

II. ANTECEDENTES

P. Rovira¹
S. Benítez²
F. Cunha³
G. Fernández⁴

CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTURAS NATURALES EN LA REGIÓN DE LOMADAS DEL ESTE

Las pasturas naturales de la zona de lomadas del este, en donde se realizaron los experimentos que se describen en la presente publicación, presentan una marcada estacionalidad con máximas tasas de crecimiento en primavera y verano, dependiendo de las lluvias, y mínimas en invierno. Estas pasturas muestran una predominancia de gramíneas estivales perennes (80-85%) de baja calidad que limita el potencial de producción de dichas pasturas.

La estimación de producción promedio estacional realizada en la Unidad Experimental Palo a Pique (INIA Treinta y Tres), en el transcurso de 13 años fue de 3425 ± 1055 kg MS/ha/año, correspondiendo un 35% a la producción de verano, 26% a la de otoño, 11% a la de invierno y un 28% a la de primavera (Ayala y Bermúdez, 2005). Del forraje total producido el 77% es aportado solamente por 10 especies, entre las que se pueden destacar dos especies con un aporte del 30% a dicha producción: *Paspalum notatum* (16,7%) y *Axonopus affinis* (13,5%) (Ayala y Bermúdez, 2005). También la gramilla (*Cynodon dactylon*) hace un importante aporte de forraje debido a que un área significativa de la zona de lomadas del este se destinó al cultivo de soja con prácticas de laboreo convencional en las décadas del 80 y 90 que luego derivó en tapices regenerados naturalmente sin el establecimiento de una rotación cultivo-pasturas adecuada.

En el invierno en los campos de lomadas del este es común que la oferta de forraje sea de muy baja calidad, compuesta principalmente por restos secos que se acumulan desde el verano y otoño, y que presentan una digestibilidad muy baja. Si bien la calidad de la fracción verde es mayor, su disponibilidad es totalmente limitante. Esto repercute directa y negativamente en el comportamiento animal, manifestándose importantes pérdidas de peso vivo en los animales durante los meses de invierno (Quintans *et al.*, 1994). La concentración de proteína cruda (PC) encontrada por Carrera *et al.* (1996) en la Unidad Experimental Palo a Pique (INIA Treinta y Tres) en invierno fue 10,5% en forraje verde y en forraje seco 5,5%. Valores similares de PC fueron encontrados por Gaggero *et al.* (1996) para el mismo sitio experimental. Esto estaría indicando que en caso de un predominio de la fracción seca en el campo natural se limitaría la producción animal dado el bajo valor proteico de la misma, y que en terneros el efecto negativo sería mayor, ya que aún se encuentran en crecimiento y requieren niveles proteicos adecuados para la síntesis de tejido muscular (Di Marco, 1994).

En caso de pasturas de baja calidad, los animales no consumen lo necesario como para lograr una ganancia de peso adecuada, aún teniendo acceso a disponibilidades de forraje mayores de 2000 kg MS/ha. En estas condiciones de baja calidad de las pasturas es factible incrementar la ganancia de peso de los animales por medio de la suplementación (Santini y Rearte, 1997).

¹INIA Treinta y Tres.

²Estudiante. Facultad de Veterinaria (2010).

³Estudiante. Facultad de Veterinaria (2010).

⁴Estudiante. Facultad de Veterinaria (2010).

CARACTERÍSTICAS DEL GRANO HÚMEDO DE SORGO

El grano de sorgo es un alimento energético, los cuales se definen como aquellos alimentos que contienen menos de 18% de fibra cruda y menos de 20% de PC en base seca (NRC, 2000). Se trata de un alimento que posee alto contenido de almidón y bajo en calcio y fibra cruda. En comparación con el maíz, el contenido de energía metabolizable de la mayoría de las variedades tiende a ser menor y el contenido de proteínas tiende a ser mayor (Cecava, 1995).

El almidón de los granos de sorgo es generalmente considerado como menos accesible a la degradación enzimática del animal que el de otros granos como el trigo o el maíz. La ruptura de la barrera física que recibe el grano a través del procesamiento, no solo reduce el tamaño de la partícula, sino que también incrementa la superficie de contacto disponible para la acción de los microorganismos y el ataque enzimático. Para el grano de sorgo, donde la ruptura por masticación es muy escasa (5 a 25% del grano entero, dependiendo del peso del animal), es indispensable su procesamiento para alimentar bovinos de cualquier categoría y así obtener una elevada digestibilidad (Montiel y Elizalde, 2004).

La degradación del almidón del grano de sorgo a su vez dependerá básicamente del genotipo en cuestión (Repetto y Cajarville, 2009). Las principales diferencias entre genotipos están dadas por las características del endosperma y la presencia de taninos, compuestos que disminuyen el aprovechamiento digestivo del grano de sorgo fundamentalmente al formar complejos indigestibles con proteínas y almidón. El efecto de los taninos puede verse reducido mediante la fermentación anaeróbica (ensilado) del grano o la adición de sustancias como álcalis o ácidos, tratamientos que además alterarían el endosperma aumentando la digestibilidad del almidón (Curbelo, 2010).

El sorgo para grano se puede almacenar bajo condiciones de alto contenido de humedad en un medio ácido, obtenido mediante una fermentación anaeróbica (NRC,

2000). La eficiencia alimenticia del ganado suplementado con grano húmedo de sorgo, es de 10 a 18% mayor en comparación con el ganado alimentado con grano de sorgo seco (Cecava, 1995), siempre y cuando se logre un ensilaje de buena calidad.

Los factores más importantes que afectan la calidad del proceso de ensilado son: el contenido de humedad del grano, el contenido de azúcares simples (solubles), el tipo de bacterias presentes y predominantes, la exclusión de aire y la velocidad de fermentación. La humedad de campo más buscada en el material a guardar ronda el entorno de 26 al 30%; este factor guarda estrecha relación con el nivel de acidez o pH de la reserva. El nivel de acidez es el principal responsable por la calidad y la longevidad del material guardado, teniendo un valor óptimo de 4,75 o inferior. El contenido de materia seca afecta la calidad de la fermentación, mostrando «desvíos» o procesos indeseables, los que se «leen» como nivel de N amoniacal ($N-NH_3$) desarrollado por la reserva. Los valores óptimos de $N-NH_3$ son inferiores a 5-8%; este parámetro nos indica la posible vida útil del material y la eventualidad de problemas de aceptación por parte de los animales. También el contenido de azúcares simples (solubles) es otro factor importante, ya que éstos son la fuente de energía con que las bacterias que fermentan el grano cuentan para multiplicarse y crecer, colonizar toda la masa de material guardado, fermentarlo y de esta forma alcanzar el producto final (Acosta, 2010).

El valor de fibra detergente neutro (FDN) es otro aspecto importante a considerar, ya que niveles altos de ésta reflejan un aumento del contenido de material fibroso dentro del silo, generalmente proveniente de la paja de la planta. Al incrementar la fibra en el silo de grano húmedo se incrementa el volumen total de MS del silo aunque la digestibilidad y valor energético de dicha fibra es sensiblemente menor a la energía aportada por el grano (Rovira y Velasco, 2010a).

El bajo contenido de proteína del grano húmedo de sorgo hace que no sea recomendable su utilización como único suplemento en esquemas de suplementación sobre cam-

po natural, fundamentalmente en categorías jóvenes en activo crecimiento (terneros), que presentan elevados requerimientos de proteína (Rovira y Velazco, 2010a). Esto se acentúa cuando los animales en crecimiento son manejados con una dieta base que tiene un contenido bajo de proteína como puede ser el campo natural (Santini y Rearte, 1997). En esta situación, la inclusión de fuentes proteicas de origen vegetal (soja, girasol) o de origen sintético como la urea podría ser una alternativa válida para incrementar el contenido de proteína cruda (PC) de los ensilajes de grano húmedo, sobre todo cuando se lo va a utilizar como suplemento para terneros manejados en campo natural (Rovira y Velazco, 2010b). La suplementación con pro-

teínas en este caso sería fundamental para el uso óptimo de forrajes de baja calidad (DelCurto *et al.*, 1999).

SUPLEMENTOS PROTEICOS

Independientemente de la fuente de proteína utilizada, una parte de la proteína de la dieta es degradada en el rumen liberando péptidos, aminoácidos y NH₃ (amoníaco) (Figura 1). Gran parte del NH₃ es utilizado por las bacterias del rumen para sintetizar proteína microbiana. La fracción de proteína del alimento que escapa a la degradación ruminal se denomina sobrepasante o bypass y es digerida en el intestino delgado junto a la proteína microbiana.

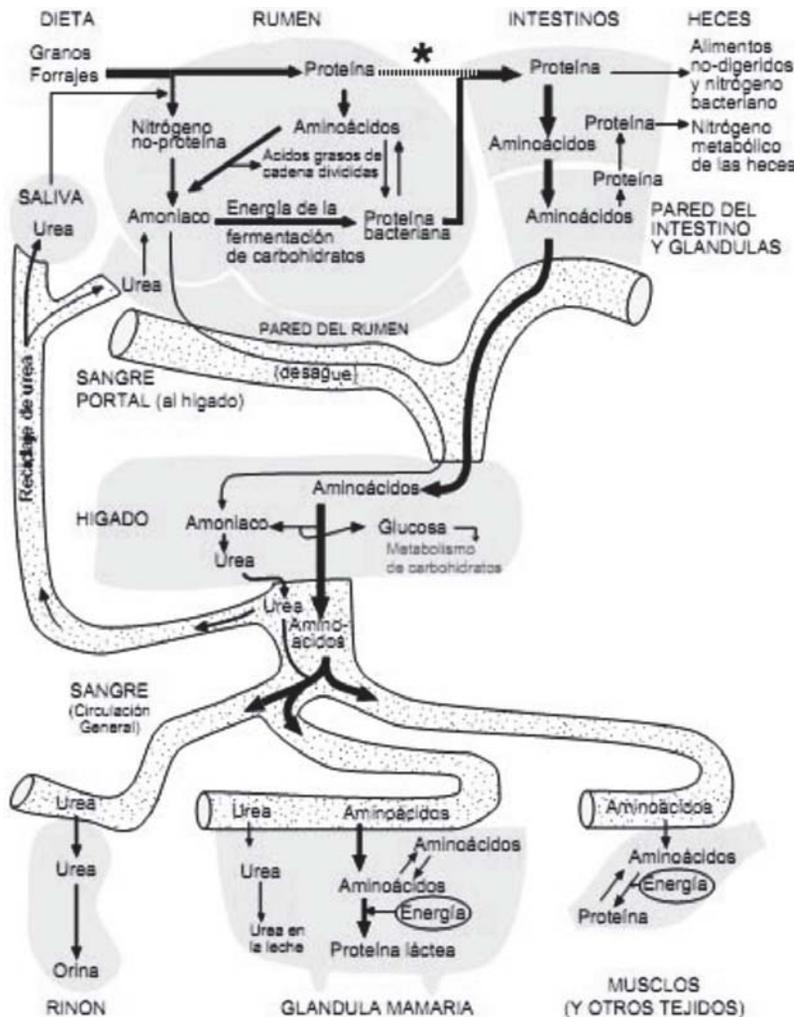


Figura 1. Metabolismo de las proteínas en los rumiantes (Wattiauz, 1994; Adaptado de Pick, 2010).

Las fuentes comerciales de suplementos proteicos de origen vegetal más usadas en el país proceden de las harinas y tortas de soja, girasol y subproductos de la industria del maíz. Dentro de las primeras, la harina de girasol es una de las más utilizadas en la alimentación animal. El contenido de proteína de este suplemento se encuentra en el entorno del 35%, y un porcentaje elevado del nitrógeno (N), más de 95%, aparece como proteína verdadera, muy digestible, que le confiere un valor biológico elevado a su proteína. Sin embargo, su alto contenido de fibra de baja digestibilidad hace que la composición química de esta harina varíe en cuanto a sus aportes de proteína y energía cuando es utilizada en combinación con otros alimentos (Cozzolino, 2000). Con respecto a la harina o expeller de soja, obtenidos de la extracción de aceite, presentan un elevado aporte energético (similar al de los cereales) y un importante contenido de PC (46 a 48%) de alto valor biológico (Repetto *et al.*, 2003). Al comparar la degradabilidad ruminal del expeller de girasol, la harina de soja aporta un mayor porcentaje de proteína sobrepasante o *bypass* debido a que la degradabilidad de la proteína en rumen se considera en torno al 66% (NRC, 2000).

Por otra parte, la fuente más importante de nitrógeno no proteico (NNP) empleada en la nutrición de rumiantes es la urea. El equivalente proteico de la urea se estima en 287%, y éste surge de multiplicar el porcentaje de N en la urea (46%) por el factor 6,25, asumiendo que las proteínas poseen 16% de N (Cozzolino, 2000). El 100% del nitrógeno de la urea se libera en forma amoniacal en el rumen, es decir no hay proteína sobrepasante o *bypass* como en las fuentes de origen vegetal. Un exceso de NH_3 ruminal, cuando se ve saturada su capacidad de utilización por las bacterias del rumen, es dirigido al hígado donde se transforma en urea para ser eliminado por la orina. Para evitar el riesgo de intoxicaciones por NH_3 , la urea no debería administrarse en cantidades mayores al 3% del concentrado (Escalona *et al.*, 2007), o no superar al 1,5% de la dieta (Repetto *et al.*, 2003), o limitar el consumo a un tercio

de la PC (Emerick, 1993). Adicionalmente, siempre que sea factible, debe consumirse en comidas reducidas y frecuentes (McDonald *et al.*, 2006).

La utilización de amonio (NH_3) por los microbios del rumen permite la utilización de los compuestos a base NNP de la dieta, tales como la urea, así como la captura de reciclado de N-urea, que de otro modo se excretaría por la orina (Broderick, 2010). Para que resulte óptima la utilización del NNP la dieta deberá contener cantidades suficientes de carbohidratos fáciles de fermentar. Si el rumen no dispone de energía suficiente para proporcionar los esqueletos de carbono necesarios para elaborar nuevos aminoácidos a partir del NNP, en el caso de tener un gran exceso de NH_3 este será absorbido hacia la corriente sanguínea, parte penetrará en la sangre periférica y puede causar intoxicación por NH_3 (Schingoethe, 1993).

Según McCollum y Horn (1990), los efectos positivos al suplementar con N a una dieta carente de él, pueden deberse, independientemente de la fuente, a una corrección de una deficiencia de N no ruminal, lo que permitiría incrementos en el flujo de N no amoniacal al duodeno, ya sea proteína microbiana o proteína vegetal no degradable en el rumen. Las proteínas microbianas son de excelente calidad con una buena composición de aminoácidos para los rumiantes y pueden ser responsables de más del 50% de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado (NRC, 2000). Las fuentes de proteína verdadera, a diferencia de la urea, permitirían además corregir la deficiencia de algún aminoácido o desbalance a nivel de tejido, lo que promovería la deposición de tejido. Dichas fuentes constituyen además una fuente energética, aportan minerales y vitaminas al intestino, por lo que se debe de tener en cuenta a la hora de formular dietas balanceadas utilizando urea como fuente de NNP (Mieres, 1997). También se ha demostrado que el crecimiento de las bacterias es más rápido cuando las fuentes de N provienen de proteínas y no de NNP (Relling y Mattioli, 2002).

RELACIÓN PROTEÍNA-ENERGÍA

La ganancia de peso de los animales depende del suministro de aminoácidos (AA) y energía a los tejidos, hasta llegar a un umbral de síntesis proteica determinado por la genética, el cual generalmente no es alcanzado por los animales en sistemas pastoriles. A su vez, el suministro de AA a los tejidos depende del contenido de proteína de la dieta, la transferencia de proteína del rumen hacia el intestino ya sea como proteína no degradable a nivel ruminal o como proteína microbiana, y de la absorción de proteína a nivel del intestino delgado (Poppi y McLennan, 1995).

En pasturas templadas de alta digestibilidad, las pérdidas de proteína o ineficiencias en el metabolismo comienzan a producirse cuando la relación proteína-energía supera el umbral de 210 g de proteína/kg energía digestible de materia orgánica. Dicho valor representa una relación proteína cruda degradable/energía disponible para los microbios del rumen de 50 o 39 g de proteína cruda/Mcal de energía metabolizable para proteínas con degradabilidad de 90 o 70%, respectivamente (Poppi y McLennan, 1995). Las pasturas «secas» con digestibilidades en el entorno de 50% y aún menores generalmente no superan dicho umbral y presentan una concentración proteica inferior a 7-8%, valor por debajo del cual se limita el consumo voluntario. La suplementación energética en pasturas de baja calidad produce una disminución en el consumo y digestibilidad del forraje (Chase y Hibberd, 1987). Sin embargo, la suplementación proteica en dicha situación estimularía el consumo de forraje (McCollum y Galyean, 1985).

Para lograr una tasa de ganancia de 0,300 kg/a/d en terneros de aproximadamente 200 kg se requiere el suministro extra de 150 g de proteína a nivel intestinal (Mbongo *et al.*, 1994). El suministro extra no sólo de proteína, sino también de energía en el rumen, es una estrategia eficaz para satisfacer las necesidades proteicas del animal estimulando la captura de nitrógeno a nivel ruminal y la síntesis de proteína microbiana que luego será absorbida a nivel

intestinal. De acuerdo a ecuaciones de la AFRC (1992) se requieren en torno de 1,2 kg de grano (ej. sorgo) para proveer los 150 g de proteína adicionales mencionados anteriormente. Dicha estrategia tiene la ventaja que suministra energía y proteína a la vez, aunque luego es difícil determinar si el incremento en la ganancia de peso se debe a la mejora de la oferta energética y/o proteica en el suplemento (Thomas *et al.* 1988).

Para ser efectivo debe haber una sincronía entre la energía y proteína. Las fuentes energéticas más utilizadas son los granos de cereales, en donde la velocidad de descomposición del almidón en el rumen puede afectar la cantidad de amonio que es capturado para la síntesis de proteína que luego será absorbida a nivel intestinal. Por ejemplo, los granos de invierno (trigo, cebada) tienen una mayor y más rápida degradación a nivel ruminal que los granos de verano (maíz, sorgo).

SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN CATEGORÍAS EN CRECIMIENTO

Dentro de los trabajos nacionales que analizaron la suplementación proteica de categorías en crecimiento sobre pasturas de baja calidad se encuentran los realizados por Ochoa y Vidal (2004) quienes utilizaron como suplemento un núcleo proteico de origen comercial con 38% de PC. Dichos autores registraron ganancias de peso vivo (PV) moderadas en terneras de destete del orden de 0,193 kg/animal/día durante el período invernal, logradas con consumos de suplemento de 0,15% del PV, presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto a los grupos testigos que no fueron suplementados (-0,032 kg/animal/día). Gómez *et al.* (1995) evaluaron el efecto de la suplementación energética, proteica y energético-proteico en terneras de destete pastoreando campo natural en su primer invierno de vida. El experimento evaluó 4 tratamientos: un lote testigo que no contó con suplementación, y 3 lotes que contaron con una fuente energética (sorgo molido), fuente proteica (expeller de girasol) o fuente energética-

proteica (afrechillo de arroz). Los suplementos fueron iso-energéticos, variando el nivel de PC (8,1% para sorgo, 14,6% para afrechillo, 32,5% para girasol). Existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el consumo de PC y la ganancia diaria promedio entre los tratamientos suplementados respecto al testigo ($p < 0,05$). Se concluyó que la suplementación invernal de terneras de destete se tradujo en performances animales superiores a las terneras sin suplementar, logrando ganancias del orden de los 0,200 kg/a/d. Utilizando niveles de suplementación del 0,7 al 1% del PV, fue posible obtener 0,200 kg/animal/día sin diferencias significativas a favor de un determinado suplemento.

Sampaio (2007) y Figueiras *et al.* (2010) evaluaron el consumo, digestibilidad y dinámica ruminal en bovinos alimentados con heno o pastura de baja calidad suplementados con nitrógeno, y reportaron que el flujo de compuestos nitrogenados microbianos al intestino delgado, así como los coeficientes de digestibilidad total de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro se relacionaron lineal y positivamente con los niveles de PC en la dieta. Los autores concluyeron que los beneficios sobre la utilización del forraje basal de baja calidad son obtenidos con suplementos que permitan elevar el tenor de PC de la dieta a niveles de por lo menos 9 a 10%.

Hennessy y Williamson (1990) evaluaron el efecto del nivel de urea en el consumo y desempeño de bovinos alimentados con heno de baja calidad. Obtuvieron ganancias de peso en todos los grupos suplementados con urea, mientras que los animales que consumieron la dieta basal (heno de baja calidad) perdieron peso. No obstante, observaron una tendencia en el ganado a tener mayores ganancias en los niveles más bajos de consumo de urea (15 y 23 g/animal/día) que los más altos (42 y 53 g/animal/día). Dixon (1999) reveló que cuando la urea se incluyó en la dieta base (paja, paja tratada con álcali y heno de leguminosas) para novillos, la concentración de NH_3 aumentó rápidamente después de comer, pero luego disminuyó rápidamente, de manera que la concentración fue inferior a 50 mg N / L du-

rante aproximadamente 12 horas cada día, lo que según el mismo autor podría afectar la digestión microbiana de los componentes fibrosos de la dieta, particularmente si los forrajes tienen bajo contenido de N, alto contenido en fibra y baja digestibilidad.

Resultados similares fueron encontrados por Kozloski *et al.* (2000), quienes evaluaron la influencia de la adición de urea en dietas aproximadamente iso-energéticas e iso-nitrogenadas sobre el lugar y la extensión de la digestión de los componentes no nitrogenados en novillos, y determinaron que la concentración de amonio ruminal aumentó por la adición de urea en la dieta, pero solamente en las tres primeras horas después de la ingestión del alimento, no siendo influenciada significativamente en los demás horarios. En el mismo estudio, dichos autores registraron que el pH aumentó linealmente con la adición de urea en la dieta en las dos primeras horas después de la ingestión del alimento, lo que podría haber favorecido la actividad inicial de bacterias celulolíticas.

Kropp *et al.* (1977) evaluaron diferentes niveles de urea y la compararon con la harina de soja en novillos consumiendo heno de baja calidad (sustituciones de 25, 50 y 75 % del N suplementado por urea), determinaron que la producción de proteína ruminal parece ser igual, independientemente de la fuente de N, sin embargo cuando se sustituyó harina de soja por urea la digestibilidad aparente de la materia seca y orgánica, al igual que el flujo de nutrientes al abomaso, se redujeron.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, Y.** 2010 Detalles de confección y su efecto sobre el valor nutricional. En: Ensilaje de grano húmedo de sorgo. INIA. Serie de Actividades de Difusión N° 604. p 1-8.
- AFRC.** 1992. Technical committee on responses to nutrients. N° 9. Nutritive requirements of ruminant animals: Protein. Nutr. Abstr. Ser. B Livest. Feeds Feeding 62:787.
- AYALA, W.; BERMÚDEZ, R.** 2005 Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. En: Gómez, R., Albicette, M. (eds). Seminario de

- Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural. INIA. Serie Técnica N° 151, p 33-39.
- BRODERICK, G.** 2010. Nuevas perspectivas en la eficiencia del uso de nitrógeno en vacas lecheras. Simposio, Claves para el Manejo Nutricional de la Vaca de Alto Potencial en el Marco de una Lechería en Expansión. Montevideo, Departamento de Educación Continua. Facultad de Veterinaria. p. 1-18.
- CARRERA, M.; GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ, D.; ROVIRA, P.** 1996. Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 121 p.
- CECAVA, M.** 1995. Concentrates for beef cattle. En: Petty, T., Cecava, M. eds. Beef Cattle Feeding and Nutrition, 2ª ed. Indiana, Academic Press. p 138-166.
- CHASE, C. C.; HIBBERD 1987, C.A.** Utilization of low-quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. J. Anim. Sci.65, 557
- COZZOLINO, D.** 2000. Características de los suplementos utilizados en el Uruguay para su empleo en alimentación animal. INIA. Serie Técnica N° 110, 16 p.
- CURBELO, A.** 2010. Ensilaje de grano de sorgo con diferente contenido en taninos: efecto sobre la composición química, degradabilidad ruminal, digestibilidad intestinal y fermentescibilidad. Tesis Magister en Ciencias Agrarias opción Ciencia Animal, Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 89 p.
- DELCURTO, T.; HESS, B.; HUSTON, J.; OLSON, K.** 1999. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. Proceedings of the American Society of Animal Science, 16 p.
- DI MARCO, O.** 1994. Crecimiento y respuesta animal. Buenos Aires, INTA EEA Balcarce, 126 p.
- DIXON, R.** 1999. Effects of addition of urea to a low nitrogen diet on the rumen digestion of a range of roughages. Australian Journal of Agricultural Research 50:1091-1098.
- EMERICK, R.** 1993. Intoxicaciones por nitrato y urea. En: Church, C. (ed). El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia, p. 553-558.
- ESCALONA, R.; RAMÍREZ, P.; BARZAGA, G.; DE LA CRUZ B.; MAURENIS, C.** 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granada. 4p.
- FIGUEIRAS, J.; DETMANN, E.; PAULINO, M.; PEREIRA, T.; VALADARES, S.; LAZZARINI, I.** 2010. Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. Revista Brasileira de Zootecnia 39(6):1303-1312.
- GAGGERO, R.; GAMBETTA, A.; LACA, L.; MATEO, A.** 1996. Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 79 p.
- GÓMEZ, F.; MASTROPIERRO, J.; ROVIRA SANZ, A.** 1995. Efecto de la suplementación energética, proteica y energético proteica en el crecimiento de terneras de destete pastoreando campo natural. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 95 p.
- HENNESSY, D.; WILLIAMSON, P.** 1990. Feed intake and liveweight of cattle on subtropical native pasture hays. I. The effect of urea. Australian Journal of Agricultural Research 41:1169-1177.
- KOZLOSKI, G.; RIBEIRO, H.; ROCHA, J.** 2000. Ureia na dieta de novilhos. Efeito sobre a digestao dos compostos nao nitrogenados. Canadian Journal of Animal Science 713-719.
- KROPP, J.; JOHNSON, R.; MALES, J.; OWENS, F.** 1977. Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: iso-nitrogenous substitution of urea for soybean meal. Journal of Animal Science 46(4):837-843.
- MBONGO, T.; POPPI, D.P.; WINTER, W.H.** 1994. The live weight gain response of cattle grazing *Setaria spacialata* pastures when supplemented with formaldehyde treated casein. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 20, 342.
- MCCOLLUM, E T.; GALYEAN, M.L.** 1985. Influence of cottonseed meal

supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *J. Anim. Sci.* 60:570.

- McCOLLUM, F.; HORN, G.** 1990. Protein supplementation of grazing livestock. A review. *The Professional Animal Scientist* 6:1-16.
- MCDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.; MORGAN, C.** 2006. Concentrados proteicos. En: McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C. *Nutrición Animal*. 6ª ed. Zaragoza, Acribia. p. 495-521.
- MIERES, J.** 1997. Tipo de suplemento y su efecto sobre el forraje. En: Martins, D.V., (ed). *Suplementación estratégica para el engorde de ganado*. INIA. Serie Técnica N° 83, p. 11-15.
- MONTIEL, M.; ELIZALDE, J.** 2004. Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal* 24:20.
- NRC.** 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. Chapter: Protein. 7ª ed, Update 2000. p. 17-21.
- OCHOA, S.; VIDAL, P.** 2004. Evaluación de la respuesta a la suplementación proteica de terneras de destete pastoreando campo natural diferido. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 95p.
- PICK, G.** 2010. Utilización de nitrógeno no proteico en recría de bovinos. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.
- POPPI, D.P.; MCLENNAN, S.R.** 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science* 73, 278-290.
- QUINTANS, G.; VAZ MARTINS, D.; CARRIQUIRY, E.** 1994. Alternativas de suplementación de vaquillonas. En: *Bovinos para Carne, Avances en la Suplementación de la Recría e Invernada Intensiva*. INIA. Actividades de Difusión N° 34. p. 22 – 27.
- RELLING, A.; MATTIOLI, G.** 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Fisiología. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Disponible en: <http://www.fcv.unlp.edu.ar/sitios-atedras/41/material/fisio.pdf>. Fecha de consulta: 14/9/2010.
- REPETTO, J.; CAJARVILLE, C.** 2009. ¿Es posible lograr la sincronización de nutrientes en sistemas pastoriles intensivos? XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, p. 60-67.
- REPETTO, J.; CAJARVILLE, C.; CURBELO, A.; SAPRIZA, D.** 2003. Suplementos. Curso a distancia sobre nutrición de rumiantes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. Módulo 4, 155 p.
- ROVIRA, P.; VELAZCO, J.** 2010a Valor nutritivo de ensilajes de sorgo de planta entera y grano húmedo en la región Este. En: *Jornada de Divulgación, Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo*. INIA. Actividades de Difusión: N° 604. p. 9-13.
- ROVIRA, P.; VELAZCO, J.** 2010b. Efecto del agregado de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo en el crecimiento de terneros suplementados sobre campo natural. En: *Jornada de Divulgación, Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo*. INIA. Actividades de Difusión: N° 604. p.14-21.
- THOMAS, C.; GIBBS, B.G.; BEEVER, D.E.; THURNHAM, B.R.** 1988. The effect of date of cut and barley substitution on gain and on the efficiency of utilization of grass silage by growing cattle. *Br.J. Nutr.* 60:297.
- SANTINI, F.; REARTE, D.** 1997. Estrategia de alimentación en invernada. En: Vaz Martins, D., (ed.). *Suplementación estratégica para el engorde de ganado*. INIA. Serie Técnica N° 83. p. 37-46.
- SAMPAIO, C.** 2007. Digestibilidad, consumo e dinámica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados. Univesidade Federal de Viçosa, Minas, Gerais, Brasil. 53 p.
- SCHINGOETHE, D.** 1993. Necesidades nutritivas de rumiantes en comparación con especies monogástricas. En: Church, C. (ed.). *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Acribia. p. 515-523.
- WATTIAUX, M.A.** 1994. Esenciales lecheras. Metabolismo de las proteínas en las vacas lecheras. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison.