

SUPLEMENTACIÓN CON PROTEÍNA NO DEGRADABLE EN RUMEN EN GANADO DE CARNE

Dr. Claudio Soto y Dra. Valeria Reinoso*. 2008. Trabajo enviado por los autores.

*Artigas, Uruguay. svet@adinet.com.uy

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Suplementación proteica y con NNP](#)

INTRODUCCIÓN

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos formados por cadenas de aminoácidos (AA) unidos por enlaces peptídicos. Los diferentes AA (metionina, lisina, triptófano, etc.) y no la proteína en si misma son requeridos como nutrientes por el animal (NRC 1996, 2001).

La proteína de la dieta usualmente se expresa como *Proteína Bruta* (PB), la cual es definida como el contenido de nitrógeno (N) de los alimentos multiplicado por el factor 6.25, ya que se asume que en promedio el contenido de N de las proteínas de los alimentos es de 16%.

El término PB engloba tanto a las proteínas verdaderas (cadenas de AA unidas por enlaces peptídicos) como al *Nitrógeno No Proteico* (NNP) (compuestos nitrogenados que no son proteínas verdaderas, ej. AA libres, ácidos nucleicos, amoníaco, urea, etc.). Una parte de la PB de los alimentos que incluye a la totalidad del NNP y a una parte variable de la proteína verdadera es degradada en rumen y se denomina *Proteína Degradable en Rumen* (PDR), mientras que la proteína verdadera restante que escapa a la digestión ruminal se denomina *Proteína No Degradable en Rumen* (PNDR) o proteína de by-pass (NRC 1985).

La PDR es hidrolizada en el rumen hasta amoníaco (NH₃), AA y péptidos y sirve como fuente de N para la síntesis de proteína por parte de los microorganismos ruminales (NRC 1985) en un proceso que requiere cierta cantidad de energía fermentecible en rumen por unidad de proteína microbiana sintetizada (Nocek y Russell 1988).

La *proteína microbiana* (PBM) sintetizada en rumen y la PNDR de la dieta pasan al abomaso donde posteriormente son digeridas y absorbidas como AA en el intestino delgado, sirviendo así de fuente de AA para el rumiante (NRC 1985).

El término *Proteína Metabolizable* (PM) se emplea para designar la proteína verdadera que es digerida post-ruminalmente y es absorbida como AA en el intestino delgado, está compuesta por las porciones digestibles de la PBM y de la PNDR de la dieta. Actualmente los requerimientos proteicos de los rumiantes se expresan en PM (NRC 1996, 2001; AFRC 1993).

Un déficit de PDR en la dieta limita el crecimiento y la actividad de los microorganismos del rumen, reduce la síntesis de PBM y en consecuencia reduce el aporte de PM para el animal. La suplementación con PDR solo se justifica cuando el aporte de proteína de la dieta es insuficiente para los microorganismos del rumen (Soto y Reinoso 2007).

Una deficiencia de PM en los rumiantes reduce el consumo de alimentos, la producción y la eficiencia de conversión (Ellis y col. 2000, Leng 1990, Leng y col. 1993). La suplementación con PNDR está indicada cuando el aporte de PBM y PNDR de la dieta no logran cubrir los requerimientos de PM del animal.

En general la mayoría de los forrajes, granos de cereales y harinas de semillas de oleaginosas (ej. soja, girasol, etc.) aportan cantidades relativamente pequeñas de PNDR. Algunos tratamientos (ej. calor, formaldehído, etc.) permiten aumentar la proporción de la proteína que no se degrada en rumen, sin embargo, si el tratamiento es excesivo puede reducir la digestibilidad intestinal de la proteína y en consecuencia la disponibilidad de aminoácidos para el animal (Merchen y col. 1997). La presencia natural de ciertos compuestos (ej. taninos) en algunos forrajes (ej. lotus) reduce la degradabilidad ruminal de las proteínas e incrementa el aporte de aminoácidos para el animal (Broderick 1995).

Las harinas de origen animal (ej. harina de pescado, carne, sangre, etc.) y algunos otros alimentos (ej. gluten meal, harina de soja tratada con calor, caseína tratada con formaldehído, etc.) son buenas fuentes de PNDR (NRC 1996).

SUPLEMENTACIÓN CON PNDR EN ANIMALES ALIMENTADOS CON PASTURAS DE ALTA CALIDAD

Las pasturas templadas (ej. trébol blanco, alfalfa, avena, trigo, raigrás, etc.) de alta calidad se caracterizan por poseer alto contenido en PB y alta digestibilidad y suelen ser consideradas forrajes cuyo contenido en proteína no sería limitante para la performance animal, incluso para animales de alta producción. Sin embargo gran parte de la PB de este tipo de forraje se degrada muy rápidamente en rumen (Repetto y col. 2005) y puede perderse como

amoníaco debido a la baja síntesis de proteína microbiana como consecuencia de la escases relativa de energía fermentecible en rumen (carbohidratos solubles) que presentan, y en consecuencia el aporte de PM del forraje puede ser insuficiente para el animal (Poppi y McLennan 1995; Elizalde y Santini 1992; Merchen y col. 1997). Además como este tipo de forraje presenta una alta degradabilidad ruminal aporta muy baja cantidad de PNDR (Repetto y col. 2005) lo cual contribuye al bajo aporte de PM para el animal. Poppi y McLennan (1995) encontraron que en general las pasturas con relación PB:DMO mayor a 21% (ej. verdes de invierno en estado vegetativo) eran excesivas en PDR en relación a la energía fermentecible en rumen que poseían y en consecuencia gran parte de la PB se perdía como NH₃ sin que aumentase el aporte de PM para el animal.

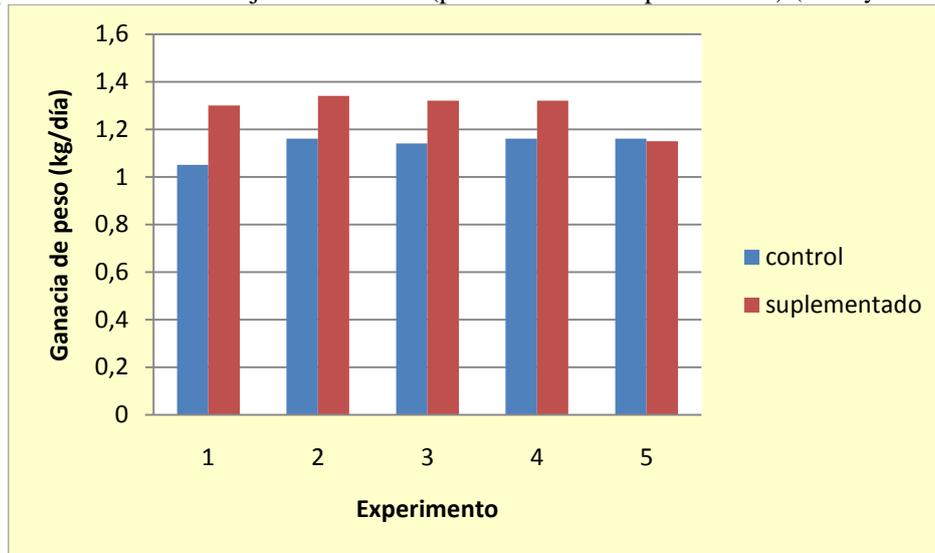
Esta deficiencia relativa de PM que presentan los forrajes templados de alta calidad, tanto frescos (Poppi y McLennan 1995) como ensilados (Jarrigue y col. 1982; AFRC 1993; Broderick 1995) limita la performance animal. En una serie de experimentos se demostró que más que una deficiencia de PM en general, serían algunos aminoácidos específicos los limitantes para el crecimiento de animales de alta producción (Poppi y McLennan 1995, Merchen y Titgemeyer 1992).

La mejor performance que presentan los animales alimentados con pasturas templadas de alta calidad se debe principalmente al alto consumo voluntario que se logra con este tipo de forraje más que por el alto contenido de PB del mismo (Poppi y McLennan 1995). En el Cuadro 1 se puede apreciar como el modelo del NRC (1996) predice que el heno de alfalfa en estado vegetativo temprano a pesar de tener un 80% más de PB que el heno de alfalfa en floración plena aportaría tan solo 14% más de PM, debido al gran desperdicio de PDR que presenta (49.8% de la PB) como consecuencia del déficit relativo de energía fermentecible en rumen que posee, presentando ambos forrajes similar relación PM:EM. La suplementación con PNDR aumenta el aporte de PM de la dieta y la relación PM:EM, y en consecuencia mejora la performance de los animales alimentados con este tipo de forraje (Poppi y McLennan 1995; AFRC 1993; Titgemeyer y Loest 2001). En realidad este tipo de forraje respondería favorablemente a cualquier suplementación correctiva que eleve el aporte de PM para el animal, ya sea suplementos energéticos ricos en Carbohidratos No Estructurales (CNE) (Figura 1) (Titgemeyer y Loest 2001; Horn y col. 2005) que capturan el exceso de PDR y aumentan el aporte de proteína microbiana o suplementos ricos en PNDR que aportan directamente gran cantidad de aminoácidos absorbibles (Poppi y McLennan 1995; Titgemeyer y Loest 2001).

Cuadro 1.- Predicción del modelo del NRC (1996) sobre el aporte de proteína metabolizable de dos forrajes contrastantes en su contenido en proteína bruta.

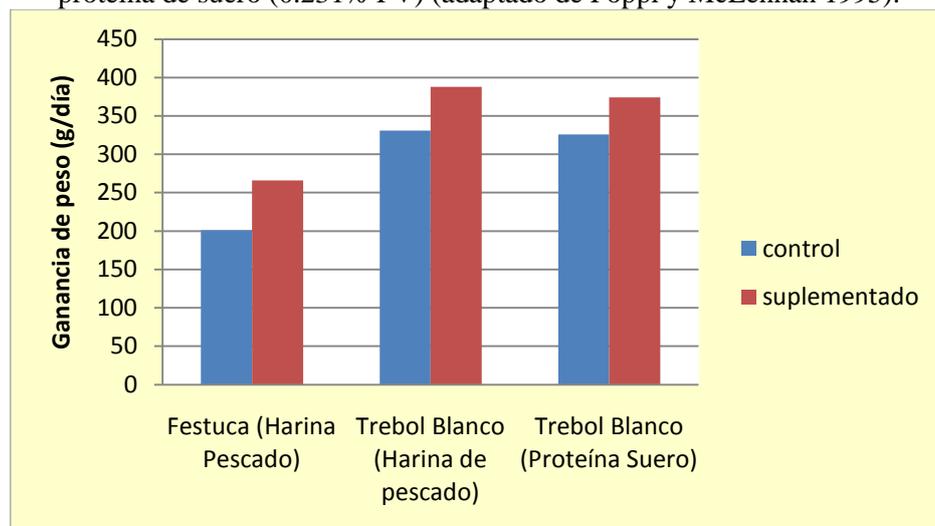
	Heno alfalfa estado vegetativo temprano	Heno alfalfa floración plena	Diferencia (%)
NDT (g/kg MS)	670	560	20
PB (g/kg MS)	234	130	80
Degr. PB (%)	87	77	---
PDR (g/kg MS) = (PB * Degr)	203,6	100,1	103
PNDR (g/kg MS) = (PB * (1 - Degr))	30,4	29,9	2
PBM (g/kg MS) = (NDT * 0.13)	87,1	72,8	20
PM (g/kg MS) = (PBM * 0.64 + PNDR * 0.8)	80,1	70,5	14
Desperdicio PDR (g/kg MS) = (PDR - PBM)	116,5	27,3	327
Desperdicio PDR (% PB)	49,8	21,0	---
Desperdicio PDR (% PDR)	57,2	27,3	---
EM (Mcal/kg MS)	2,42	2,02	20
Relación PM:EM (g/Mcal)	33,1	34,9	-5

Figura 1.- Respuesta a la suplementación a bajo nivel (0.28 a 0.38% PV) con concentrados energéticos de novillos pastoreando verdes de invierno de alta calidad (excesivos en proteína degradable en rumen) con disponibilidades de forraje no limitante (promedio de 5 experimentos) (Horn y col. 2005).



La suplementación a bajo nivel con PNDR (ej. harina de pescado, harina de sangre, caseína tratada con formaldehído, harina de soja tratada con calor, etc.) puede aumentar el aporte de PM y mejorar la ganancia de peso vivo de animales pastoreando forrajes de alta calidad y alta disponibilidad (Figura 2, Cuadro 2) (Poppi y McLennan 1995; Titgemeyer y Loest 2001) debido a un aumento en el consumo de forraje (Figura 3) (Donalson y col. 1991) y a un incremento en la eficiencia de utilización de la energía de la dieta como consecuencia de la señal metabólica que crearía la mejora en la relación PM:EM absorbida por el animal (Leng 1990; Leng y col. 1993; Ellis y col. 2000). En cambio niveles elevados de suplementación con PNDR pueden no mejorar o reducir la ganancia de peso vivo (Figura 4) (Mbongo y col. 1994) probablemente debido a los cambios endocrinos y metabólicos que ocasiona el exceso de proteína en la dieta (intoxicación subclínica por amoníaco) (Fernandez y col. 1988, 1990; Parker y col. 1995). Con pasturas de alta calidad y alto contenido en PB, la suplementación con PNDR en algunos casos produjo similar o mejor respuesta que la suplementación con concentrados energéticos (Titgemeyer y Loest 2001, Horn y col. 2005).

Figura 2: Ganancia diaria de peso vivo de corderos pastoreando festuca (20% PB) o trébol blanco (30% PB) de alta calidad suplementados con harina de pescado (0.325% PV) o con infusión intra-abomasal de proteína de suero (0.231% PV) (adaptado de Poppi y McLennan 1995).



Cuadro 2: Respuesta a la suplementación con PNDR en vacunos en crecimiento a pastoreo (adaptado de Titgemeyer y Loest 2001).

Gramíneas estivales de mediana a alta calidad				
Referencia	Pastura	GDPV (kg/día) Control	GDPV (kg/día) Supl. PNDR	Respuesta a la supl. (kg/día)
Hafley y col. (1993)	Pastura nativa	0,91	1,01	0,100
Karges y col. (1992)	Pastura nativa	1,02	1,11	0,090
Rogers y col. (1996)	Pasto bermuda	0,85	No Respuesta	----
Grigsby y col. (1989)	Pasto bermuda	0,50	No Respuesta	----
Pate y col. (1995)	Paspalum notatum	0,05	0,22	0,170
Pasturas invernales de alta calidad				
Referencia	Pastura	GDPV (kg/día) Control	GDPV (kg/día) Supl. PNDR	Respuesta a la supl. (kg/día)
Anderson y col. (1988)	Bromus inermis	0,91	1,03	0,120
Goedeken y col. (1987)	Bromus inermis	0,72	0,83	0,110
Anderson y col. (1987)	Trigo	0,91	1,03	0,120
McCann y col. (1991)	Trigo-Raigras	1,47	1,61	0,140
Horn y col. (1989)	Trigo	----	No Respuesta	----
Smith y col. (1990)	Trigo	----	No Respuesta	----

Figura 3.- Efecto de la suplementación con PNDR sobre el consumo de forraje de novillos (300 kg PV) pastoreando un verdeo de raigrás anual de alta calidad (27.4 a 29.7% PB) (Donalson y col. 1991).

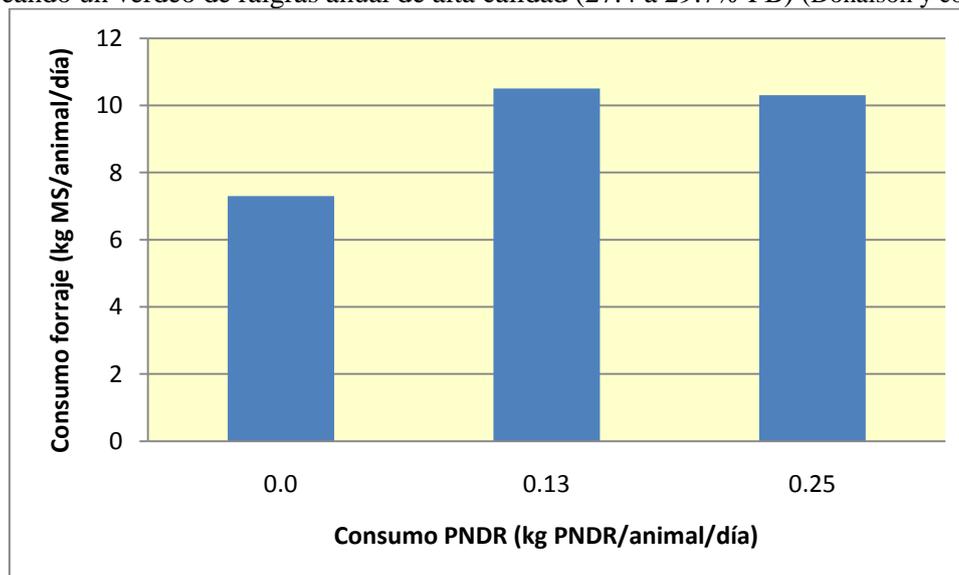
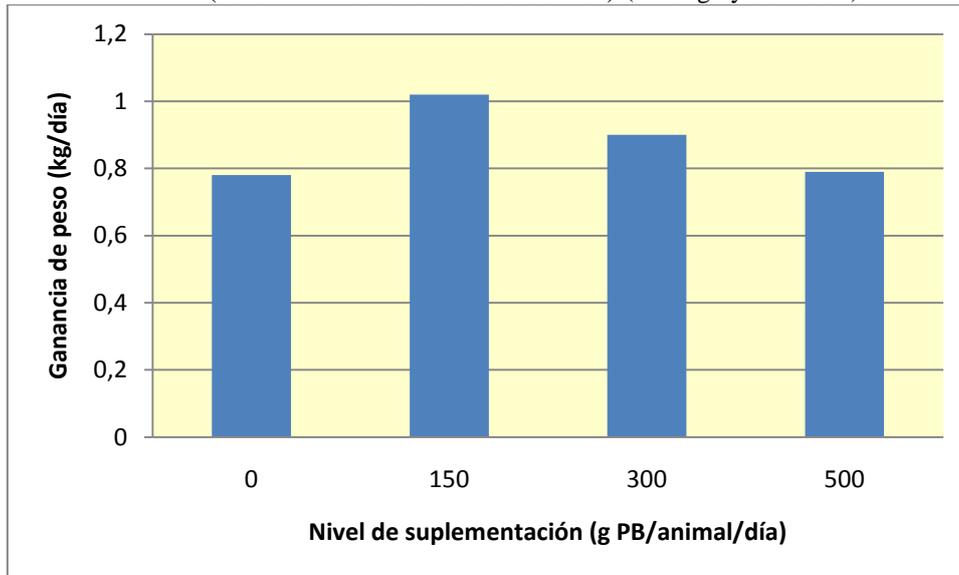


Figura 4: Relación entre la ganancia de peso vivo de novillos (272 kg PV) pastoreando una pastura de setaria (3.6 ton. hoja verde/ha, 12% PB en la extrusa) y niveles incrementales de suplementación con PNDR (caseína tratada con formaldehído) (Mbongo y col. 1994).



SUPLEMENTACIÓN CON PNDR EN ANIMALES ALIMENTADOS CON ENSILADOS DE PASTURAS DE ALTA CALIDAD

El proceso de fermentación del silo puede alterar el valor nutritivo del forraje y acentuar el desbalance de las pasturas. Los ensilajes de gramíneas y leguminosas, con respecto al material fresco, presentan mayor proporción de PDR (especialmente de la fracción NNP) por la mayor proteólisis, y menor cantidad de energía fermentecible en rumen por la transformación de parte de los carbohidratos solubles en AGV y ácido láctico durante el proceso de fermentación del silo, lo cual lleva a una mayor pérdida en el rumen de la PB como NH_3 y a un bajo aporte de PM para el animal (Jarrigue y col. 1982; Broderick 1995). La suplementación con PNDR generalmente mejora en forma consistente la ganancia de peso vivo de animales alimentados con ensilajes de pasturas como dieta base (Hussein y Jordan 1991; AFRC 1993; Titgemeyer y Loest 2001).

SUPLEMENTACIÓN CON PNDR EN ANIMALES ALIMENTADOS CON FORRAJES DE BAJA CALIDAD

Los forrajes de baja calidad, altos en fibra y deficientes en proteína (ej. pajas de cereales, rastrojos, etc.) se degradan muy lentamente y permanecen mucho tiempo retenidos en rumen lo cual lleva a un muy bajo consumo de este tipo de alimento (McCullum y Galyean 1985; Koster y col. 1996). La suplementación con PDR aumenta la disponibilidad de N para los microorganismos del rumen lo cual estimula el crecimiento y la actividad microbiana (producción de PBM), aumenta la velocidad de digestión del forraje y de vaciado ruminal, mejora la relación PM:EM absorbida y finalmente aumenta el consumo de forraje, mejorando así sensiblemente el aporte de nutrientes para el animal (Cochran y col. 1998; DelCurto y col. 2000).

Con forrajes de baja calidad la suplementación con PNDR ejerce un efecto similar sobre el consumo y la digestión del forraje que la suplementación con PDR (Egan 1980; Leng 1990; Wickersham y col. 2004).

La suplementación con PNDR estimula la actividad microbiana del rumen, aumenta la velocidad de digestión de la fibra y la velocidad de vaciado ruminal, y finalmente el consumo de forraje (Egan 1980; Leng 1990; Wickersham y col. 2004) debido a que aporta directamente aminoácidos absorbibles (proteína metabolizable) para el animal e indirectamente mejora la disponibilidad de N para los microorganismos del rumen a través del reciclado de N desde la sangre y la saliva hacia el rumen (Wickersham y col. 2004). Sin embargo, la suplementación con PNDR ha sido menos eficiente en estimular el consumo de forrajes de baja calidad que la suplementación con PDR, a un nivel similar de suplementación, el consumo total de MOD (forraje + suplemento) fue un 15% menor con PNDR que con PDR (Bandyk y col. 2001; Wickersham y col. 2004).

RELACIÓN ENTRE EL APORTE DE PROTEÍNA METABOLIZABLE Y EL CONSUMO VOLUNTARIO DE FORRAJE EN RUMIANTES

La regulación del consumo voluntario de alimentos en rumiantes ha sido desde hace muchos años motivo de gran interés por los investigadores de prácticamente todo el mundo (Forbes 1995). Investigaciones recientes han sugerido que tanto el consumo voluntario de forrajes de alta como de baja calidad se encontraría fuertemente asociado al flujo de PM que llega al duodeno (Egan 1980; Leng 1990; Leng y col. 1993; Ellis y col. 2000), Ellis y

col. (2000) encontraron que en dietas a base de forraje el consumo total de MOD está linealmente relacionado al consumo total de PM.

Ellis y col. (2000) sugirieron que la capacidad de llenado del rumen y la velocidad de vaciado del mismo estarían regulados metabólicamente por el aporte de aminoácidos al animal y encontraron que el aumento en el flujo de PM al duodeno aumenta la velocidad de vaciado (en forrajes de alta calidad) y el umbral de llenado ruminal (en forrajes de baja calidad) lo cual lleva a un aumento en el consumo de alimentos.

El aumento en el flujo de PM al duodeno mejora la relación PM:EM absorbida por el animal, lo cual crearía una señal metabólica (aumento en la utilización del ácido acético por los tejidos) que estimularía el consumo de alimentos (Leng 1990; Leng y col. 1993).

En más del 85% de los ensayos de alimentación en los que la suplementación con proteína aumentó la ganancia diaria de peso vivo, también se incrementó el consumo de alimentos (Owens y Zinn 1988).

ORIGEN DE LA FUENTE DE PROTEÍNA NO DEGRADABLE EN RUMEN DEL SUPLEMENTO

Los suplementos proteicos de origen vegetal raramente superan el 50% de PB, por lo tanto aportan una considerable cantidad de energía en forma de carbohidratos.

La suplementación con PNDR en base a suplementos cuya fuente de energía provenga principalmente a partir de carbohidratos (ej. harina de semilla de algodón) puede no ocasionar respuesta favorable posiblemente debido al efecto de sustitución (depresión en el consumo de forraje) consecuencia de los efectos asociativos negativos entre los Carbohidratos No Estructurales (CNE) del suplemento y los compuestos del forraje, lo cual ocurre generalmente cuando el consumo y la digestibilidad de la dieta base es alta (Poppi y McLennan 1995). La suplementación con PNDR en base a suplementos cuya fuente de energía principal sean las proteínas (ej. harina de pescado) es de esperar que ocasionen una menor sustitución y una mejor respuesta a la suplementación que los suplementos cuya fuente principal de energía provenga de compuestos no proteicos (Poppi y McLennan 1995).

La harina de pescado es una buena fuente de PNDR para el ganado (Hussein y Jordan 1991), resultados de muchos experimentos arrojaron que la suplementación con harina de pescado en animales en crecimiento alimentados con ensilajes de pasturas como dieta base mejoraba la ganancia diaria de peso vivo sobre los animales control en 100 a 250 g/día (AFRC 1993).

Otra alternativa posible es suplementar directamente con AA específicos (ej. metionina, lisina, etc.). En ganado de carne la suplementación con AA protegidos (AA que escapan a la degradación en el rumen) han dado resultados poco satisfactorios (Merchen y Titgemeyer 1992). En general brindan mejor respuesta a la suplementación cuando se suministra una combinación de AA en vez de uno o dos AA específicos (Poppi y McLennan 1995, Merchen y Titgemeyer 1992) siendo necesario además niveles relativamente altos de suplementación (ej. 5 a 10 g de cada AA por día cada 100 kg PV del animal; Poppi y McLennan 1995).

En Uruguay, así como en muchos otros países por el riesgo de la introducción de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (Vaca Loca) está prohibida la alimentación de rumiantes con productos y subproductos de origen animal.

Cuadro 3.- Aporte de PNDR de algunos suplementos proteicos (NRC 1996).

Suplementos proteicos de origen vegetal					
Fuente	CNE (%MS)	PB (%MS)	PDR (g/Kg MS)	PNDR (g/Kg MS)	Relación PDR:PNDR
Harina de soja	28,90	49,9	324	175	1,85
Harina de girasol	25,17	25,9	207	52	3,98
Harina de semilla de algodón	20,40	44,0	251	189	1,33
Corn gluten meal	15,95	46,8	178	290	0,61
Suplementos proteicos de origen animal					
Fuente	Carbohidratos totales (%MS)	PB (%MS)	PDR (g/Kg MS)	PNDR (g/Kg MS)	Relación PDR:PNDR
Harina de pescado	0,80	67,9	272	407	0,67
Harina de sangre	1,89	93,8	234	704	0,33
Harina de carne	9,50	58,2	262	320	0,82
Harina de plumas	3,49	85,8	257	601	0,43

CONCLUSIÓN

La suplementación con PNDR en algunos casos mejoró la ganancia de peso vivo del ganado de carne a pastoreo, aunque en magnitudes variables (de 90 a 170 g/día sobre el grupo control). **Las fuentes de PNDR de origen animal (ej. harina de pescado) generalmente brindan mejor respuesta que las fuentes de origen vegetal.** Los suplementos proteicos de origen vegetal mas frecuentemente utilizados en nuestro medio como las harinas de soja, girasol, etc. si bien aportan cierta cantidad de PNDR la mayor parte de la PB la entregan en forma de PDR, lo cual puede agravar el exceso de PDR que presentan las pasturas templadas del alta calidad y los ensilajes de este tipo de forraje y suelen no incrementar el flujo de PM al duodeno. **El éxito de la suplementación con PNDR dependerá de la capacidad de lograr a través del suplemento un incremento efectivo en el aporte de PM para el animal.**

BIBLIOGRAFÍA

1. AFRC. (1993): Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. Editorial Acribia, Zaragoza, España, p. 175.
2. Bandyk, C., Cochran, R., Wickersham, T., Titgemeyer, E., Farmer, C., Higgins, J. (2001): Effect of ruminal versus post-ruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. *J. Anim. Sci.* 79:225–231.
3. Broderick, G. (1995): Desirable characteristics of forage legumes for improving protein utilization in ruminant. *J. Anim. Sci.* 73:2760-2773.
4. Cochran, R; Koster, H; Olson, K; Heldt, J; Mathis, C; Woods, B. (1998): Supplemental protein sources for grazing beef cattle, Proc. 9th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville.
5. DelCurto, T; Hess, B; Huston, J; Olson, K. (2000): Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States, Proc. of Am. Soc. of Anim. Sci. 1999.
6. Donaldson, R.; McCann, M.; Amos, H.; Hoveland C. (1991): Protein and fiber digestion by steers grazing winter annuals and supplemented with ruminal escape protein. *J. Anim. Sci.* 69:3067-3071.
7. Egan, A. (1980): Host animal rumen relationships. *Proc. Nutr. Soc.* 39:79-87.
8. Elizalde, J.; Santini, F. (1992): Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos en el periodo otoño-invierno. INTA Balcarce, Boletín Técnico N° 104, p. 27.
9. Ellis, W.; Poppi, D.; Matis, J. (2000): Feed intake in ruminants: kinetic aspects. *En: J. P. F. D'Mello (Editor): Farm Animal Metabolism and Nutrition*, CAB International, Wallingford, pp. 335-363.
10. Fernandez, J.; Croom, W.; Johnson, A.; Jaquette, R.; Edens, F. (1988): Subclinical ammonia toxicity in steers: Effects on blood metabolite and regulatory hormone concentrations. *J. Anim. Sci.* 66:3259-3266.
11. Fernandez, J.; Croom, W.; Tate, L.; Johnson, A. (1990): Subclinical ammonia toxicity in steers: Effects on hepatic and portal-drained visceral flux metabolites and regulatory hormones. *J. Anim. Sci.* 68:1726-1742.
12. Forbes, J. M. (1995): Voluntary food intake and diet selection in farm animals. CAB International, Wallingford, UK, pp 532.
13. Horn, G.; Beck, P.; Andrae, J.; Paisley, S. (2005): Designing supplements for stocker cattle grazing wheat pasture. *J. Anim. Sci.* 83 (E. Suppl.):E69–E78.
14. Hussein, H.; Jordan, R. (1991): Fish meal as protein supplement in ruminant diets: A review. *J. Anim. Sci.* 69:2147-2156.
15. Jarrigue, R.; Demarquilly, C.; Dulphy, J. (1982): Forage conservation. *En: J. B. Hacker (Editor): Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, pp. 363-387.
16. Koster, H; Cochran, R; Titgemeyer, E; Vanzant, E; Abdelgadir, I; St-Jean, G. (1996): Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *J. Anim. Sci.* 74:2473 – 2481.
17. Leng, R. ; Jessop, N.; Kanjanapruthipong, J. (1993): Control of feed intake and the efficiency of utilisation of feed by ruminants. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, 12:70 – 88.
18. Leng, R. A. (1990): Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277-303.
19. Mbongo, T.; Poppi, D.; Winter, W. (1994): The live weight gain response of cattle grazing *Setaria spacelata* pastures when supplemented with formaldehyde treated casein. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 1994 Vol. 20
20. McCollum, F; Galyean, M. (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 – 577.
21. Merchen, N., Titgemeyer, E. (1992): Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70:3238–3247.
22. Merchen, N.; Elizalde, J.; Drackley, J. (1997): Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* 75:2223–2234.
23. Nocek, J.; Russell, J. (1988): Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:2070–2107.
24. NRC (1985): Ruminant nitrogen usage. National Academy Press, 138 p.
25. NRC (1996): Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised Edition, National Academy Press, 242 p.
26. NRC (2001): Nutrient requirements of dairy cattle, 7th. Revised edition, National Academy Press, 408 p.
27. Owens, F.; Zinn, R. (1988): Metabolismo de las proteínas en los rumiantes. *En: D. C. Church (Editor): El Rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición*, Ed. Acribia S.A., pp. 255-281.

28. Parker, D.; Lomax, M.; Seal, C.; Wilton, J. (1995): Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. *Proc. Nutr. Soc.* 54:549-563.
29. Poppi, D. y McLennan, S. (1995): Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278-290.
30. Repetto, J.; Cajarville, C.; D'Alessandro, J.; Curbelo, A.; Soto, C.; Garín, D. (2005): Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Anim. Res.* 54:73-80
31. Soto, C.; Reinoso, V. (2007): Suplementación proteica en ganado de carne. *Veterinaria (Montevideo)* 42 (167):27-34.
32. Titgemeyer, E.; Loest, C. (2001): Amino acid nutrition: Demand and supply in forage-fed ruminants. *J. Anim. Sci.* 79 (E. Suppl.):E180-E189.
33. Wickersham, T.; Cochran, R.; Titgemeyer, E.; Farmer, C.; Klevesahl, E.; Arroquy, J.; Johnson, D.; Gnad, D. (2004): Effect of postruminal protein supply on the response to ruminal protein supplementation in beef steers fed a low-quality grass hay. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 115:19-36.

[Volver a: Suplementación proteica y con NNP](#)