a incluir corresponde a: 162 g PB/46% PB.

Respuesta: *352 g de torta de soya/animal/día.*

**Cantidad de mezcla mineral a incluir:**

En la tabla 1 se indica que la mezcla mineral representa el 5-10% de la MMM. Con base en un consumo de 600 g de MMM/animal/día, estos porcentajes corresponden a 30-60 g de mezcla mineral. Esta mezcla no lleva sal común.

Respuesta: *Para el ejemplo en mención se utilizará 45 g de mezcla mineral/ animal/día.*

Nota: Si se quiere utilizar sal mineralizada se debe tener en cuenta su porcentaje de Na para calcular la cantidad de sal común que se añadirá a la mezcla final.

**Cantidad de sal común a incluir:**

Con base en un consumo de 600 g de MMM/animal/día, y tomando en consideración que la suma de los restantes ingredientes en la mezcla suma 455.3 g, la inclusión máxima de sal común será 144.7 g, correspondientes al 24.12% de la mezcla (Tabla 4). En la tabla 1 se indica que la sal común representa el 15-30% de la MMM. La sal común (NaCl) contiene 60% de sodio y 37% de cloro (Nunes, 1998).

**Tabla 4.** Cantidad y participación porcentual de los ingredientes en la mezcla mineral múltiple

Fuente	Ingredientes	Cantidad (g)	Nivel de utilización (% mezcla)
Nitrógeno no proteico	Urea	56.5	9.42%
Proteína verdadera	Torta de soya	352	58.67%
Fuente de azufre	Flor de azufre	1.8	0.30%
Regulador de consumo	Sal común	144.7	24.12%
Fuente de minerales	Mezcla mineral	45	7.50%
Total		600	100%

**Paso 6.** Calcular la cantidad de ingredientes a adquirir. Para un total de 20 animales y un consumo de 600 g/día, semanalmente se debe garantizar 84 kg de MMM. La cantidad de ingredientes necesarios para la formulación del suplemento se presenta en la Tabla 5. Se recomienda tener en cuenta un 5-10% de imprevistos.

**Tabla 5.** Cantidad de ingredientes necesarios

Ingredientes	Cálculo (g)	Cantidad (kg)
Urea	84 x 9.42%	7.91
Torta de soya	84 x 58.67%	49.28
Flor de azufre	84 x 0.30%	0.25
Sal común	84 x 24.12%	20.26
Mezcla mineral	84 x 7.50%	6.30
Total		84.0

## Formulación con base en la relación energía-proteína.

Más que el contenido de PB del forraje como único criterio para formular la MMM, la relación energía-proteína consigue explicar mucho mejor el efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje y el balance de nutrientes (Tabla 6) (Soto y Reinoso, 2007). El NDT, como unidad de expresión del contenido energético de los alimentos, constituye una medida aproximada de su digestibilidad (Posada et al., 2012). Cuando la relación entre NDT y PB es mayor a 7, el forraje presenta deficiencia de nitrógeno en relación con su contenido en energía y, en consecuencia, el animal responde positivamente a la suplementación proteica. El objetivo de la suplementación es lograr dietas con una relación NDT:PB entre 4 y 7 (Soto y Reinoso, 2007).

**Tabla 6.** Balance energía – proteína y relación NDT:PB del forraje

Balance energía-proteína del forraje	Relación NDT:PB del forraje	Suplementar con
Excesivo en Nitrógeno	< 4	Energía
Adecuado en Nitrógeno	4 a 7	Energía
Deficiente en Nitrógeno	7 a 12	Proteína
Muy deficiente en Nitrógeno	> 12	Proteína

Adaptado de Soto y Reinoso (2007)

El porcentaje de NDT se puede estimar desde el contenido de FDN (Capelle et al., 2001):  
 $NDT (\%) = [83.79 - (0.4171 \times FDN_{\%})]$ .

*Con base en el contenido de FDN del pasto (67.11%), el NDT estimado corresponde a 55.8% (base seca, esto es, expresado en el 100% de la MS).*

La relación NDT:PB del recurso forrajero corresponde a 8.08 (55.8%NDT/6.9%PB), indicando la necesidad de suplementar con proteína (Tabla 6).

Un procedimiento más exacto para determinar la necesidad de suplementar con proteína es balancear la relación proteína: energía de la dieta utilizando la PDR en lugar de la PB. Para maximizar la fermentación ruminal y el consumo de nutrientes, el consumo de PDR debe representar entre 10 y 13% del consumo de NDT. Con base en el contenido de PB del pasto (6.9%) y asumiendo una degradabilidad del 70%, se tiene que la PDR corresponde a 4.83%. Por tanto, la PDR del recurso forrajero corresponde al 8.66% del NDT ( $(4.83\% \text{ PDR} / 55.8\% \text{ NDT}) \times 100$ ), lo cual indica la necesidad de suplementar con proteína.

**Paso 1.** Estimar el CMS de pasto. Con base en el ejemplo previo, se tiene un consumo correspondiente al 1.88% del PV, esto es:  $300 \text{ kg PV} \times 1.88\%$ .

Respuesta: *5.65 kg MS.*

**Paso 2.** Conocer el requerimiento de PB. Corresponde a 12.64% del CMS (Tabla 3).

Respuesta: *El requerimiento de PB es 714 g /animal/día (5.65 kg MS \* 12.64% PB).*

**Paso 3.** Establecer el balance de PB a partir de la diferencia entre la ingestión y el requerimiento.

Respuesta: *- 324 g PB/día (390 g consumidos - 714 g requeridos) que indica deficiencia del nutriente. Esta cantidad será aportada por el suplemento.*

**Paso 4.** Formulación de la mezcla mineral múltiple.

Para la formulación del suplemento se acudirá a la metodología denominada “Cuadrado de Pearson” (Wagner y Stanton, 2006). Se balanceará el contenido de dos nutrientes, en este caso, PB y de NDT. Con base en la tabla 1, se fijarán las cantidades de algunos ingredientes que hacen parte del suplemento, teniendo en cuenta su aporte nutricional (Tabla 7).

**Tabla 7.** Ingredientes de la MMM con sus respectivos porcentajes de participación y contenido nutricional

Ingrediente	% en la mezcla	PB (%)	NDT (%)
Urea <sup>1</sup>	10	287.5	-
Maíz	-	9	75
Harina de arroz	-	13	83
Torta de soya	-	46	80
Flor de azufre <sup>2</sup>	0.3	-	-
Sal común	20	-	-
Mezcla mineral	6	-	-
Total	36.3		

- 1 Cantidad de urea = 600 g MMM\*10% = 60 g urea.  
Aporte de PB de 60 g urea = 60 g\*287.5% PB = 172.5 g PB  
Porcentaje de PB aportada por la urea en la MMM= $[(172.5 \text{ g PB}/600 \text{ g MMM}) * 100] = 28.75\% \text{ PB}$
- 2 Cantidad de azufre: Por cada 100 g de urea se debe aportar 3 g de S, por tanto, por 60 g de urea se debe aportar 1.8 g de azufre. La flor de S contiene 96% de S, por tanto la inclusión de este ingrediente debe ser 1.9 g, que en 600 g de MMM corresponde al 0.3%

**Determinar la cantidad de PB con que debe formularse el suplemento:**

El 10% de urea en la MMM (60 g de urea) aporta 172.5 g PB.

La cantidad de PB que debe aportar la mezcla de los restantes ingredientes, excluyendo la urea, será:  $324 \text{ g} - 172.5 \text{ g} = 151.5 \text{ g PB}$

**Determinar la participación porcentual de ingredientes que suple el requerimiento de PB en la MMM:**

La cantidad de mezcla que se tiene disponible para formular corresponde a:  $100\% - 36.3\% = 63.7\%$ .

La cantidad de PB que debe aportar la mezcla de los ingredientes, excluyendo la urea, será:  $324 \text{ g} - 172.5 \text{ g} = 151.5 \text{ g PB}$ , que corresponden al 25.25% de PB en la MMM ( $151.5 \text{ g PB}/600 \text{ g MMM}$ ).

Definir el centro del cuadrado: Por cada 63.7% MMM se debe garantizar 25.25% PB, ¿cuál deberá ser la nueva concentración de PB por cada 100% de MMM?

Respuesta: *39.64% PB.*

Realizar la primera mezcla (Mezcla 1), que incluye torta de soya y maíz. Observe que el porcentaje de PB en un extremo es superior (46% PB) y en el otro inferior (9% PB) al centro del cuadrado (39.64% PB). Luego se establecen las diferencias en diagonal, sin tener en cuenta el signo (46-39.64 y 9-39.64). La suma de estas diferencias al lado derecho del cuadrado (30.64+6.36 = 37) debe dar igual que sus diferencias al lado izquierdo del mismo (46-9=37):

Torta de soya	46% PB	30.64
		39.64% PB
Maíz	9% PB	6.36

Esto significa que por cada 37% de Mezcla 1 se debe incluir 30.64% de torta de soya y 6.36% de maíz. Conservando estas proporciones, ¿cuál es la cantidad de torta de soya y de maíz por cada 63.7% de Mezcla 1 que se tiene disponible para formular?

Respuesta: *52.75% de torta de soya y 10.95% de maíz.*

Debido a que la metodología de cuadrado de Pearson doble requiere tener tres cuadrados, se procede a realizar la segunda mezcla (Mezcla 2), que incluye torta de soya y harina de arroz. Esta mezcla debe cumplir las mismas condiciones de la Mezcla 1.

Torta de soya	46% PB	26.64
		39.64% PB
Harina de arroz	13% PB	6.36

Esto significa que por cada 33% de Mezcla 2 se debe incluir 26.64% de torta de soya y 6.36% de maíz. Conservando estas proporciones, ¿cuál es la cantidad de torta de soya y de harina de arroz por cada 63.7% de mezcla 2 que se tiene disponible para trabajar?

Respuesta: *51.42% de torta de soya y 12.28% de harina de arroz.*

En la Tabla 8 se observa que cada una de estas mezclas aporta 25.25% PB, que sumada al 28.75% PB aportada por la urea, corresponde a un total de 54% PB.

**Tabla 8.** Participación porcentual de ingredientes que suple el requerimiento de proteína bruta

Mezcla 1	% en la mezcla	% PB en la mezcla	% NDT en la mezcla
Torta de soya	52.75	24.27	42.20
Maíz	10.95	0.99	8.21
Total	-	25.25	50.41
Mezcla 2	% en la mezcla	% PB en la mezcla	% NDT en la mezcla
Torta de soya	51.42	23.65	41,14
Harina de arroz	12.28	1.60	10.19
Total	-	25.25	51.33

**Determinar la participación porcentual de ingredientes que simultáneamente suple los requerimientos de PB y NDT en la MMM:**

En la Tabla 8 se observa que las Mezclas 1 y 2 aportan respectivamente 50.41 y 51.33% de NDT, por tanto, el centro del cuadrado para la Mezcla 3 debe estar entre estos valores.

Respuesta: *La MMM aportará 50.5% de NDT.*

Mezcla 1 50.41% NDT 0.828

50.5% NDT

Mezcla 2 51.33% NDT 0.087

Esto significa que por cada 0.92% de Mezcla 3 se debe incluir 0.83% de Mezcla 1 y 0.09% de Mezcla 2. Conservando estas proporciones, ¿cuál es la participación porcentual de Mezcla 1 y Mezcla 2 que permite cubrir los requerimientos de PB y NDT simultáneamente?.

Respuesta: *90.45% de Mezcla 1 y 9.55% de Mezcla 2.*

En la Tabla 9 se presenta la participación porcentual de los ingredientes en la MMM tomando en consideración los valores encontrados en las Mezclas 1, 2 y 3. La participación del maíz, por ejemplo, corresponde al 90.45% de 10.95% = 9.90%.



**Tabla 9.** Participación de ingredientes que suple el requerimiento de proteína bruta y nutrientes digestibles totales en la mezcla mineral múltiple

Ingredientes	% en la Mezcla 1 y 2	% en la Mezcla 3	% en la MMM
Torta de soya	52.75 (Mezcla 1) 51.42 (Mezcla 2)	90.45 9.55	47.71 4.91
Maíz	10.95	90.45	9.90
Harina de arroz	12.28	9.55	1.17
Total			63.7

#### Verificar el aporte nutricional de la MMM

Reuniendo la participación porcentual de ingredientes de las Tablas 7 y 9 se tiene el 100% de MMM que aporta 54% PB y 50.5% NDT (Tabla 10)

**Tabla 10.** Ingredientes y contenido nutricional de la mezcla mineral múltiple

Ingrediente	% en la mezcla	PB (%)	NDT (%)
Urea	10	28.75	-
Maíz	9.90	0.891	7.43
Harina de arroz	1.17	0.1521	0.971
Torta de soya	52.62	24.21	42.10
Flor de azufre	0.3	-	-
Sal común	20	-	-
Mezcla mineral	6	-	-
Total	100%	54%	50.5%

#### Determinar la relación NDT:PB de la dieta

El aporte de PB en la dieta corresponde a: 714 g PB

- Consumo desde el pasto = 5650 g pasto \* 6.9% PB = 390 g PB
- Consumo desde la MMM = 600 g MMM \* 54% PB = 324 g PB

El aporte de NDT en la dieta corresponde a: 3450 g NDT

- Consumo desde el pasto = 5650 g pasto \* 55.8% NDT = 3150 g NDT
- Consumo desde la MMM = 600 g MMM \* 50.5% NDT = 300 g NDT

Por tanto, la relación NDT:PB en la dieta corresponde a 4.83:1 (3450 g NDT/714 g PB).

# Ejemplos de mezclas minerales múltiples

Debido a que la proteína es el nutriente más limitante durante la época seca, el uso de suplementos proteicos (Tabla 11) normalmente presenta mayor retorno económico respecto los proteicos/energéticos.

**Tabla 11.** Mezclas minerales múltiples con mayor contenido proteico

Ingredientes (%)	Mezcla A <sup>1</sup>	Mezcla B <sup>2</sup>
Maíz	-	28
Torta de soya	63.8	45
Urea+Sulfato de amonio	10.6	6
Mezcla mineral	9.6	10
Sal común	16.0	11

- 1 Esta mezcla garantiza 58% PB, con 40% de sustitución de la PDR por NNP. Se recomienda cuando el pasto tiene menos de 7% PB, con el fin de mantener el peso corporal de los animales. Consumo por animal: 300–400 g/día, que puede ajustarse variando la cantidad de sal común.
- 2 Esta mezcla garantiza 40% PB, con 20% de sustitución de la PDR por NNP. Se recomienda cuando el pasto tiene más de 7% de PB, permitiendo obtener ganancias diarias de peso de 200 g, aproximadamente. Consumo por animal: 500-600 g/día, que puede ajustarse variando la cantidad de sal común (Lopes, 1999)

En la Tabla 12 se observa la sustitución de la fuente de proteína verdadera por niveles crecientes de urea. Lopes et al. (2001) no encontraron diferencia estadística en la ganancia diaria de peso entre estas mezclas, no obstante, la mejor relación beneficio/costo se obtuvo con la Mezcla A

**Tabla 12.** Mezclas minerales múltiples con reemplazo parcial y total de la proteína verdadera por nitrógeno no proteico

Ingredientes (%)	Mezcla A	Mezcla B	Mezcla C
Maíz	30	36.4	42.7
Torta de soya	15	7.5	-
Urea	10	11.1	12.3
Sal mineralizada (45% NaCl)	35	35	35
Sal común	10	10	10

Lopes et al. (2001)

En la Tabla 13 se presentan MMM que presentan variables contenidos de PB y NDT en función de la participación de materias primas.

**Tabla 13.** Composición de mezclas minerales múltiples con participación variable de fuentes energéticas y proteicas

Ingredientes (%)	Mezcla A <sup>1**</sup>	Mezcla B <sup>2**</sup>	Mezcla C <sup>3</sup>
Maíz	10,73	40	36.8
Torta de soya	-	50	36.4
Mezcla mineral	74,40	5	1.3
Urea	14,23	-	7.5
Azúfre	0,64	-	0.2
Urea+Sulfato de amonio (9:1)	-	5	-
Fosfato bicálcico	-	-	5
Calcita	-	-	2.3
Cloruro de sodio	-	-	10.5

1 PB= 40.81%, NNP= 6.40%, NDT= 8.60%, respectivamente (Itavo et al., 2008).

2 PB= 46.91%, NDT= 75.86% (Carvalho et al., 2009).

3 PB= 43.30%, NDT = 60.2% (Oliveira et al., 2004).

\*\* La mezcla mineral de las fórmulas A y B contiene sodio. La mezcla mineral de la formula C está exenta de este elemento.

En la Tabla 14 se presenta una MMM en la cual se incorporan diferentes fuentes minerales en sustitución de la mezcla mineral (Lopes et al., 1997).

**Tabla 14.** Formula de mezclas múltiples desarrolladas por la EMBRAPA Cerrados y Caprinos

Ingredientes (%)	Mezcla A <sup>1</sup>	Mezcla B <sup>2</sup>	Mezcla C <sup>3</sup>
Maíz, sorgo o harina de yuca	27.0	27.0	27.0
Torta de algodón o de soya	15.0	15.0	15.0
Urea	10.0	10.0	10.0
Mezcla mineral	-	22.5	16.0
Fosfato bicálcico	16.0	-	-
Flor de azufre	1.3	1.3	1.3
Cloruro de sodio	30.0	24.2	30.7
Sulfato de zinc	0.60	-	-
Sulfato de cobre	0.080	-	-
Sulfato de cobalto	0.020	-	-

1 Lopes et al., 1997.

2 Con sal común (Barros, 2005).

3 Sin sal común. Siempre que sea posible se debe utilizar mezcla mineral que no contenga NaCl (sal común) (Barros, 2005).



---

# Conclusión

La suplementación proteica puede aumentar la eficiencia en la fermentación ruminal y la utilización de los forrajes de baja calidad nutricional, principalmente debido a la atención de la exigencia microbiana en nitrógeno, a la velocidad de la degradación ruminal de la fibra y al aumento en el consumo de forraje. Estas respuestas son maximizadas por la optimización de la relación entre el consumo de PDR y el consumo de materia orgánica digestible (energía) en la dieta consumida por los animales.

La formulación, mezcla y suplementación con MMM es de fácil implementación en las fincas ganaderas. Esta propuesta tecnológica debe ir acompañada de la evaluación costo/beneficio para determinar su futura utilización.

---



# Referencias

- Acedo TS. Suplementação múltipla para bovinos manejados a pasto em recria e terminação. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 2007. 129 p.
- Almeida JO. Mistura múltipla para bovinos em pastejo na região dos Tabuleiros Costeiros. Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros. Brasil, 2002.
- Anand U, Anand CV. The energy cost of urea synthesis. *Biochem Educ* 1993; 21(4): 198-199.
- Barbosa FA, Graça DS. Suplementos múltiplos para bovinos. En: Carvalho FAN, Barbosa FA, McDowell LR (eds). *Nutrição de Bovinos a Pasto*. 1ª ed. Belo Horizonte: Papel Form Editora Ltda; 2003. 428p.
- Barros NN. Mistura múltipla para caprinos e ovinos. Embrapa, Caprinos. Brasil, 2005.
- Capelle ER, Valadares Filho SC, Silva JFC, Cecon PR. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *R Bras Zootec* 2001; 6(30): 1837-1856.
- Carvalho DMG, Zervoudakis JT, Cabal LS, Paula NF, Moraes EHBK, Oliveira AA, Koscheck JFW. Fontes de energia em suplementos múltiplos para recria de bovinos em pastejo no período da seca: desempenho e análise econômica. *Rev Bras Saúde Prod An* 2009; 10(3): 760-773.
- Durand M, Kawashima R. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: Ruckebusch Y, Thivend P (eds). *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. Lancaster: MTP Press; 1980. p. 375-408
- Durand M, Komisarczuk S. Influence of mayor mineral son rumen microbiota. *J Nutr* 1988; 118(2): 249-260
- Haydock KP, Shaw NH. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Austr J Exp Agric Anim Husb* 1975; 15: 663-670.
- Ítavo LCV, Tolentino TCP, Ítavo CCBF, Gomes RC, Dias AM, Silva FF. Consumo, desempenho e parâmetros econômicos de novilhos Nelore e F1 Brangus x Nelore terminados em pastagens, suplementados com mistura mineral e sal nitrogenado com uréia ou amiréia. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2008; 60(2): 419-427.



- Johnson WL, Pezo D. Wall fractions and *in vitro* digestibility of peruvian feedstuffs. *J Anim Sci* 1975; 41(1): 185-196.
- Knorr M, Ospina H, Finkler AL, Frenzel PR, Mallmann GM, Medeiros FS. Desempenho de novilhos suplementados com sais proteínados em pastagem nativa. *Pesq Agropec Bras* 2005; 40(8): 783-788
- Lopes LR. Suplementação de bovinos em pastejo. Embrapa, Gado de Corte. 11º Encontro de tecnologias para a pecuária de corte. Campo Grande MS, 1999 [en línea] [fecha de acceso 17 de marzo de 2015]. URL disponible en: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/suplementhiago/>
- Lopes HO, Leite GG, Pereira EA, Pereira G, Soares WV. Suplementação alimentar de bovinos com misturas múltiplas em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* na seca. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 10. Embrapa, Cerrados. Brasil, 2001.
- Lopes HOS, Pereira EA, Soares WV, Pereira G. Mistura múltipla – Uma alternativa de baixo custo para suplementação do gado na época da seca. Comunicado técnico No. 69, 2ª ed. Embrapa, Cerrados. Brasil, 1997.
- Mayer AF. Urea, suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 2008.
- Minson DJ. *Forage in Ruminant Nutrition*. New York: Academic Press; 1990. 483p.
- Nunes IJ. Cálculo e avaliação de rações e suplementos. Belo Horizonte: FEP-MVZ Editora; 1998. 185 p.
- Oliveira LOF, Saliba EOS, Rodríguez NM, Gonçalves LC, Borges I, Amaral TB. Consumo e digestibilidade de novilhos Nelore sob pastagem suplementados com misturas múltiplas. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2004; 56(1): 61-68
- Ospina H. Optimización de la suplementación proteica de ganado de carne en pasturas de baja calidad. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 2010.
- Otoya VE. Efecto de la época del año y días de ocupación en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas tropicales, boletín* 1986: 8 (1) [en línea] [fecha de acceso 14 de abril de 2015]. URL disponible en: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/Vol8\\_rev1\\_año86\\_art2.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Vol8_rev1_año86_art2.pdf)
- Porto MO, Fonseca M, Valadares SC, Lima MF, Leão MI, Rezende V. Fontes suplementares de proteína para novilhos mestiços em recria em pastagens de capim-braquiária no período das águas: desempenho produtivo e económico. *R Bras Zootec* 2009; 38(8): 1553-1560.
- Posada S, Rosero R, Rodríguez N, Costa A. Comparación de métodos para la determinación del valor energético de alimentos para rumiantes. *Rev MVZ Córdoba* 2012; 17(3): 3184-3192
- Salamanca A. Suplementación de minerales en la producción bovina. *Revista electrónica de veterinaria* 2010; 11 (9) [en línea] [fecha de acceso 9 de marzo de 2015]. URL disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090910/091009.pdf>
- Soto C, Reinoso V. Suplementación proteica en ganado de carne. *Rev Soc Vet del Uruguay* 2007; 42(167): 27-34.
- Stewart L. Mineral supplements for beef cattle. *Cooperative Extension Bulletin* 895. University of Georgia. 2013 [en línea] [fecha de acceso 4 de noviembre de 2015]. URL disponible en: [http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/B%20895\\_3.PDF](http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/B%20895_3.PDF)
- Valadares Filho SC, Paulino PVR, Detmann E, Paulino MF, Sainz RD. Exigências nutricionais de zebuínos no Brasil. I. Energia. In: Valadares Filho SC, Rodrigues P, Magalhães K (eds). *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte*. 1ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2006a. p.57-74.

Valadares Filho SC, Paulino PVR, Diniz RF, Leão MI, Paulino MF, Vêras RML. Exigências nutricionais de zebuínos no Brasil. II. Proteína. In: Valadares Filho SC, Rodrigues P, Magalhães K (eds). Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte. 1ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2006b. p.75-84.

Wagner J, Stanton TL. Formulating Rations with the Pearson Square. No.1.618. Colorado State University Extension. 2006 [en línea] [fecha de acceso 14 de mayo de 2015]. URL disponible en: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/livestk/01618.html>

Zanetti MA, Resende JML, Schalch F, Miotto CM. Desempenho de Novilhos Consumindo Suplemento Mineral Proteinado Convencional ou com Uréia. R Bras Zootec 2000; 29(3): 935-939

