

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

LÍMITES NUTRICIONALES EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA CABALLOS DE OCIO ALIMENTADOS EN PESEBRE

NUTRITIONAL LIMITS IN THE DESIGN OF RATIONS FOR STALL-FED LEISURE HORSES

Martínez Marín, A.L.

Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. 14014 Córdoba. España. pa1martm@uco.es

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Equinos. Nutrición. Nutrientes.

ADDITIONAL KEYWORDS

Equines. Nutrition. Nutrients.

RESUMEN

Las necesidades de los caballos en diferentes estados fisiológicos pueden obtenerse de las publicaciones de organismos de investigación (National Research Council -NRC-, Institut National de la Recherche Agronomique -INRA-). En la formulación por programación lineal a mínimo coste, la ración puede ser calculada para un contenido energético variable en función de las necesidades diarias y del consumo mínimo y máximo de materia seca. Este sistema permite optimizar la ración diaria más económica que no es necesariamente la más barata por unidad de peso. En este caso, los restantes nutrientes de la ración deben ser proporcionados a la energía para garantizar el consumo de las cantidades necesarias. El aporte de proteína en las raciones de los caballos puede ser muy superior a las necesidades sin causar trastornos aparentes pero ello plantea inconvenientes metabólicos y ambientales que deben tenerse en consideración. También hay que prestar atención a la posibilidad de que ocurra déficit de aminoácidos en los grupos de caballos con mayores necesidades nitrogenadas. El aporte de almidón debe ser limitado para prevenir el riesgo de trastornos digestivos. La valoración de los carbohidratos de la ración desde un punto de vista no solo químico sino, sobre todo, digestivo puede ayudar a diseñar raciones más seguras. Una alternativa para el incremento del contenido energético de la ración sin riesgos digestivos es la inclusión de una cierta cantidad de grasa suplementaria, lo que además ofrece ventajas en determinadas circunstancias. Dado que el contenido de fósforo en la ración tiene un marcado efecto sobre

la digestibilidad del calcio, los aportes de ambos deben ser cuidadosamente ajustados para mantener una relación aceptable entre ellos. Las necesidades mínimas de sodio deben cubrirse incluyendo sal en los alimentos concentrados independientemente de que se dispongan bloques para lamer, siendo necesario en cualquier caso que el acceso al agua de bebida sea libre y continuado.

SUMMARY

The nutritional requirements of horses in different physiological states can be obtained from publications of leading research bodies (National Research Council -NRC-, Institut National de la Recherche Agronomique -INRA-). The diets formulated through minimum cost linear programming can be calculated for variable energy content based on daily energy requirements and in minimum and maximum dry matter intake. This method allows to optimize the most cost-effective daily diet that is not necessarily the most advantageous in a per kg basis. In this case, the remaining nutrients of the diets must be provided related to energy to guarantee the intake of daily necessary amounts. The protein content in diets for horses can be far beyond the daily requirements without causing apparent upheavals but it raises metabolic and environmental disadvantages that must be considered. Also it is necessary to pay attention to the shortage of amino acids in the groups of horses with higher nitrogen requirements. The contribution of starch to the diet must be limited to

Recibido: 27-4-08. Aceptado: 22-10-08.

Arch. Zootec. 57 (R): 123-133. 2008.

prevent digestive upheavals risks. The evaluation of the carbohydrates from a chemical but also digestive point of view can help to design safer diets. An alternative to increase the energy content of the diets without digestive risks is the inclusion of additional fat, which in addition offers advantages in certain circumstances. Since the phosphorus content in the diet has a remarkable effect on the digestibility of calcium, the supply of both minerals must be fitted carefully to maintain an acceptable ratio between them. The minimum requirements of sodium can be cover including salt in the feedingstuffs independently of access to lick-blocks, being necessary in any case that access to drinking water is free and continued.

INTRODUCCIÓN

En libertad, los caballos pastan durante 12 a 16 horas diarias en periodos de 2 a 3 horas alternados con momentos de descanso e interacción social (Ralston, 1984). Así pues, el aparato digestivo de los caballos se ha adaptado para poder ingerir grandes cantidades de hierba de forma muy repartida a lo largo del día y obtener energía eficientemente de la misma (Hussein y Vogedes, 2007), aunque su contenido en fibra sea elevado (Duncan *et al.*, 1990).

No obstante, precisamente las particularidades anatomo-fisiológicas del intestino de los caballos le predisponen al padecimiento de trastornos digestivos y metabólicos más o menos graves (Wolter, 1976), sobre todo, cuando es imposible basar la alimentación en el pastoreo, el consumo de forraje es limitado y/o cuando una elevada demanda nutricional hace necesaria la utilización de abundantes alimentos concentrados (Harris, 2007).

Una situación particularmente alejada de la adaptación evolutiva es la de los caballos de ocio estabulados en áreas periurbanas, donde el acceso a pastos es nulo o limitado y deben suplirse las necesidades nutritivas diarias mediante raciones que incluyen la utilización de forrajes secos (normalmente henos o pajas) y alimentos concentrados, y cuyo consumo ocurre habi-

tualmente en dos comidas diarias (Rivera, comunicación personal). En dichas circunstancias, el riesgo de ocurrencia de trastornos digestivos es particularmente elevado, sobre todo, si los caballos permanecen estabulados más de 12 horas diarias (Harper, 2002).

El diseño de raciones para caballos alimentados en pesebre debe basarse en los criterios de satisfacción de necesidades nutritivas, seguridad digestiva y economía. Ello exige el conocimiento de las necesidades nutritivas y de las interrelaciones entre los diferentes nutrientes. Además, con objeto de calcular la inclusión de los nutrientes en la ración debe estimarse la ingestión diaria de materia seca.

CONSUMO DE MATERIA SECA

De las relaciones señaladas por Wolter (1977) entre la concentración energética de la ración y su volumen se derivan consumos medios de materia seca para caballos de 500 kg de peso vivo adulto de 9,1 kg/d para yeguas al final de la gestación, 11 kg/d para yeguas en lactación, 6,3 kg/d para potros de 12 meses de edad y 9,9 kg/d para caballos sometidos a ejercicio ligero. Los consumos medios de caballos con el mismo peso vivo y en igual estado fisiológico extraídos de las recomendaciones de otros autores más recientes son (kg/d): 7,9; 11,3; 7,4 y 9,1 (NRC, 1989); 8,8; 13,3; 6,8 y 10,5 (INRA, 1990); 9,0; 12,4; 7,3 y 8,5 (Kohnke *et al.*, 1999); 8,8; 12,4; 7,0 y 9,1 (Asai, 2001); 6,5; 10,8; 5,6 y 9,4 (Coenen, 2001), respectivamente para yeguas gestantes, yeguas lactantes, potros y caballos. Según los valores mencionados, el consumo se sitúa en un rango comprendido de 2 a 2,5% del peso vivo (PV) en yeguas lactantes y potros y de 1,5 a 2% PV en yeguas gestantes y caballos. Así, para componer raciones para yeguas y caballos con un peso vivo de 500 kg y potros con un peso vivo de 325 kg, la ingesta diaria de materia seca puede estimarse de 7,5 a 10 kg en las yeguas gestantes y los caballos, de 10

LÍMITES NUTRICIONALES EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA CABALLOS

a 12,5 kg en las yeguas lactantes, y de 6,5 a 8,1 kg en los potros (Martínez, 2007a).

CONSUMO DE FORRAJE

En una experiencia llevada a cabo por Zeyner *et al.* (2004) se concluyó que el suministro de, al menos, 0,83 kg de heno/100 kg PV/d era suficiente para prevenir el descenso del pH del intestino grueso si se repartía antes que avena troceada suministrada a razón de 1 kg/100 kg PV/d (1,42 g almidón/kg PV y comida). Sin embargo, De Fombelle *et al.* (2001) no pudieron detectar cambios significativos en el pH en el intestino grueso de ponies que consumieron una ración basada en heno, a razón de 0,73 kg/100 kg PV/d, y cebada aplastada que aportó un máximo de 2,3 g almidón/kg PV/comida, y en la que la cebada se suministró a los animales antes que el heno.

En general, es aceptado que para garantizar la seguridad digestiva de las raciones, el consumo mínimo de forraje debe ser de 1 kg/100 kg PV/d, y en ningún caso puede ser inferior a 0,5 kg/100 kg PV/d (Tisserand, 1981; Meyer, 1987; NRC, 1989; INRA, 1990; Lewis, 1991; Coenen, 2001). Considerando un consumo mínimo de 1 kg/100 kg PV/d, y los valores de ingesta de materia seca anteriormente señalados, el contenido en forraje de las raciones podrá oscilar de 50 a 67% en yeguas gestantes y caballos, y de 40 a 50% en yeguas lactantes y potros (Martínez, 2007a).

ENERGÍA

Los aportes y las necesidades de energía de los caballos se valoran habitualmente en Energía Digestible (ED) (NRC, 1989; NRC, 2007; Asai, 2001; Coenen, 2001), o en Energía Neta (EN) (Hansson, 1934; INRA, 1990; CVB, 2005). INRA (1990) expresa la EN como Unidad Forrajera para Caballos (UFC). La cebada de referencia utilizada por INRA para establecer el valor energético de la UFC está descrita en la publicación "Tables de

composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage" (INRA, 2002). Según dicha publicación 1 UFC = 2,25 Mcal EN para caballos. El sistema de valoración de CVB (2005) está basado en el de INRA (1990) pero el cereal de referencia es la avena.

Es difícil apuntar si los sistemas de valoración basados en ED son más acertados que los de EN o viceversa. Martínez (2007a) optimizó mediante programación lineal a mínimo coste 23 raciones para caballos en diferentes estados fisiológicos bajo las mismas condiciones de composición química, precios y restricciones de materias primas, pero de acuerdo a la valoración de los alimentos y la estimación de necesidades energéticas y proteicas de NRC (1989) e INRA (1990), y encontró diferencias entre ambos sistemas en la valoración de las necesidades energéticas. Las diferencias fueron particularmente elevadas en el caso de las yeguas lactantes ya que se calculó que las raciones de INRA satisfacerían las necesidades diarias de estos animales aportando de media un 13,8% más de ED según NRC y un 17,3% más de UFC según INRA, que las raciones de NRC.

En la formulación por programación lineal a mínimo coste, la ración puede ser calculada para un contenido energético variable en función de las necesidades diarias y del consumo mínimo y máximo de materia seca (Martínez, 2007a). Este método permite obtener la ración diaria más económica que no es necesariamente la más barata por unidad de peso. Como el reparto de alimento es ajustado a las necesidades, este sistema permite evitar cambios de peso no deseados (Lawrence, 2007) y reducir el riesgo de osteocondrosis en los potros por consumo excesivo de energía (Pagan, 2005).

PROTEÍNA

Las necesidades y los aportes nitrogenados de los caballos pueden expresarse como PB (NRC, 1989), como proteína diges-

tible (PD) (Coenen, 2001; CVB, 2005) o como proteína digestible corregida por su capacidad de aportar aminoácidos (Materias nitrogenadas digestibles para caballos - MNDC-) (INRA, 1990). Martínez (2007a) no encontró diferencias importantes en los aportes nitrogenados totales de las raciones optimizadas en base a las recomendaciones de NRC (1989) e INRA (1990).

Los aportes diarios de proteína pueden ser muy superiores a las necesidades mínimas sin ocasionar trastornos aparentes en los caballos siempre que no padezcan trastornos hepáticos o renales o estén sometidos a ejercicio muy intenso (Meyer, 1987; NRC, 1989; INRA, 1990; Lewis, 1991). Sin embargo, ello favorece la contaminación del ambiente del establo con amoníaco y predispone al padecimiento de enfermedades respiratorias (Pagan, 1998a). INRA (1990) indica que la ración no debe contener más de 1,5 veces la proteína mínima necesaria. Meyer (1987) sugiere que el consumo máximo de PD en caballos sometidos a ejercicio no debe ser superior a 2 g/kg PV, esta cantidad equivale -aplicando del factor PD/PB = 0,55 utilizado por NRC (1989) en raciones mixtas- a 1818 g PB/d ó 2,2 veces más que las necesidades mínimas estimadas para un caballo de 500 kg PV.

En la revisión de Gibbs y Potter (2007) se señala la posibilidad de que los caballos con elevados requerimientos de aminoácidos puedan sufrir deficiencias -especialmente cuando son alimentados a pesebre en pocas comidas diarias- aun cuando sus necesidades de nitrógeno expresadas como proteína bruta puedan estar aparentemente cubiertas. La causa sería una limitada absorción intestinal debida a dos hechos: la digestión diferencial de la proteína de los concentrados y de los forrajes a lo largo del tracto digestivo (la primera mayoritariamente en intestino delgado y una gran proporción de la segunda en intestino grueso) (Coleman, 1998) y, sobre todo, la existencia de un límite a la cantidad de proteína que puede ser digerida y absorbida en el intestino delgado

en cada comida a causa de la elevada velocidad de tránsito (Nyberg *et al.*, 1995).

Para tener en cuenta el diferente aporte de aminoácidos digestibles a los caballos según el origen de la proteína, la valoración de los alimentos de INRA (Martin-Rosset *et al.*, 1994) aplica un factor de corrección "k" a los valores de PD para obtener valores de MNDC que son análogos a los valores del sistema PDI de los rumiantes (INRA, 1978). El valor de "k" es la unidad para los alimentos concentrados y variable según el tipo de forraje (valor máximo 0,90 en los forrajes verdes y mínimo 0,70 en los ensilados de hierba).

AMINOÁCIDOS

Los resultados obtenidos con potros en los trabajos de Graham *et al.* (1994) y Staniar *et al.* (2001) apuntan a que las necesidades de treonina están comprendidas en una relación 0,7/1 a 0,8/1 respecto a la lisina. Estos trabajos resaltan que en los caballos, al igual que en otras especies, es más importante tener en cuenta la calidad de la proteína incluida en la ración (contenido de aminoácidos y relaciones entre ellos) que su cantidad para conseguir una utilización más eficiente del nitrógeno consumido y reducir la contaminación ambiental.

Las necesidades de aminoácidos esenciales de los caballos adultos son mal conocidas. Bryden (1991) sugirió que el perfil aminoacídico de las masas musculares y de la leche podría ser una primera aproximación para establecer necesidades de aminoácidos en esta especie. Graham-Thiers y Kronfeld (2005) demostraron un aumento de la masa muscular de caballos adultos de ejercicio al suministrar una ración con un contenido de lisina 2 veces superior a las necesidades de NRC (1989) y una relación treonina/lisina próxima a 0,9/1. Sin embargo, Ohta *et al.* (2007), midiendo la variación de la concentración plasmática de lisina en respuesta a diferentes niveles en la ración, obtuvieron valores muy similares a los pro-

LÍMITES NUTRICIONALES EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA CABALLOS

Tabla I. Límites nutricionales en la formulación de raciones para caballos*. Nutritional limits in the design of rations for horses.

Componente	Estado	Mínimo	Máximo	Notas
Consumo diario de MS	P y L G y C	2,0% PV 1,5% PV	2,5% PV 2,0% PV	Rango calculado según las necesidades diarias de energía en relación al peso vivo metabólico
Energía	P,L,G,C	NC	NC + 15%	Cuando se optimice para una ingesta variable dentro de un rango, no ocurrirá exceso de consumo de energía
Proteína	P,L,G,C	NC	NC x 1,5	Debe reducirse el exceso en la medida de lo posible
Lisina	P L,G,C	2,1 x ED 0,035 x PB		
Treonina	P L,G,C	0,8 x lisina ND		
FND	P,L,G,C	1 x almidón		
Almidón	P,L,G,C		2 g/kg PV/comida	La cantidad puede aumentarse hasta un máximo de 4 g/kg PV/comida si la fuente de almidón ha sido convenientemente procesada
Grasa	P,L,G,C	0,5% ác. linoleico		Hasta 10-15% de la ración en situaciones especiales
Calcio	P L,G,C	NC NC	3 x fósforo 6 x fósforo	El consumo puede ser 5 veces superior a las necesidades si se respeta la relación Ca/P
Fósforo	P L,G,C	NC NC	calcio/1,2 calcio/1,2	
Sodio	P,L,G,C	NC	NC +15%	Límite tentativo, el exceso de consumo no es problema si hay suficiente agua a disposición de los animales
Forraje	P,L,G,C	1 kg/100 kg PV/d		Nunca menos de 0,7 kg/100 kg PV/d, repartir preferentemente antes que el concentrado

*adaptado de Martínez, 2007b. P: potros; G: yeguas gestantes; L: yeguas lactantes; C: caballos de silla; ND: no determinado; NC: Necesidades calculadas; MS: materia seca; FND: Fibra neutro detergente

puestos por NRC (1989), esto es, 1,9 g/Mcal ED/d.

CARBOHIDRATOS

La digestibilidad prececal del almidón depende tanto de su origen botánico como de su procesamiento (Meyer *et al.*, 1995; McLean *et al.*, 2000; Rowe *et al.*, 2001; De Fombelle *et al.*, 2004; Moore-Colyer *et al.*, 2005; Al Jassim, 2006).

En el estudio de la digestibilidad prececal del almidón con muestras de diferentes materias primas (avena, trigo, maíz, cebada, haba caballar, patata, tercerillas de trigo, gluten de maíz, triticale, centeno, arroz, guisantes) molidas a un diámetro propio de la inclusión en concentrados granulados (3 mm) e introducidas en bolsas móviles de nylon, el almidón de la avena resultó ser el más digestible (>99%) (De Fombelle *et al.*, 2004; Moore-Colyer *et al.*, 2005), mientras que el peor digerido fue el de las habas (media 53,6%) (Moore-Colyer *et al.*, 2005).

Medina *et al.* (2002) observaron que la inclusión en la ración de suficiente fibra neutro detergente (FND), para alcanzar una relación FND/almidón ≥ 1 , era capaz de reducir las modificaciones de la flora, la bajada del pH y el aumento de la concentración de ácido láctico en el intestino grueso normalmente observadas (ver Julliand *et al.*, 2001) en raciones donde el aporte de almidón es próximo a la máxima capacidad digestiva del intestino delgado que se sitúa en 4 g/kg PV/comida (Potter *et al.*, 1992; citado por Geor, 2007). Pagan (1998b), recomienda que la ración contenga un mínimo de 25% de FND y un máximo de 32-36% de carbohidratos no estructurales (medidos como 100-humedad-proteína bruta-grasa bruta-cenizas brutas-FND). Martínez (2007b) concluyó que, para tener en cuenta la variabilidad del procesamiento y del origen botánico del almidón y prevenir la ocurrencia de trastornos en el intestino grueso, sería recomendable no superar los 2 g/kg PV/comida.

Hoffman *et al.* (2001) propusieron un

método para valorar los carbohidratos de las raciones de caballos teniendo en cuenta aspectos químicos y digestivos. Este método distingue entre carbohidratos hidrolizables (hexosas, disacáridos, alguno oligosacáridos y almidones no resistentes), que son digeridos mayoritariamente en intestino delgado, y carbohidratos digeridos en intestino grueso, que a su vez pueden ser de fermentación rápida (almidones resistentes, fructo y oligosacáridos, y fibra soluble) o lenta (FND). El consumo elevado de alimentos con alto contenido en carbohidratos rápidamente fermentables, p.ej. almidón resistente en maíz y leguminosas, puede causar trastornos digestivos (Cuddeford, 2001) debido al descenso del pH y a la alteración de la flora microbiana del intestino grueso (Garner *et al.*, 1978; Julliand *et al.*, 2001, Medina *et al.*, 2002).

GRASA Y ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

En caballos, la digestibilidad verdadera de la grasa es próxima al 100% mientras que la digestibilidad aparente es de 55, 81 y 95% para la grasa bruta de los forrajes, mezclas de alimentos con grasa añadida y grasas suplementarias respectivamente (Kronfeld *et al.*, 2004).

El suministro de alimentos con elevado contenido en grasa tiene un efecto beneficioso en caballos que padecen rabdomiolisis de esfuerzo -6 a 13% de la ración- (McKenzie *et al.*, 2002), en caballos de ejercicio sometidos a estrés por calor -8 a 10% en el concentrado- (Ott, 2005), y en caballos que compiten en pruebas de resistencia -7 a 10% en el concentrado- (Duren, 1998). Otro efecto positivo de la grasa añadida es la ralentización del vaciado gástrico y el aumento del tiempo de permanencia de la digesta en el intestino delgado (Maes *et al.*, 1996). Como inconveniente, Kronfeld *et al.* (2001) en una revisión de numerosos trabajos de investigación concluyeron que existe un efecto negativo de la grasa suplemen-

LÍMITES NUTRICIONALES EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA CABALLOS

taria sobre la digestibilidad de la proteína de la ración.

NRC (1989) considera que las necesidades de ácidos grasos esenciales están cubiertas por la inclusión de un 1% de aceite vegetal en la ración diaria. Vitec (1987), citado por Dunnet (2005), recomienda un 0,1% de ácido linolénico y de 1 a 4% de ácido linoleico en la ración.

MINERALES

Las necesidades de calcio, fósforo y sodio recogidas en la publicación de Wolter (1977) pueden estimarse como adecuadas salvo en el caso de los potros, en que los valores de NRC (1989) e INRA (1990) son sensiblemente inferiores (Martínez, 2007a). La relación calcio/fósforo de la ración se considera aceptable entre 1,2/1 y 3/1 en los potros y entre 1,2/1 y 6/1 en los adultos para evitar trastornos óseos (Wolter, 1977; NRC, 1989; INRA, 1990; Lewis, 1991), aunque los resultados de Van Doorn *et al.* (2004) indican que posiblemente la relación sea más estrecha (máximo 2,5/1). El consumo máximo de calcio puede ser hasta 5 veces superior a las necesidades sin que aparentemente haya efectos perjudiciales siempre que la relación calcio/fósforo sea respetada (Jordan *et al.*, 1975).

Las necesidades de sodio están muy determinadas por la sudoración debida al ejercicio (McCutcheon, 2001). Para cubrir las necesidades mínimas debe incluirse sal en el concentrado (D'Ellis y Hill, 2005). Ello no es incompatible con la disposición de bloques para lamer (Schryver *et al.*, 1987), y, en cualquier caso, es necesario garantizar que los caballos tienen acceso libre y continuado al agua de bebida (Coenen, 2005).

CONCLUSIONES

En la **tabla I** se resumen los límites mínimos y/o máximos de los diferentes nutrientes en la ración según Martínez (2007b). En la **tabla II** se exponen ejemplos de expresión

de las restricciones en el programa de formulación a mínimo coste basado en el trabajo de Martínez (2007a).

El diseño de raciones para caballos de ocio alimentados en pesebre plantea especial dificultad por las características anatomo-fisiológicas de los caballos. No obstante, con los conocimientos actuales es posible diseñar raciones económicas y seguras, capaces de satisfacer las necesidades nutritivas de los caballos independientemente de su estado fisiológico.

La estimación del consumo de materia seca y la valoración de las necesidades energéticas son los pasos previos fundamentales para poder optimizar las raciones por programación lineal a mínimo coste. El cálculo de las necesidades de energía mediante los sistemas de NRC (1989) o de INRA (1990) es relativamente indiferente, salvo en el caso de las yeguas lactantes. La proteína puede plantear problemas por exceso y su aporte no garantiza que se satisfagan las necesidades de aminoácidos en todos los casos, por lo que es importante tener en cuenta la digestión diferencial en función de su origen botánico. El forraje, el almidón y la FND son nutrientes que se relacionan estrechamente con la seguridad digestiva. La valoración de los carbohidratos de las raciones diseñadas teniendo en cuenta no solo sus características químicas sino aspectos digestivos puede contribuir a reducir el riesgo de sobrecarga digestiva. La inclusión de grasa en la ración es una alternativa a las materias primas amiláceas para aumentar la concentración energética sin inconvenientes digestivos y con ventajas adicionales, aunque debe tenerse en cuenta el efecto negativo sobre la digestibilidad de la proteína. En el caso del calcio y del fósforo, la satisfacción de las necesidades diarias es tan importante como el mantenimiento de la relación entre ellos. Las necesidades mínimas de sodio deben cubrirse con la inclusión de sal en el concentrado, garantizando el acceso libre y continuado al agua de bebida.

Tabla II. Ejemplo de aplicación en el programa de formulación a mínimo coste (Adaptado de Martínez, 2007a). (Example of application in the minimum cost linear programming software (Adapted from Martínez, 2007a)).

	Energía		Proteína		Lisina		Treonina		FND		Almidón		Calcio		Fósforo		Sodio		Forraje	
	NRC	INRA	NRC	INRA	NRC	INRA	NRC	INRA	NRC	e	NRC	INRA	NRC	INRA	NRC	INRA	NRC	INRA	NRC	INRA
1	2	3	4	5	5	5	5	5	5	%	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
Yeguas gestantes 500 kg PV, undécimo mes																				
Min.	1,97	0,48	44	101	1,52	ND	ND	ND	A %	ND	ND	ND	1,78	7,29	1,27	5,21	0,71	2,92	254	1042
Max.	2,62	0,64	66	152	ND	ND	ND	ND	ND	127	521	6xP	6xP	Ca/1,2	Ca/1,2	Ca/1,2	0,82	3,36	-	-
Yeguas en lactación 500 kg PV, 15 kg leche/d																				
Min.	2,26	0,71	50	107	1,77	ND	ND	ND	A %	ND	ND	ND	2,3	7,3	1,24	3,93	0,49	1,57	177	562
Max.	2,83	0,89	75	161	ND	ND	ND	ND	ND	88	281	6xP	6xP	Ca/1,2	Ca/1,2	Ca/1,2	0,57	1,81	-	-
Potros en crecimiento 325 kg PV 0,65 kg/d																				
Min.	2,63	0,68	45	107	1,89	0,4	1,51	0,32	A %	ND	ND	ND	1,65	6,36	0,9	3,45	0,47	1,82	153	591
Max.	3,27	0,85	68	161	ND	ND	ND	ND	ND	77	295	3xP	3xP	Ca/1,2	Ca/1,2	Ca/1,2	0,54	2,1	-	-
Caballos de silla 500 kg PV 2 horas paseo																				
MIN.	2,05	0,54	40	69	1,41	ND	ND	ND	A %	ND	ND	ND	1,46	5,56	0,98	3,7	0,68	2,59	244	926
MAX.	2,73	0,72	60	104	ND	ND	ND	ND	ND	122	463	6xP	6xP	Ca/1,2	Ca/1,2	Ca/1,2	0,79	2,98	-	-

Abreviaturas: N/D, no disponible. NRC: NRC89; INRA: INRA90; A%: 1xAlmidón%
 1: Mcal ED/kgMS; 2: UFC/kg MS; 3: g PB/Mcal; 4: g MNDG/UFC; 5: g/Mcal; 6: g/UFC

LÍMITES NUTRICIONALES EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA CABALLOS

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido impulsado por las empresas Vigor S.L. y Piensos Compuestos Coavic S.L. en colaboración con la Granja Universitaria de Rabanales (CEP-FAVE),

el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, Trouw Nutrition España S.A., Alltech, Novus Spain S.A. y EQUIGEN, como parte del programa de desarrollo de la línea de nutrición equina ELITE+®.

BIBLIOGRAFÍA

- Al Jassim, R.A.M. 2006. Supplementary feeding of horses with processed sorghum grain and oats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 125: 33-44.
- Asai, Y. 2001. Japanese feedings standards. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. pp: 353-364.
- Bryden, W.L. 1991. Amino acid requirements of horses estimated from tissue composition. *Proc. Nutr. Soc. Austr.*, 16: 53.
- Coenen, M. 2001. German feedings standards. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 365-378.
- Coenen, M. 2005. Exercise and stress: impact on adaptative processes involving water and electrolytes. *Livest. Prod. Sci.*, 92: 131-145.
- Coleman, R.J. 1998. Protein utilization of forage-based diets by horses. Tesis doctoral, Universidad de Alberta. <http://www.collections.canada.ca/obj/s4/f2/dsk2/ftp02/NQ34749.pdf>. Consultado: 05/12/2007.
- Cuddeford, D. 2001. Starch digestion in the horse. In: *Advances in equine nutrition II* (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p.95-103.
- CVB. 2005. Tabellenboek Veevoeding. Centraal Veevoederbureau. Lelystad.
- D'Ellis, A. and J. Hill. 2005. *Nutritional physiology of the horse*. Nottingham University Press. Thrumpton.
- De Fombelle, A., L. Veiga, C. Drogoul and V. Julliard. 2004. Effect of diet composition and feeding pattern on the prececal digestibility of starches from diverse botanical origins measured with the mobile nylon bag technique in horses. *J. Anim. Sci.*, 82: 3625-3634.
- De Fombelle, A., V. Julliard, C. Drogoul and E. Jacotot. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 1-Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, 21: 439-445.
- Duncan, P., T.J. Foose, I.J. Gordon, C.G. Gakahu and M. Lloyd. 1990. Comparative nutrient extraction from forages by grazing bovids and equids: a test of the nutritional model of equid/bovid competition and coexistence. *Oecologia*, 84: 411-418.
- Dunnet, C.E. 2005. Dietary lipid form and function. In: *Advances in equine nutrition* (J.D. Pagan, ed.). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 37-54.
- Duren, S. 1998. Feeding the endurance horse. In: *Advances in equine nutrition* (J.D. Pagan, ed.) Nottingham University Press. Thrumpton. p. 351-364.
- Garner, H.E., J.N. Moore, J.H. Johnson, L. Clark, J.F. Amend, L.G. Tritschler, J.R. Coffman, R.F. Sprouse, D.P. Hutchenson and C.A. Salem. 1978. Changes in the cecal flora associated with the onset of laminitis. *Equine Vet. J.*, 10: 149-252.
- Geor, R.J. 2007. Equine carbohydrate nutrition: Implications for feeding management and disease avoidance. *Proceedings of the 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference*. Baltimore. p. 164-161.
- Gibbs, P.G. and G.D. Potter. 2007. Concepts in protein digestion and amino acid requirements of young horses. http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4035/is_200212/ai_n9157374. Consultado: 05/12/2007.
- Graham-Thiers, P.M. and D.S. Kronfeld. 2005. Amino acid supplementation improves muscle mass in aged and young horses. *J. Anim. Sci.*, 83: 2783-2788.
- Graham, P.M., E.A. Ott, J.H. Brendemuhl and S. H. TenBroeck. 1994. The effect of supplemental lysine and threonine on growth and development of yearling horses. *J. Anim. Sci.*, 72: 380-386.
- Hansson, N. 1934. *Alimentación de los animales*

MARTÍNEZ MARÍN

- domésticos. Imp. Juan Pueyo. Madrid.
- Harper, F. 2002. The stabled horse, part 1. Horse Express, 21(4). Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. http://animal.science.ag.utk.edu/horses/pdf/HorseExpress/Horse_Express_Fall%202002.pdf. Consultado: 22/10/2007.
- Harris, P.A. 2007. How understanding the digestive process can help minimise digestive disturbances due to diet and feeding practices. http://www.effem-equine.com/Waltham%20%20Horse/nutritional_aspects/digestive_processes.html. Consultado: 22/10/2007.
- Hoffman, R.M., J.A. Wilson, D.S. Kronfeld, W.L. Cooper, L.A. Lawrence, D. Sklan and P.A. Harris. 2001. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: Direct assay and seasonal variation. *J. Anim. Sci.*, 79: 500-506.
- Hussein, H.S. and L.A. Vogedes. 2007. Forage nutritional value for equine as affected by forage species and cereal grain supplementation. http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4035/is_200310/ai_n9313462. Consultado: 22/10/2007.
- INRA. 1978. Alimentation des ruminants. (ed. R. Jarrige). Editorial INRA. Paris.
- INRA. 1990. L'Alimentation des chevaux (ed. W. Martin-Rosset). Editorial INRA. Paris.
- INRA. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (ed. D. Sauvant, J.M. Perez et G. Tran). Editorial INRA. Paris.
- Jordan, R.M., V.S. Meyers, B. Yoho and F.A. Spurrell. 1975. Effect of calcium and phosphorus levels on growth, reproduction, and bone development of ponies. *J. Anim. Sci.*, 40: 78-85.
- Julliand, V., A. De Fombelle, C. Drogoul and E. Jacotot. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 1-Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, 21: 543-546.
- Kohnke, J.R., F. Kelleher and P. Trevor-Jones. 1999. Feeding horses in Australia. A guide for horse owners and managers. RIRDC publication N° 99/49. Barton. www.rirdc.gov.au/reports/HOR/99-49.pdf. Consultado: 12/11/2007.
- Kronfeld, D.S., J.L. Holland, G.A. Rich, S.E. Custalow, J.P. Fontenot, T.N. Meacham, D. Sklan and P. Harris. 2001. Digestibility of fat. Proc. 17th Eq. Nutr. Physiol. Symp. Lexington. p. 156-158.
- Kronfeld, D.S., J.L. Holland, G.A. Rich, T.N. Meacham, J.P. Fontenot, D. Sklan and P. Harris. 2004. Fat digestibility in Equus caballus follows increasing first-order kinetics. *J. Anim. Sci.*, 82: 1773-1780.
- Lawrence, L.A. 2007. Nutrient requirements and balancing rations for horses. <http://www.ext.vt.edu/pubs/horse/406-473/406-473.html>. Consultado: 05/12/2007.
- Lewis, D. L. 1991. Alimentación y cuidado del caballo. Editorial Intermédica. Buenos Aires.
- Maes, B.D., Y.F. Ghooos, B.J. Geypens, M.I. Hiele and B.J. Rutgeerts. 1996. Relation between gastric emptying rate and rate of intraluminal lipolysis. *Gut*, 38: 23-27.
- Martin-Rosset, W., M. Vermorel, M. Doreau, J.L. Tisserand and J. Andrieu. 1994. The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein. *Livest. Prod. Sci.*, 40: 37-56.
- Martínez, A.L. 2007a. Influencia de los sistemas de alimentación NRC e INRA sobre las raciones a mínimo coste basadas en forrajes secos y concentrados granulados para caballos de ocio alimentados en pesebre. *Arch. Zootec.* En prensa.
- Martínez, A.L. 2007b. Nutrición de caballos de ocio alimentados a pesebre. Documentos de trabajo grupo UCO-6: Producción Animal y Gestión, vol. 5/2007, DT 12, 29 p. http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/30_16_50_NUTRICION_CABALLOS_OCIO.pdf. Consultado: 05/12/2007.
- McCutcheon, L. J. 2001. Macrominerals - sodium, potassium and chloride. In: Advances in equine nutrition II (ed. Joe D. Pagan and J. Geor). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 339-351.
- McKenzie, E.C., S.J. Valberg and J.D. Pagan. 2002. A review of dietary fat supplementation in horses with exertional rhabdomyolysis. *AAEP Proceedings*, 48: 381-386.
- McLean, B.M.L., J.J. Hyslop, A.C. Longland, D. Cuddeford and T. Hollands. 2000. Physical processing of barley and its effects on intra-caecal fermentation parameters in ponies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 85: 79-87.
- Medina, B., I.D. Girard, E. Jacotot and V. Julliand.

LÍMITES NUTRICIONALES EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA CABALLOS

2002. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *J. Anim. Sci.*, 80: 2600-2609.
- Meyer, H. 1987. Nutrition of the equine athlete. http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep2/_1129110000_001.pdf. Consultado: 07/01/08.
- Meyer, H., S. Radicke, E. Kienzle, S. Wilke, D. Kleffken and M. Illenseer. 1995. Investigations on preileal digestion of starch from grain, potato and manioc in horses. *J. Vet. Med. A.*, 42: 371-381.
- Moore-Colyer, M.J.S., T. Clercq, C. Drogoul and V. Julliard. 2005. In vivo foregut digestion of starch-based concentrate feeds in horses using the mobile bag technique. www.bsas.org.uk/downloads/Equine_BSAS_summaries05.pdf. Consultado: 07/01/2008.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of horses (Fifth Revised Edition). National Academy Press. Washington DC.
- NRC. 2007. Nutrient requirements of horses (Sixth Revised Edition). National Academy Press. Washington DC.
- Nyberg, M.A., G.D. Potter, P.G. Gibbs, J. Schumacher, M. Murray-Gerzik, A. Bombarda and D.L. Swinney. 1995. Flow rate through the equine small intestine determined with soluble and insoluble indicators. *Proc. 14th Eq. Nutr. Physiol. Symp. Ontario*. p: 36.
- Ohta, Y., T. Yoshida and T. Ishibashi. 2007. Estimation of dietary lysine requirement using plasma amino acid concentrations in mature thoroughbreds. *Anim. Sci. J.*, 78: 41-46.
- Ott, E.A. 2005. Influence of temperature stress on the energy and protein metabolism and requirements of the working horse. *Livest. Prod. Sci.*, 92: 123-130.
- Pagan, J.D. 1998a. Protein requirements and digestibility: a review. In: *Advances in equine nutrition* (ed. Joe D. Pagan). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 43-56.
- Pagan, J.D. 1998b. Carbohydrates in equine nutrition. In: *Advances in equine nutrition* (ed. Joe D. Pagan). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 29-41.
- Pagan, J.D. 2005. The role of nutrition in the management of developmental orthopedic disease. In: *Advances in equine nutrition III* (ed. Joe D. Pagan). Nottingham University Press. Thrumpton. p. 417-431.
- Potter, G., F. Arnold, D. Householder, D. Hansen and K. Bowen. 1992. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. *First European Conference on Horse Nutrition*. Dijon. p. 109-111.
- Ralston, S.L. 1984. Controls of feeding in horses. *J. Anim. Sci.*, 59: 1354-1361.
- Rowe, J., W. Brown and S. Bird. 2001. Save and effective grain feeding for horses. RIRDC publication N° 01/148. www.rirdc.gov.au/reports/HOR/01-148.pdf. Consultado: 07/01/2008.
- Schryver, H.F., M.T. Parker, P.D. Daniluk, K.I. Pagan, J. Williams, L.V. Soderholm and H.F. Hintz. 1987. Salt consumption and the effect of salt on mineral metabolism in horses. *Cornell Vet.*, 77: 122-131.
- Stanier, W.B., D.S. Kronfeld, J.A. Wilson, L.A. Lawrence, W.L. Cooper and P.A. Harris. 2001. Growth of thoroughbreds fed a low-protein supplement fortified with lysine and threonine. *J. Anim. Sci.*, 79: 2143-2151.
- Tisserand, J.L. 1981. Alimentación práctica del caballo. Editorial Acribia. Zaragoza.
- Van Doorn, D.A., M.E. Van der Spek, H. Everts, H. Wouterse and A.C. Beynen. 2004. The influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 88: 412-418.
- Vitec. 1987. Omega-3 fatty acids. Roche Report. A5. p: 1-5.
- Wolter, R. 1976. Alimentation et pathologie chez le cheval. *Rec. Méd. Vét.*, 152: 377-384.
- Wolter, R. 1977. Alimentación del caballo. Editorial Acribia. Zaragoza.
- Zeyner, A., C. Geibler and A. Dittrich. 2004. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 88: 7-19.