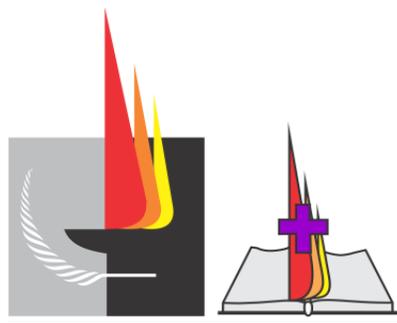


**Universidad Nacional de La Pampa
Facultad de Ciencias Veterinarias**



**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN BOVINA DE CARNE
EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL**

Título:

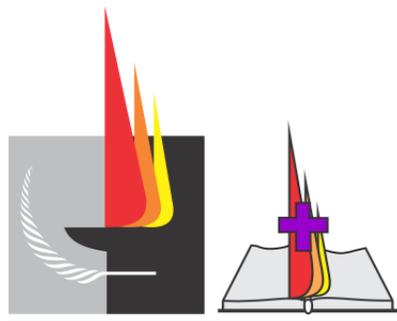
Suplementación proteica en rodeos de cría bovina

Autor:

Autor: Méed. Vet. Juan Pablo Raimondi

Noviembre 2019

**Universidad Nacional de La Pampa
Facultad de Ciencias Veterinarias**



**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN BOVINA DE CARNE
EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL**

Suplementación proteica en rodeos de cría bovina

Autor: Méed. Vet. Juan Pablo Raimondi

Noviembre 2019

Director: Dr. Guillermo H. Pechin

General Alvear

28 de noviembre de 2019

Índice

	Página
Resumen.....	5
Introducción	6
Composición nutricional de los forrajes.....	7
Limitantes nutricionales de los forrajes diferidos	11
Alternativas para mejorar la digestibilidad de los forrajes.....	15
Suplementos proteicos.....	18
Suplementación proteica	21
Efectos de la suplementación proteica sobre el desempeño reproductivo de las vacas de cría.....	23
Conclusiones.....	27
Bibliografía.....	28

Resumen

La cría bovina en los campos de las regiones semiáridas y áridas de Argentina enfrenta graves dificultades nutricionales durante los meses de invierno. Eso puede llevar a pérdidas importantes de condición corporal de las vacas, lo que podría solucionarse en parte con suplementación proteica sobre pastizales diferidos.

El Médico Veterinario debe conocer las características de los forrajes naturales, sus aportes, los requerimientos nutricionales de las distintas categorías del rodeo de cría y, de esta forma, elegir el suplemento más adecuado. Teniendo en cuenta esto describiremos la suplementación proteica, como una opción a implementar detallando sus principales características y efectos sobre los rodeos de cría bovina.

Introducción

Los rumiantes son herbívoros capaces de digerir la celulosa, hemicelulosa y pectina de las plantas gracias a la acción de la microflora ruminal. Esto le da una ventaja importante frente a animales monogástricos. La existencia de esta variada población de microorganismos en el rumen les permite, además, utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) y convertirlas en proteína microbiana.

La suplementación con proteína de alta degradabilidad ruminal y urea puede acelerar la degradación ruminal del forraje bajo en proteína y, por lo tanto, aumenta el consumo de materia seca y de energía metabolizable. (Pechin 2.018, Conceptos básicos de nutrición de rumiantes) De esta manera, la suplementación proteica puede mejorar el balance proteico y energético de las vacas gestantes, y permitirles mantener la condición corporal o atenuar su pérdida, de acuerdo a la cantidad de biomasa disponible y la proporción de pared celular potencialmente digestible. Es posible incorporar a este tipo de suplementos otro tipo de nutrientes que son deficientes en este tipo de pastos, como minerales (fósforo, calcio, magnesio) y vitaminas (retinol o su precursor, el beta caroteno).

1. Composición nutricional de los forrajes

Las pasturas sobre las cuales se realiza la producción bovina de carne presentan variaciones estacionales considerables, tanto en cantidad como en calidad. Dichas variaciones están relacionadas con la digestibilidad de la materia seca (MS) y la oferta de nutrientes (como proteínas y minerales). A continuación, en base a la bibliografía consultada (Van Soest, 1994; Jarrige et al., 1995; Dryden, 2008; Pechin, 2018), se describirán brevemente la composición nutricional y la degradación ruminal y posruminal de los principales componentes de los forrajes.

Principales componentes de los forrajes:

- Pared celular (Componentes Estructurales):
 - Celulosa
 - Hemicelulosa
 - Lignina
 - Pectina
- Componentes No Estructurales
 - Carbohidratos solubles
 - Proteínas
 - Lípidos

Celulosa

Es un polímero lineal, compuesto por unidades de glucosa unidas mediante enlaces β 1-4 glucosídicos, y puede contener de 10.000 a 25.000 unidades de glucosa. Entre 30 y 36 cadenas de glucosa se alinean en paralelo para formar microfibrillas de 5 nm de ancho. Es el principal hidrato de carbono de las plantas, ya que forma del 20 a 40 % de la MS (Cuadro 1). Tiene función estructural en los vegetales, y los espacios entre las microfibrillas, que conforman el esqueleto de la pared celular, se encuentran ocupados por hemicelulosa y pectina.

La digestión ruminal de la celulosa es producida por bacterias, protozoos y hongos anaerobios; y puede separarse en tres fases:

- 1- Desagregación e hidrólisis extracelular: estos procesos son realizados por las celulasas, que, en primer lugar, rompen los puentes de hidrógeno, y luego hidrolizan los polímeros, dando como resultado oligosacáridos de bajo PM (celodextrinas), de 3 a 7 unidades de glucosa, para que luego actúen las celodextrinasas, las cuales originan glucosa y celobiosa.
- 2- Metabolismo intracelular: la celobiosa penetra la célula y es hidrolizada a glucosa y glucosa 1P. Finalmente, la glucosa es fermentada para producir ácidos grasos volátiles, como subproductos útiles de la fermentación.

Hemicelulosa

Es un heteropolisacárido, formado por un grupo heterogéneo de monosacáridos, tales como, xilosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucurónico. La hemicelulosa va ocupando los espacios entre las microfibrillas de celulosa, y puede estar relacionada con la lignina con uniones tipo éster de los grupos fenólicos de la misma con las xilosas de la hemicelulosa.

El término hemicelulosa involucra varios tipos de sustancias, con estructuras diferentes, entre las que podemos nombrar: glucoarabinosilanos, xiloglucanos, arabinosilanos y glucomanos. La degradación de la hemicelulosa en el rumen (y en el intestino grueso, también) tiene lugar gracias a la acción de las bacterias hemicelulolíticas, los hongos anaerobios y algunos géneros de protozoos. Muchas especies de bacterias celulolíticas son también hemicelulolíticas

Pectina

Está formada por tres tipos de sustancias: homogalacturonanos, ramnogalacturonano 1 y ramnogalacturonano 2, las que se hallan en la pared celular. Se encuentra en cantidades mayores en las leguminosas, con valores que fluctúan entre el 6 y el 10 % de la MS, mientras que las gramíneas poseen concentraciones que varían, generalmente, entre 2 y 3 % de la MS. Se considera que la pectina es degradada totalmente en el rumen.

Lignina

Es un polímero formado por la condensación de distintos tipos de monolignoles, totalmente indigestible para los microorganismos ruminales. Junto con la celulosa, la hemicelulosa y la pectina, forma la pared celular de las plantas, dando redes de lignina-hidratos de carbono. La composición y distribución de estos tres componentes están ligados al tipo de planta. El efecto de la lignina sobre la digestión total de los forrajes es directo, pero además causa un efecto indirecto como consecuencia de impedimentos físicos para que las bacterias lleguen a las partes degradables de la fibra. La cantidad de lignina va a depender del tipo de forraje (Cuadro 1) y del grado de madurez de la pastura.

Cuadro 1. Concentración de pared celular, hemicelulosa, celulosa y lignina de diferentes forrajes (Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. www.produccion-animal.com.ar)

Forraje	Pared celular (%MS)	Hemicelulosa (%MS)	Celulosa (%MS)	Lignina (%MS)
Leguminosas				
Alfalfa	51	11	29	11
Trébol rojo	66	17	39	10
Gramíneas C3				
Cebadilla	64	26	32	5
Pasto ovido	55	25	25	4
Festuca	54	23	26	4
Gramíneas C4				
Cencrus	66	35	24	5
Bermuda	76	39	29	6
Pangola	68	26	33	8
Guinea	66	24	33	5

Otros carbohidratos

Algunas gramíneas templadas, almacenan **fructanos** (polímeros de fructosa) en hojas y tallos. Existen dos tipos de fructanos: levano (uniones beta 2-6) e inulina (uniones beta 2-1). En los dos, existe una molécula de glucosa por cada tres de fructosa. Los fructanos son solubles en el rumen y degradados por grupos no específicos de bacterias.

En los forrajes existen pequeñas cantidades de **monosacáridos** (glucosa, fructosa, xilosa) y **disacáridos** (sacarosa, principalmente), que pueden ser utilizados por varios tipos de bacterias.

Lípidos

Los lípidos forman entre el 1 y el 4 % de la materia seca de los alimentos vegetales. Los lípidos más importantes de los forrajes son los galactolípidos (representan cerca del 50 % de los lípidos). Existen también, otras sustancias que aparecen en el análisis de Extracto Etéreo, como fosfolípidos, ceras, cutina, clorofila y otras sustancias solubles en éter. Los triglicéridos se consideran lípidos de reserva para los vegetales y se encuentran, en mayor cantidad, en las semillas. En el rumen, los triglicéridos y los galactolípidos son hidrolizados por las bacterias ruminales. Esta lipólisis produce glicerol y galactosa, por un lado, y ácidos grasos, por el otro. El glicerol y la galactosa son fermentados por bacterias y protozoos. Los ácidos grasos de los lípidos no pueden ser oxidados en el rumen, pero sufren procesos de hidrogenación por parte de las bacterias, lo que incrementa la cantidad de ácidos grasos saturados que llegan al intestino para ser absorbidos.

Proteínas

Si bien puede haber alguna cantidad de proteína ligada a la pared celular, la mayor parte de la proteína de los forrajes se encuentra en el interior de las células vegetales y es soluble en el rumen. Los aspectos relacionados con la proteína se profundizarán más adelante.

2. Limitantes nutricionales de los forrajes diferidos

En los sistemas de cría de bovinos, los animales deben consumir forrajes diferidos durante una parte del año. Este tipo de recursos presentan limitantes importantes desde el punto de vista nutricional, a saber, baja digestibilidad (inferior al 55%), bajo contenido de proteína bruta (PB), carbohidratos solubles, beta caroteno y fósforo.

La baja digestibilidad de este tipo de alimento conspira con un consumo adecuado, lo que redundaría en bajas o nulas ganancias de peso.

En lo referente al porcentaje de PB, con niveles por debajo de 6-8% se ve comprometida la digestibilidad de las pasturas, debido al bajo aporte de proteína degradable a nivel ruminal, lo que limita el crecimiento microbiano (Del Curto et al., 2000).

Lignificación

La lignificación es el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes, pero la forma en que actúa es compleja y no está relacionada linealmente con el contenido en la MS, sobre todo cuando se consideran especies vegetales diferentes. Pero, cuando se comparan especies vegetales similares o la misma especie en distintos estados fenológicos, la digestibilidad disminuye al aumentar el grado de lignificación.

Existen distintos aspectos que ayudan a explicar el efecto de la lignina sobre la digestibilidad de los forrajes, que tienen que ver con la incrustación y el atrapamiento de los nutrientes dentro de la pared lignificada (Pechin, 2018).

a) Las uniones entre los monómeros de la lignina son indigestibles, y puede esperarse un efecto de “dilución” de los componentes digestibles de la pared celular.

b) La lignina se une covalentemente a la hemicelulosa y a la pectina, con puentes de ácido ferúlico y ácido cumárico, que involucran uniones éter y éster a xilosas y arabinosas. Este tipo de uniones no pueden ser hidrolizadas por las enzimas de los microorganismos ruminales. No se han demostrado, sin embargo, uniones químicas entre la lignina y la celulosa. (Pechin 2018)

c) Las uniones entre lignina e hidratos de carbono inhiben la acción de las enzimas a una distancia de 2 ó 3 unidades de monosacáridos de dichas uniones, es decir, ofrecen un obstáculo espacial, de manera que las enzimas hidrolíticas se ven impedidas de actuar a ese nivel.

d) La presencia de lignina disminuye la adhesión de las bacterias celulolíticas a la pared celular vegetal.

e) Algunas sustancias, por ejemplo, el ácido p-cumárico, inhiben el metabolismo de bacterias y protozoos.

En las gramíneas, la lignina se une con las cadenas laterales de la hemicelulosa mediante uniones tipo éster. Estas uniones son sensibles a los tratamientos con álcali, lo que explica la mejora en la digestibilidad cuando se realiza tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH)

. Estas uniones están ausentes en leguminosas, razón por la cual no responden con mejoras en la digestibilidad con este tipo de tratamiento (Van Soest, 1994).

Porcentaje de proteína del forraje

En el cuadro 2 puede verse como la digestibilidad del pasto llorón (*Eragrostis curvula*) disminuye al avanzar la madurez del forraje (de estado vegetativo temprano o rebrote hasta diferido en invierno). Los datos de digestibilidad refieren a la digestibilidad “*in vitro*” de la MS. La digestibilidad “*in vivo*” puede ser menor que la indicada, debido a los bajos niveles de PB, especialmente en abril y mayo.

Cuadro 2. Composición nutricional del pasto llorón, consumo de materia seca y ganancia de peso en novillos (Parsi et al., 2001).

Estado madurez del pasto llorón	Dig (%)	PB (%)	PDig (%)	CMS (kg/día)	CMSDig (kg/día)	Aumento de peso (kg/día)
Octubre	74,5	8,36	6,23	7,25	5,40	1,10
Diciembre	68,7	7,17	4,93	6,70	4,60	0,91
Febrero	63,0	5,97	3,75	5,87	3,70	0,43
Abril	57,3	4,76	2,73	5,24	3,00	0,02
Mayo	54,4	4,16	2,26	4,60	2,50	-----

Dig: Digestibilidad; PB: Protína bruta; PDig: Proteína digestible; CMS: Consumo de materia seca; CMSDig: Consumo de materia seca digestible

Minerales y vitaminas limitantes en forrajes diferido

Los macrominerales presentes en los forrajes dependen de la especie y del estado vegetativo.

Calcio

La deficiencia de calcio no es común en bovinos a pastoreo, pero las pasturas de gramíneas diferidas tienen bajos niveles del mineral. Por lo tanto, la suplementación puede recomendarse, especialmente en momentos de altas demandas, es decir, último trimestre de gestación y primera mitad de la lactancia. Hay que tener presente que los alimentos típicamente deficientes en calcio son los granos de cereales (Bavera, 2005; Suttle, 2010).

Fosforo

Este mineral está involucrado en la mayoría de los procesos metabólicos y la carencia puede provocar disminución en el crecimiento, en la capacidad reproductiva y en la producción de leche, por citar algunos parámetros productivos. Por lo general, las concentraciones de fósforo son adecuadas en forrajes en crecimiento y en granos de cereales, pero el contenido de fósforo disminuye con la madurez del forraje en mayor proporción que la de calcio (McDowell, 1992). Por otro lado, esta situación puede agravarse en el caso de gramíneas C4, que maduran más rápidamente, y, también, en zonas de nuestro país en las que el suelo tiene bajas concentraciones del mineral.

Mufarrege et al., 1985 encontraron en zonas de cría de la provincia de Corrientes que vaquillonas que pastoreaban potreros con 0.14 y 0.08% de fosforo en MS disponible la preñez variaba del 73 al 31% obteniendo los mejores resultados en las pasturas con mayor contenido fosforo. En 30 meses de ensayo, la producción fue un 62% mayor en las pasturas con más fosforo en MS.

Sodio

El contenido de sodio en los forrajes puede fluctuar entre 0,007 y 1,2 % de la MS (McDowell, 1992), pero, en la mayoría de los casos las concentraciones caen en el rango de deficientes y el agua de bebida se constituye en la principal fuente del mineral. Es por ello que la deficiencia de sodio se asocia a aguas dulces y es común en amplias zonas del país (Bavera, 2000).

Magnesio

La hipomagnesemia es una de las principales causas de muerte de vacas de cría en la República Argentina. La deficiencia de magnesio en forrajes de baja calidad es siempre primaria, ya que este tipo de alimentos es deficiente en magnesio. En forrajes verdes, generalmente, la deficiencia es secundaria, asociada al consumo de rebrotes de gramíneas ricas en potasio y proteína degradable (que genera picos de amonio a nivel ruminal). El potasio y amonio se consideran antagonistas de la absorción de magnesio en el epitelio ruminal. Otro factor de riesgo dietario es la deficiencia de sodio, típica en campos de aguas dulces, que genera un incremento de potasio en saliva, lo que amplifica el efecto del potasio dietario (Busetti y Suárez, 2001; Suttle, 2010; Pechin et al., 2011; Martens et al., 2018).

Vitamina A

La vitamina A no existe como tal en los alimentos vegetales, sino que se encuentra en forma de su precursor, el beta caroteno. Esta sustancia, luego de ser absorbida por los enterocitos, es escindida en dos moléculas de retinal por la beta caroteno dioxigenasa 1. El retinal es convertido en retinol por una enzima, la retinol reductasa. Los forrajes verdes poseen cantidades aceptables de beta carotenos, no siendo así los forrajes diferidos, los alimentos muy expuestos al aire, la luz solar o las altas temperaturas y rollos o fardos producidos en épocas de sequía. Esto explica la deficiencia de esta vitamina en animales que pastorean pasturas naturales diferidas. Las reservas hepáticas de vitamina A pueden atenuar los efectos de una deficiencia dietaria. Sobre una base práctica, pueden esperarse unos 2 a 4 meses de protección, aunque este período depende del contenido de carotenos

del forraje que estén consumiendo actualmente los animales (NRC, 1996; D'Ambrosio et al., 2011).

Vitamina E

La función de la vitamina E se relaciona con su poder antioxidante a nivel de membranas celulares, colaborando así con el funcionamiento del sistema inmune y la resistencia a enfermedades, y con la integridad de los músculos cardíaco, esquelético y liso y del sistema vascular periférico. Los forrajes verdes son ricos en vitamina E (alfatocoferol), siendo menor su concentración en forrajes maduros. Durante la henificación las pérdidas pueden llegar al 90 %. Por esta razón, se debe tener en cuenta la posibilidad de su deficiencia en animales que pastorean forrajes diferidos, ya que las reservas corporales son relativamente pequeñas (NRC, 1996; Zemleni et al., 2007).

3. Alternativas para mejorar la digestibilidad de los forrajes

Los forrajes pueden requerir algún tipo de procesamiento o tratamiento para mejorar su tasa de digestión, su ingesta diaria y la disponibilidad de nutrientes (Nicholson, 1981). Para tal fin, se han incluido tratamientos de tipo físico, mecánico, químico y microbiológico. Es importante resaltar que el alimento procesado debe competir nutricional y económicamente con los alimentos convencionales utilizados en la producción animal. En última instancia, será el costo de procesamiento lo que va a determinar que un forraje fibroso procesado sea parte de la dieta animal, ya que es un problema común que el costo de tratamiento exceda el valor del producto final (Satter, 1983).

A continuación, se describirán algunos de los tratamientos más comúnmente utilizados.

Tratamiento físico

Hay diversos métodos de procesamiento físico de los alimentos fibrosos para rumiantes. Se tratarán algunos de los más comunes, describiendo las ventajas de cada uno y su efecto sobre la digestibilidad de la materia seca. Estos son: molienda y granulación, irradiación, vapor y separación mecánica de las partes.

Molienda y granulación

Este es el método más comúnmente estudiado. La molienda aumenta la superficie de contacto al disminuir el tamaño de la partícula. Este tipo de procesamiento suele ser acompañado de granulación o pelletizado, lo cual produce una disminución del polvo y aumenta la facilidad de manejo (Minson, 1963; Moore, 1964; Beardsley, 1964; Osbourn et al., 1976).

En primer lugar, la molienda aumenta el consumo de materia seca (CMS), la ganancia de peso (GP) y la eficiencia en la alimentación. En bovinos, Minson (1963) observó que la molienda y la granulación de forraje aumentaron el CMS y la GP, siendo mejores los resultados con forrajes de menor calidad. Meyer et al. (1959) llegaron a la conclusión que si el forraje recibía una molienda fina aumentaba el consumo y la granulación mejora la aceptabilidad al reducir la cantidad de polvo.

Sin embargo, a medida que aumentan los consumos de forrajes molidos y granulados disminuye la digestibilidad de la fibra (Beardsley, 1964). Esto se puede deber a un menor tiempo del forraje en tracto gastrointestinal, sobre todo en los preestómagos. Si bien los estudios *in vitro* demuestran que la molienda aumenta la degradabilidad de la pared celular, los estudios *in vivo* demuestran lo contrario (Dehority y Johnson, 1961). Al disminuir el tamaño de las partículas de forraje, se reduce el tiempo que el animal está rumiando, lo que disminuye la producción de saliva y, por lo tanto, el efecto buffer de la misma, lo que hace bajar el pH ruminal (Moore, 1964). Como consecuencia del pH ruminal bajo y la tasa de pasaje aumentada, disminuye la fermentación de los carbohidratos de la pared ruminal.

La degradación ruminal de la proteína también puede verse deprimida debido al procesamiento del forraje, lo que aumenta el pasaje de proteína de la dieta a intestino delgado. Los motivos pueden ser variados, la disminución de hojas durante el procesamiento, la destrucción de aminoácidos por el calor generado durante la molienda y granulación y la posible formación de complejos de Maillard, lo que lleva a una disminución de la lisina degradable contenida en los forrajes (Beever et al., 1981). Sin embargo, a pesar de que la degradación de la proteína en rumen disminuye, el mayor flujo de proteínas a intestino delgado puede compensar esta disminución, siempre y cuando los

daños por calor del forraje procesado no sean excesivos. A esto debe sumarse el aumento del consumo diario del animal, lo que puede mejorar la eficacia microbiana, mientras el N degradable en rumen no sea limitante.

En conclusión, la molienda del forraje no mejora la digestibilidad de los carbohidratos estructurales por parte de los rumiantes, y los rendimientos superiores se deben al aumento de ingesta de energía. Aunque la utilización de los forrajes de baja calidad se mejora mediante trituración y granulación, el material procesado todavía tiene un contenido de Energía Neta relativamente pobre. Si se desean mejoras más importantes, a esto debemos sumar el tratamiento químico con sustancias como hidróxido de sodio, por ejemplo, lo que indica un potencial uso de tratamientos químicos y físicos combinados. (Fahey et al 1993)

Tratamiento químico

Existen diversos tipos de tratamientos químicos, los cuales producen diferentes efectos sobre la estructura y la composición de los forrajes. Los principales son los de tipo hidrolítico y oxidativo, usándose como agentes oxidativos el ozono y el SO_2 y como agentes deslignificantes, el ácido peracético y el permanganato. Entre los agentes hidrolíticos, se han utilizado NaOH, NH_3 y urea. A la hora de elegir el sustrato sobre el cual realizar el tratamiento siempre los mayores beneficios se dan sobre forrajes maduros y lignificados. No se han encontrado mejoras debidas a este tipo de tratamiento sobre los componentes solubles de la célula.

Cuando se elige el producto químico debe asegurarse que mejore la ingesta o la digestibilidad, el costo, que el producto esté disponible, que no sea tóxico para el ganado y que pueda ser manejado por el hombre sin ningún riesgo.

Los compuestos más comúnmente utilizados en el tratamiento hidrolítico son los de tipo alcalino, como el NaOH y NH_3 , los cuales producen una solubilización parcial de la hemicelulosa, lignina y sílice y una interrupción del enlace de hidrógeno intermolecular en la celulosa (Rexen y Thomsen, 1976; Jackson, 1977; Klopfenstein, 1978; Chesson, 1981). Los cambios químicos resultantes de este tratamiento indican importantes modificaciones en la pared celular y en la matriz lignina-hemicelulosa de la misma. La alteración de esta

matriz daría como resultado una reducción de la incrustación de la celulosa y un mejor acceso a los microorganismos ruminales, mejorando así la digestibilidad del forraje.

Para la utilización de NaOH se usan dos métodos, uno húmedo y otro seco. En el método húmedo, el forraje se remoja en una solución de NaOH durante 3 días y luego se lava. Esto aumenta la digestibilidad de la materia seca, pero tiene dos inconvenientes. El primero es que el agua residual contiene NaOH, que contamina el medio ambiente. El segundo problema es que hay pérdidas de materia seca (150 a 200 g por kg de MS). Los aumentos en la digestibilidad son importantes, tanto en paja de trigo como en paja de cebada (Wanapat et al., 1985).

El método seco (Rexen y Thomsen, 1976) consiste en tratar al forraje con solución de NaOH, pero no se lava antes de la alimentación. Con este proceso, los aumentos de la digestibilidad de la materia seca son algo menores que con el húmedo. Wanapat et al. (1985) compararon las variaciones de la digestibilidad de la paja de cebada con diferentes métodos. Los resultados obtenidos fueron de 52,4 %, 67,8 % y 75,7 % para el forraje no tratado, tratamiento seco y tratamiento húmedo, respectivamente. En promedio, los estudios realizados con NaOH arrojan mejoras de un 30 % en la digestibilidad de los forrajes.

Otro tratamiento utilizado es el de NH_3 . Este tiene el mismo mecanismo de acción que el NaOH, con la diferencia que son menores los aumentos de la digestibilidad. Males (1987) llegó a la conclusión que los forrajes tratados con NaOH tienen una digestibilidad 16 % más alta que las tratadas con NH_3 .

4. Suplementos proteicos

Los bovinos en pastoreo sobre forrajes de mala calidad, altos en fibra y deficientes en proteína (< 7 %), como, por ejemplo, las pasturas naturales durante los meses de invierno, suelen presentar bajas ganancias de peso, nulas o incluso perder peso durante estos meses, razón por la cual se hace necesario algún tipo de suplementación proteica durante este período. A continuación describiremos los diferentes tipos de suplementos proteicos que pueden ser utilizados en el campo.

Forrajes

Henos de alfalfa de buena calidad pueden ser utilizados como suplementación proteica, ya que poseen un valores medio de energía y niveles de proteína del orden del 16 al 18 %. El problema práctico del heno es el volumen que se debe trasladar en comparación con suplementos más concentrados en proteína y con menos fibra. Como un ejemplo de su uso, se presentan los resultados de Weder et al. (1999), quienes evaluaron el efecto del consumo de una cantidad moderada de rollo de alfalfa de alto y bajo contenido proteico sobre la digestibilidad de la FDN y el consumo de MS total (Cuadro 3).

Cuadro 3. Suplementación con heno de alfalfa de novillitos de 250 kg, que consumen un forraje de baja calidad (Weder et al., 1999).

	CONTROL	ABC	AAC
Consumo total de MS, kg/d	--	5,45 ^a	6,00 ^b
Consumo FBC, kg/d	4,61	4,07 ^a	4,87 ^b
Consumo de alfalfa, kg/d	--	1,38 ^a	1,13 ^b
Suplemento como % PV	--	0,55 ^a	0,45 ^b
Digestibilidad de la FDN	47,5	47,6 ^a	52,0 ^b

Dieta basal: heno de pradera, 6 % PB; AAC (alfalfa alta calidad: 18 % PB); ABC (alfalfa baja calidad: 15,2 % PB), FBC: Fibra baja calidad

Soja

El grano de soja tiene buenos niveles de proteína de alto valor biológico y de energía. Se han registrado efectos positivos con la suplementación de grano de soja partido y entero en animales que pastorean sobre rastrojos, aumentando el consumo de MS, lo que impactaría de forma positiva sobre el desempeño animal (Cuadro 4; Torre et al., 2003). Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se debe superar el 8 a 10% sobre el total de MS de la ración, ya que puede provocar algunos efectos negativos sobre la degradación de la fibra, debido a su elevado nivel de aceite (18 a 20 %).

Cuadro 4. Suplementación de paja de trigo con 1,4 kg de grano entero de soja por día en novillos (Torre et al., 2003).

	Sin suplemento	Con suplemento
Consumo de MS (kg/d)	4,93 ^a	7,4 ^b
Amoníaco ruminal (mg/dl)	1,45 ^a	10,0 ^b
Ácidos grasos libres en sangre (mEq/l)	0,63 ^a	0,35 ^b

Harinas proteicas

Son subproductos de la industria aceitera. En la Argentina, los más importantes son harina de soja y harina de girasol. Se los denomina concentrados proteicos, ya que tienen de 30 a 45 % de PB. Se debe tener en cuenta que este porcentaje de proteína es variable, dependiendo de la cantidad de cascara que la industria adiciona, sobre todo, en el caso del pellet de girasol. Estos subproductos tienen la ventaja que se necesita un menor volumen para llegar a los niveles de proteína deseados, lo que facilita el transporte de los mismos al campo.

Afrechillo de trigo

Es un subproducto de la industria molinera, presenta niveles marginales de proteína como para ser considerado un concentrado proteico, entre 15 y 16 %. Posee más fibra que los granos, y generalmente se comercializa como pellets.

Gluten feed

Este es un subproducto de la industrialización del maíz. Presenta 16-19 % de almidón y aceptables niveles de PB, con valores que oscilan entre el 19 y el 21 %. Tiene aceptable palatabilidad y un valor energético similar al grano de cebada. Como incluye la mayor parte de la fracción soluble del grano, tanto la proporción de proteína soluble como la proteína degradable son elevadas (50 y 75v%, respectivamente).

Nitrógeno no proteico (NNP)

Este término incluye diferentes compuestos que contienen nitrógeno, pero que estructuralmente no son polipéptidos. Entre ellos, se encuentran disponibles urea, fosfato mono y diamónico, glutamina y bicarbonato de amonio. Se describirá solamente la urea, ya

que es una fuente de NNP degradable en rumen utilizada con frecuencia en formulación de dietas para rumiantes.

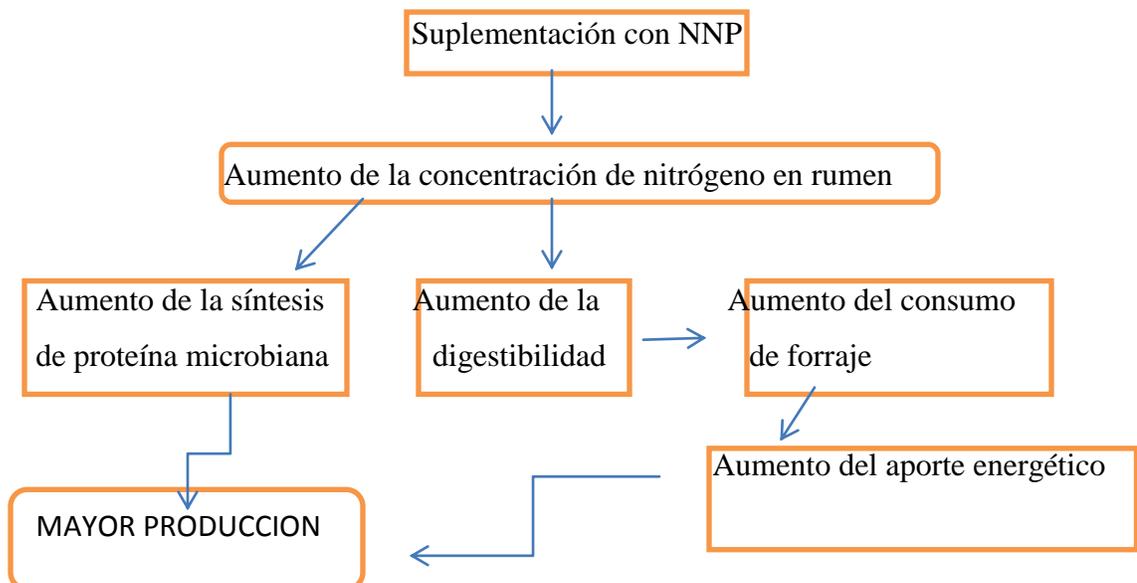
Urea

La urea es el sólido con mayor concentración de nitrógeno (N). Contiene un 45 % de N, en lugar del 16 % que tiene la mayoría de las proteínas. El porcentaje de PB es del 281 %, base MS, este surge de multiplicar el 45 % de N por el factor de corrección 6,25. Recuérdese que el contenido de MS de la urea comercial es del 99%. Esto la convierte, generalmente, en la fuente de proteína de menor costo por gramo de N suministrado. Se puede presentar como perlada, granulada o cristales, y se mezcla fácilmente con los demás ingredientes de la suplementación mineral.

La urea administrada con la ración es degradada en el rumen gracias a la acción de la ureasa producida por las bacterias ruminales, y convertida en CO_2 y 2NH_3 . El NH_3 resultante puede ser utilizado para la síntesis de aminoácidos por parte de bacterias ruminales, especialmente aquellas poblaciones que degradan la fibra.

5. Suplementación proteica

Figura 1. Esquema de utilización del NNP



Es mucha la información disponible acerca de los efectos de la suplementación proteica sobre el consumo de forrajes fibrosos y los beneficios que esta produce en el comportamiento productivo de los animales.

Como se señalara, los bovinos que pastorean forrajes de baja calidad presentan bajos consumos de materia seca, debido a los altos contenidos de fibra y la baja proporción de PB de estos forrajes. La microflora del rumen necesita que el balance nitrógeno-energía sea adecuado para que la digestión ruminal sea eficiente. Pasturas que presenten niveles de proteína por debajo del 7-8 % de PB limitarían el crecimiento de los microorganismos ruminales, la digestión de la MS y el consumo de alimento (Cochran 1995), razón por la cual se haría necesario suplementar con proteína degradable en rumen (PDR). Estos efectos se resumen en la Figura 1.

Cuadro 5. Nivel esperado de consumo de forraje de distinta calidad, con o sin suplementación, en vacas de cría (Marston et al., 1998).

Forraje de BAJA calidad	Consumo de forraje (% del PC, base MS)	
	Vaca seca	Vaca lactante
No suplementado	1,5	2,0
Con suplemento proteico	1,8 (20 % +)	2,2 (10 % +)
Con suplemento energético	1,5	2,0
Forraje de MEDIA calidad		
No suplementado	2,0	2,3
Con suplemento proteico	2,2 (10 % +)	2,5 (8,7 % +)
Con suplemento energético	2,0	2,3
Forraje de ALTA calidad		
No suplementado	2,5	2,7
Con suplemento proteico	2,5	2,7
Con suplemento energético	2,5	2,7

En el cuadro 5 puede observarse que las respuestas a la suplementación (en la variable consumo de MS) se da en forrajes de baja y media calidad. La suplementación energética sólo se recomienda cuando la disponibilidad de pasto es baja y los requerimientos son elevados (lactación, crecimiento).

Suplementación con nitrógeno no proteico

a) Adaptación

Los bovinos necesitan de dos a cuatro semanas para adaptarse totalmente a la utilización de la urea, razón por la cual el nivel de la misma debe aumentarse poco a poco. La máxima capacidad de los microorganismos se alcanza a las tres semanas de empezado el acostumbramiento, pero esta adaptación se pierde si los animales están dos o tres días sin consumir urea, siendo necesario reiniciar el acostumbramiento. (Guillermo A. Bavera 2006)

Si el proceso de adaptación no se realiza correctamente puede producirse una intoxicación al aumentar en forma repentina las concentraciones de amoníaco en sangre. Cuando el amoníaco llega al cerebro y otros tejidos nerviosos aparecen los signos clínicos, los cuales son: salivación excesiva, dificultad para respirar, incoordinación, temblores musculares, convulsiones, aliento con olor a amoníaco y, finalmente, muerte.

Esto se produce porque se supera la cantidad de NH_3 que el hígado puede transformar a urea. Con las proteínas naturales esto no sucede, ya que los microorganismos ruminales las degradan más lentamente, y la liberación de NH_3 se realiza en un lapso más prolongado.

b) Energía

La utilización de la urea será alta con dietas bajas en nitrógeno disponible, pero deben contener un adecuado nivel de energía, hidratos de carbono y minerales. Los carbohidratos utilizados deben ser altamente solubles ya que la hidrólisis de la urea es muy rápida. Para ello, se utiliza melaza o almidón. La degradación de estos carbohidratos deja disponibles los esqueletos carbonados para la formación de aminoácidos. Si esto no ocurre, los aminoácidos no pueden formarse y el NH_3 es perdido a través de las paredes del rumen. Este es el factor más importante que afecta la utilización de la urea.

Efecto de la suplementación proteica sobre el consumo de materia seca

Bajo condiciones extensivas de producción el consumo voluntario se ve afectado a medida que baja la digestibilidad y el contenido de proteína bruta (PB) de los forrajes

diferidos. Una alternativa para cubrir los requerimientos de los animales que pastorean estos forrajes podría ser transferir el volumen de pasto producido durante la época estival al invierno y, a su vez, realizar una suplementación proteica para mejorar la digestibilidad de las mismas.

La inclusión de NNP (urea), grano de soja partido (proteína), maíz o sorgo (energía), y minerales puede favorecer a los microorganismos ruminales, incrementando la digestión del forraje y el consumo de alimento. El valor recomendado de concentración de N suplementario para animales que consumen forrajes de 40-50 % de digestibilidad es del 1 % de la MS total de la dieta, oscilando este valor entre 0,8 y 1,6 % (Stritzler et al., 1983).

Existe una relación entre la suplementación nitrogenada y el consumo de energía. El aumento de la actividad microbiana incrementa la digestibilidad, la tasa de digestión y de pasaje y, por lo tanto, el consumo de MS, generando mayor cantidad de productos de fermentación ruminal, como proteína bacteriana y ácidos grasos volátiles, por unidad de MS consumida y por unidad de tiempo (Nocek y Russell, 1988).

Cuadro 6. Efecto de la suplementación de urea en novillos consumiendo pasto llorón (Marchi y Giraudó, 1973).

	Urea (g/animal/día)		
	0	25	50
Consumo (kg/MS/día)	2,9	3,02	4,22
Digestibilidad in vivo (%)	41,6	52,8	60,03

En el Cuadro 6 puede observarse un claro ejemplo de los efectos de la suplementación de urea en un forraje con muy bajo contenido de PB, en el que el aumento del consumo de MS fue del 40 %, con un aporte de 50 g de urea por animal (Marchi y Giraudó, 1973).

La urea puede suministrarse mezclada con suplementos minerales. Beguet y Provenzal (1994) encontraron un mayor consumo con suplementación mineral y urea sobre pasturas naturales diferidas de *Festuca hyeriniimii* (paja alta), *Paspalum quadrifarium* (paja del puerto) y *Stipa tenuissima* (paja blanca). La suplementación con urea y minerales puede

ser tan efectiva que, con altas cargas, puede suplantar el uso de fuego para eliminar exceso de pasto seco en campos naturales y potreros viejos de pasto llorón.

6. Efectos de la suplementación proteica sobre el desempeño reproductivo de las vacas de cría

La rentabilidad de un rodeo de cría está dada por la capacidad de las vacas para tener un ternero por año. Dicho esto, es de vital importancia mantener un estatus sanitario y nutricional adecuado y estrategias de manejo acordes a estos objetivos. Teniendo en cuenta que la época de servicio en nuestra zona es durante los meses de primavera y verano, y que gran parte de la gestación se da en el invierno (época de menor producción y calidad de MS), se deben tomar medidas que ayuden a las vacas a llegar con una condición corporal (CC) óptima al parto. Aquí puede cobrar un papel preponderante la suplementación proteica invernal.

Nutrición preparto y postparto

Está demostrado que las vacas que llegan con una condición corporal al parto de 2 o menos (Escala 1 a 5) presentan severos anestros posparto, no logrando de esta forma el objetivo de un ternero por vaca por año. La suplementación proteica invernal y un rápido diagnóstico de la CC de las vacas pueden ayudar a mantener en niveles adecuados la nutrición del rodeo. Para esto es fundamental evaluar la condición de los potreros y, a partir de esto, elegir el tipo de suplementación necesaria. Vacas que llegan con CC de 2,5 a 3 presentan un intervalo parto a primer celo de 15 a 35 % menor que vacas que llegan con CC 2 o menos (Wettemann et al., 2003). A su vez, hay mejor efecto de la nutrición preparto que la posparto, lo cual debe tenerse en cuenta al momento de decidir cuándo se debe suplementar el rodeo. Lake et al. (2004) reportaron incrementos del 39 % cuando la CC al parto aumentó de 4 a 6 (escala 1 a 9; Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la condición corporal al parto sobre la tasa de preñez (Lake et al., 2004)

CC al parto (1 a 9)	% de preñez
4	63,9
6	88,9

Estos datos destacan los beneficios potenciales de la suplementación proteica invernal sobre el desempeño reproductivo de las vacas de cría, con el objetivo de mejorar o mantener la CC al parto, cubriendo los baches nutricionales que normalmente tienen las pasturas naturales.

Una recomendación conservadora refiere a que la urea represente el 25 % de la proteína degradable a nivel ruminal cuando los suplementos proteicos se proveen diariamente, para disminuir los riesgos de intoxicación. En casos de suplementación discontinua se aconseja que la urea no represente más del 15% de la proteína degradable a nivel ruminal (Mathis et al, 2003). Existen varios trabajos que indican que la suplementación proteica discontinua puede acarrear similares beneficios que la suplementación diaria. Currier et al. (2004) utilizaron suplementación con urea con una frecuencia diaria y cada 2 días en vacas de cría que consumían paja de *Festuca trachyphylla* (4,3 % de PB) durante los últimos 70 días de gestación. Tanto la CCru, como la ganancia de peso preparto fueron similares en los dos grupos y superiores al grupo control sin suplementación. Por otro lado, algunos trabajos proponen intervalos más prolongados. Schauer et al. (2005) trabajaron con una suplementación a base de harina de algodón, a razón de 0,91 kg/día o 4,5 kg cada 6 días, en vacas durante los tres últimos meses de gestación. Las vacas consumieron pasturas naturales a base de gramíneas, con niveles de PB que fluctuaron entre 5,5 y 9,3 % de PB. El ensayo se realizó en tres años consecutivos. La ganancia de peso de fue 17 kg en el grupo control (sin suplementación), 51 kg en el grupo de suplementación diaria y 43 kg en el grupo con suplementación discontinua. La diferencia no fue estadísticamente significativa entre los dos grupos suplementados ($p = 0,14$), pero ambos difirieron con respecto al grupo control ($p < 0,01$).

En los últimos años se han comenzado a probar suplementos más complejos, con incorporación de proteína no degradable a nivel ruminal y precursores neoglucogénicos. Un

ejemplo de ello es la publicación de Mulliniks et al. (2011), que recopila trabajos realizados en el estado de Nuevo México, Estados Unidos, entre 2000 y 2007, en una zona con precipitaciones de unos 400 mm anuales, generalmente concentradas en el verano. Estos investigadores trabajaron con la categoría de vacas jóvenes (2 y 3 años de edad) y utilizaron una suplementación proteica tradicional durante 60 días antes de parto. Luego las vacas fueron divididas en tres grupos con diferentes tipos de suplementación posparto (1 kg/día), durante 90 días, con la misma cantidad de PB. El grupo PD consumió un suplemento con 67 % de proteína degradable a nivel ruminal (PDR), a base de harina de algodón y urea. El grupo PND recibió un suplemento con 51 % de PDR, en el que substituyó parte de la harina de algodón con fuentes de proteína no degradable, como harina de plumas y harina de pescado. El grupo PND-G recibió el segundo tipo de suplemento proteico con el agregado de 4,4 % de propionato de calcio. El mejor balance entre PD y PNDR y la adición de un precursor neoglucogénico del tercer grupo mejoró el porcentaje preñez y el peso de los terneros al destete, en esta categoría de vacas, que se considera la más sensible a las deficiencias nutricionales.

Conclusiones

La suplementación proteica puede ser una importante herramienta para mantener la condición corporal de las vacas de cría durante los meses de invierno y sostener un balance energético positivo a la entrada de la primavera. Para esto, se debe conocer la condición, el tipo de pastizal natural y, de esta forma, elegir el tipo de suplementación más adecuada.

Debido a que existe una gran variabilidad en las características agroecológicas y, por lo tanto del tipo pasturas presentes en los campos de cría bovina, no puede elaborarse una receta que se adecue a todos. El productor, junto con el Médico Veterinario, deberá elegir el suplemento proteico que se adapte al estado del pastizal y la cantidad a utilizar, teniendo en cuenta siempre la condición corporal del rodeo y el estado fisiológico del mismo. Es por esto que no puede generalizarse en un suplemento estándar, ya que inclusive los potreros de un mismo campo no son iguales ni los animales llegan todos los años en las mismas condiciones. Todo esto nos lleva a mantener un trabajo estable y sostenido entre productor y profesional para determinar las mejores estrategias de manejo y así mejorar los índices productivos de los rodeos de cría en la zona semiárida.

Bibliografía

Bavera , Guillermo Alejandro. (2006) Suplementación mineral y con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo.3ª ed. - Río Cuarto

Beardsley, D.W. 1964. Symposium on forage utilization: Nutritive value of forage as affected by physical form. Part II. Beef cattle and sheep studies. *Journal of Animal Science* 23: 239-245.

Beever, D. E., Osbourn, D.F.; Cammell, S.B.; Terry, R.A. 1981. The effect of grinding and pelleting on the digestion of Italian ryegrass and timothy by sheep. *British Journal of Nutrition* 46: 357-370.

Beguet, H.A.; Provenzal, P. 1994. Suplementación proteica invernal en forrajes de baja calidad. En: Suplementación de vacunos, CREA, Cuaderno de Actualización Técnica 53: 31.

Busetti, M.R.; Suárez, V.H. 2001. Factores de riesgo involucrados en el síndrome de “vacacaída” en el área del caldenal, La Pampa. INTA EEA Anguil. Boletín Técnico N° 71. Investigación en producción animal 1995-1999. Capítulo 25.

Chesson, A. 1981. Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms. *Journal of Science Food and Agriculture* 32: 745-758.

Cochran, R. C. 1995. Developing optimal supplementation programs for range livestock. pp. 58-71. In: Fifty years of Range Research Revisited. KSU Range Field Day. Oct. 27, Manhattan, KS.

Currier et al 2004, Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: I. Effects on cow performance and the efficiency of nitrogen use in wethers^{1,2}

D'Ambrosio, D.N.; Clugston, R.D.; Blaner, W.S. 2011. Vitamin A metabolism: An update. *Nutrients* 3: 63-103.

Dehority, B.A.; Johnson, R.R. 1961. Effect of particle size upon the *invitro* cellulose digestibility of forages by rumen bacteria. *Journal of Dairy Science* 44: 2242-2249.

Del Curto, T.; Hess, B.W.; Huston, J.E.; Olson, K.C. 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *Journal of Animal Science* 77 (E-Suppl), 1-16.

Dryden, G.Mc. 2008. *Animal nutrition science*. CAB International. 302 p.

Jackson, M.G. 1977. Review article: The alkali treatment of straws. *Animal Feed Science and Technology* 2: 105-130.

Jarrige, R.; Ruckebusch, Y.; Demarquilly, C.; Farce, M.-H.; Journet, M. 1995. *Nutrition des ruminants domestiques*. INRA, Paris. 921 p.

Klopfenstein, T.J. 1978. Chemical treatment of crop residues. *Journal of Animal Science* 46: 841-848.

Lake, S.L.; Hess, B.W.; Rule, D.C.; Scholljegerdes, E.J.; Nayigihugu, V.; Atkinson, R.L.; Murrieta, C.M. 2004. Effects of supplemental high-linoleate or high-oleate safflower seeds on adipose tissue fatty acids, apparent mobilization, and potential uptake and storage in postpartum cows. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science* 55: 29-35.

Males, J.R 1987. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. *Journal of Animal Science* 65: 1124-1130.

Marchi, A.; Giraud, C. G., 1973. Digestibilidad e ingesta por ganado bovino y efecto de una suplementación de urea para *Eragrostis curvula* diferido cv. Tanganica. *Revista de Investigación Agropecuaria, INTA, Serie 1 - Biología y Producción Animal*, 10: 143-151.

Martens, H.; Leonhard-Marek, S.; Röntgen, M.; Stumpff, F. 2018. Magnesium homeostasis in cattle: absorption and excretion. *Nutrition Research and Reviews* 31: 114-130.

Marston, T.T.; Blasi, D.A.; Brazle, F.K.; Kuhl, G.L. 1998. Beef cow nutrition guide. Publication C-735, April 1998, 13 p. Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Mathis, C.P.; Sawyer, J.E.; Waterman, R. 2003. Urea in range cattle supplements. New Mexico State University. Cooperative Extension Service, Circular 583. 8 p.

McDowell, L.R. 1992. Minerals in animal and human nutrition. First Edition. Academic Press. USA. 1992. 524 p.

Meyer, J.H.; Weir, W.C.; Dobie, J.B.; Hull, J.L. 1959. Influence of the method of preparation on the feeding value of alfalfa hay. *Journal of Animal Science* 18: 976-982.

Minson, D.J. 1963. The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughage. A review. *Journal of the British Grassland Society* 18: 39-44.

Moore, L.A. 1964. Symposium on forage utilization: Nutritive value of forage as affected by physical form. Part I. General principles involved with ruminants and effect of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. *Journal of Animal Science* 23: 230-238.

Mufarrege, D.J.; Somma de Feré, G.R.; Homse, A. 1985. Nutrición mineral en el ganado en la jurisdicción de la EEA INTA Mercedes (Corrientes). *Revista Argentina de Producción Animal* 4 (3): 5-7.

Mulliniks, J.T.; Cox, S.H.; Kemp, M.E.; Endecott, R.L.; Waterman, R.C; VanLeeuwen, D.M.; Torell, L.A.; Petersen, M.K. 2011. Protein and glucogenic precursor supplementation: A nutritional strategy to increase reproductive and economic output-*Journal of Animal Science* 89: 3334-3343.

Nicholson, J.W.G. 1981. Nutrition and feeding aspects of the utilization of processed lignocellulosic waste materials by animals. *Agriculture and Environment* 6: 205-228.

Nocek, J.E.; Russell, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Dairy Science* 71: 2070- 2107.

Osbourn, D.F.; Beever, D.E.; Thomson, D.J. 1976. The influence of physical processing on the intake, digestion and utilization of dried herbage. *Proceedings of the Nutrition Society* 35: 191-200.

Parsi, J.; Godio, L.; Miazzo, R.; Maffioli, R.; Echevarría, A.; Provencal, P. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. *Cursos de Producción Animal, FAV, UNRC*.

Pechin, G.H.; Cseh, S.; Kenny, O. 2011. Hipomagnesemia en vacas de cría en un campo de la zona del caldenal. *Ciencia Veterinaria* 13: 70-75.

Pechin, G.H. 2018. Conceptos básicos de nutrición de rumiantes. Publicación interna de la Cátedra de Nutrición Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam. 72 pág.

Rexen, F.; Thomsen, K.K. 1976. The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. *Animal. Feed Science and Technology* 1: 73-83.

Satter, L.D. 1983. Comparison of procedures for treating lignocellulose to improve its nutrient value. p. 213-228. *In Nuclear techniques for assessing and improving ruminant feeds*, International Atomic Energy Agency, Vienna.

Schauer, C.S.; Bohnert, D.V.; Ganskopp, D.C.; Richards, C.J.; Falck, S.J. 2005. Influence of protein supplementation frequency on cows consuming low-quality forage: Performance, grazing behavior, and variation in supplement intake. *Journal of Animal Science* 83: 1715-1725.

Stritzler N; Gallardo, M.; Gingins, M. 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Revista Argentina de Producción Animal* 3: 283-309.

Suttle, N.F. 2010. Mineral nutrition of livestock. Fourth Edition. CAB International. 587 p.

Torre, R.; Laborde, H.E.; Arelovich, H.M.; Torres, M.B. 2003. Empleo del grano de soja entero como suplemento proteico de forrajes de baja calidad. *Revista Argentina de Producción Animal* 23 (Supl. 1): 90-91.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second Edition. Cornell University Press. 476 p.

Wanapat, J.M.; Sundstol, F.; Garmo, T.H. 1985. A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. I. Digestibility and metabolizability. *Animal Feed Science and Technology* 12: 295-309.

Weder, C.E.; DelCurto, T.; Svejcar, T.; Jaeger, J.R.; Bailey, R.K. 1999. Influence of supplemental alfalfa quality on the intake, use, and subsequent performance of beef cattle consuming low quality roughages. *Journal of Animal Science* 77: 1266–1276.

Wettemann, R.P.; Lents, C.A.; Cicciooli, N.H.; White, F.J.; Rubio, I. 2003. Nutritional and suckling- mediates anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science* 81 (E. Suppl. 2): E48-E59.

Zempleni, J.; Rucker, R.B.; McCormick, D.B.; Suttie, J.W. 2007. Handbook of vitamins. Fourth Edition. CRC Press. Boca Ratón, FL, USA. 608 p.