



REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria  
E-ISSN: 1695-7504  
redvet@veterinaria.org  
Veterinaria Organización  
España

Martínez Marín, Andrés L.

Factores nutricionales que deben considerarse en el diseño de raciones basadas en forrajes secos y concentrados para caballos de ocio alimentados en pesebre

REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. IX, núm. 3, marzo, 2008, pp. 1-20  
Veterinaria Organización  
Málaga, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612840006>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

**Factores nutricionales que deben considerarse en el diseño de raciones basadas en forrajes secos y concentrados para caballos de ocio alimentados en pesebre (Nutritional factors to be considered when designing diets of dry roughages and concentrates for hand-fed, leisure horses)**

**Martínez Marín, Andrés L.**

Profesor Asociado del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba (España). Licenciado en Veterinaria en el año 1991. Responsable de Nutrición y Dirección Técnica de fábricas de pienso desde el año 1996. Profesor Asociado del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, Área de Nutrición Animal, desde el año 2003. Director Técnico de explotaciones ganaderas. Artículos publicados en Mundo Ganadero, Journal of Dairy Science, Nuestra Cabaña, REDVET y Archivos de Zootecnia. Socio numerario de la Asociación Española para la Calidad (AEC). Contacto por e-mail: [andres\\_l\\_martinez@lycos.es](mailto:andres_l_martinez@lycos.es)

**REDVET: 2008, Vol. IX, Nº 3**

Recibido: 07.11.07 / Revisado: 11.02.08/ Referencia: 030817\_REDVET / Aceptado: 18.02.08 / Publicado: 01.03.08  
Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030308.html> concretamente en  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030308/030817.pdf>

**REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria** está editada por **Veterinaria Organización®**.  
Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org) <http://www.veterinaria.org> y con **REDVET®**  
- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

**RESUMEN**

El diseño de raciones basadas en forrajes secos y concentrados para caballos de ocio alojados en establos y centros deportivos periurbanos, sin acceso a pastos, tiene que satisfacer las necesidades nutritivas diarias, garantizar la seguridad digestiva y regirse por un principio de economía. En el proceso de diseño hay que considerar factores tales como la ingestión de materia seca y los aportes, límites de consumo e interrelaciones de los nutrientes. La ingestión de materia seca, fisiológicamente aceptable en función del peso y del estado fisiológico, tiene que establecerse con objeto de calcular la inclusión de los diferentes nutrientes en la ración, y tendrá en cuenta, además, la incorporación de suficiente forraje para prevenir la ocurrencia de trastornos digestivos. Como complemento de los forrajes, la utilización de concentrados granulados en las raciones de los caballos presenta ciertas ventajas si su diseño y manejo son correctos. Las necesidades y los aportes de energía de las raciones equinas pueden obtenerse de las publicaciones de organismos de investigación, siendo interesante comparar la estimación de la energía de la ración debida a su composición en materias primas frente a la obtenida por su contenido en nutrientes, para hacer las correcciones oportunas si se detectan desviaciones debidas a los efectos asociativos entre los alimentos. 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 que deben ser tenidos 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. La utilización de raciones con abundantes cereales o leguminosas conlleva un incremento de los aportes diarios de almidón, en consecuencia, debido al riesgo digestivo que ello supone, hay que tener en cuenta el tipo y

procesado de los granos y el consumo de forraje. También conviene valorar los carbohidratos de la ración desde un punto de vista no solo químico sino, sobre todo, digestivo. 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 en fósforo de 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. La incorporación de sal a los alimentos de los caballos es una forma segura de cubrir las necesidades y no es incompatible con la disposición de bloques para lamer, siendo necesario en cualquier caso que el acceso al agua de bebida sea libre y continuado.

**PALABRAS CLAVE:** caballos estabulados | alimentación en pesebre | raciones | ingestión | nutrientes.

---

## ABSTRACT

The design of diets made of dry roughages and concentrates for leisure horses housed in private stables and leisure-sporting centres, with no access to grazing, must meet their daily nutritional requirements, guarantee their digestive safety and follow the principles of economy. In the process of diet design, factors such as dry matter intake, and allowances for, limits to intake of, and interrelationships between nutrients must be taken into account. The figures of dry matter intake must be established according to physiological state and body weight in order to calculate the inclusion of the different nutrients in the daily ration and also they need to take into account that enough roughage must be incorporated to prevent digestive disorders. The use of pelleted concentrates as a complement of roughage in horse rations offers some advantages provided that they are properly designed and used. Energy requirements and allowances for horse rations can be obtained from various energy systems developed by some research organizations. It is interesting to compare the estimated energy content of the rations according to the energy value of their system-tabulated ingredients with the energy content of the same rations calculated from their nutrient composition. This allows making proper corrections if differences appear between the energy values of a given ration due to the method of calculation. The origin of these mismatches should be put down to associative effects between feedstuffs. Protein allowances in rations for horses can be much higher than the animals' requirements with no apparent complications but this may pose some inconveniences, which need to be taken into account. Attention need also be paid to the possibility of an amino acids deficit happening in the groups of horses with higher protein requirements. The use of diets rich in cereals and pulses entails an increase in daily allowances of starch and, because of the digestive risks this implies, consideration need to be given to the type and processing of grains used and to the intake of roughage. It is also advisable to look into the diets carbohydrates not only from a chemical point of view but, above all, from a digestive one. An option to increase the energy content of the diets with no digestive risks is to include into them a certain amount of supplementary fat what also offers certain advantages in some circumstances. Because the phosphorus content in the ration has a marked effect on calcium digestibility, the allowances of both minerals must be carefully adjusted to keep an adequate relationship between them. Including salt into the horses' diets is a reliable way of meeting their requirements. This is not incompatible with free disposal of salt blocks to lick. In any case, it is always necessary that the access to clean drinking water be free and continuous.

**KEYWORDS:** stabled horses | hand-feeding | diets | ingestion | nutrients.

---

---

## INTRODUCCIÓN

Los caballos han evolucionado para la vida en pastoreo y ramoneo (Frape, 1992). Los pastos contienen cantidades variables de agua según el grado de madurez, mientras que los principios energéticos de la materia seca son mayoritariamente carbohidratos y cantidades menores de proteínas y lípidos (McDonald *y col.*, 2006). Los carbohidratos son diversos (azúcares libres, fructosanos, hemicelulosas, celulosa, etc.) y pueden clasificarse según su localización celular (parietales –estructurales o fibrosos- o intracelulares –de reserva o no fibrosos-) (Jarridge, 1981), o por su lugar de digestión en el tracto digestivo del caballo (fermentables e hidrolizables) (Hoffman, 2003). A lo largo del año, la proporción de los diferentes tipos de carbohidratos varía con el estado vegetativo: inicialmente predominan los carbohidratos de reserva pero los carbohidratos parietales van adquiriendo una mayor relevancia al avanzar el ciclo porque las plantas necesitan más cantidad de tejidos fibrosos para mantener la estructura (McDonald *y col.*, 2006). Una característica común de los forrajes de gramíneas y leguminosas es el bajo o nulo contenido en almidón (Jarridge, 1981).

En libertad, los caballos pasan de 12 a 16 horas diarias pastando en períodos 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), con independencia de su contenido en fibra (Duncan *y col.*, 1990). En la parte anterior del aparato digestivo, el proceso de digestión es similar al de los restantes monogástricos: la digestión enzimática del alimento libera glucosa, aminoácidos y ácidos grasos para su absorción; pero además, el elevado desarrollo del intestino grueso le permite obtener energía suplementaria en forma de ácidos grasos volátiles mediante la fermentación microbiana de la fibra y de la fracción del alimento no digerida enzimáticamente, de forma análoga a los rumiantes (Harris, 2007). En el intestino grueso también se absorben aminoácidos microbianos aunque de forma muy limitada (Jarridge y Tisserand, 1984).

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

El diseño de raciones para caballos alimentados a pesebre debe basarse en los criterios de satisfacción de necesidades nutritivas, seguridad digestiva y economía. Ello exige el conocimiento de las necesidades nutritivas, del valor nutricional de los alimentos y raciones, y de la digestión, utilización, limitaciones de consumo e interrelaciones entre los diferentes nutrientes. Además, con objeto de calcular la inclusión de los nutrientes debe valorarse la capacidad de ingestión diaria de materia seca.

## INGESTIÓN DE MATERIA SECA

La ingesta voluntaria de alimentos de los caballos no es bien conocida. En las publicaciones más antiguas (Revuelta, 1963; Leroy, 1974; Wolter, 1977) se recomendaba respetar unas relaciones definidas entre el aporte de materia seca y de energía ("coeficiente de volumen") a

la hora de componer las raciones de los caballos con objeto de no sobrepasar la capacidad del tubo digestivo. De las relaciones señaladas por Wolter (1977) 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 y col., 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.

Los mecanismos que regulan la capacidad de ingesta voluntaria en los caballos no están aclarados. El tamaño de partícula del alimento ofrecido no parece ser limitante porque a diferencia de los rumiantes no poseen un mecanismo anatómico análogo al orificio retículo-omasal capaz de frenar el vaciado digestivo (Cuddeford, 2002). De hecho, el tiempo medio de retención en équidos alimentados con raciones exclusivamente a base de forraje es menor que el de los rumiantes consumiendo las mismas raciones (Pearson y col., 2006). Según Duncan y col. (1990), la reducción del tiempo de retención permite a los équidos, en comparación con los rumiantes, una mayor extracción diaria de nutrientes de los alimentos al compensar la menor capacidad de digestión con un mayor consumo. Por otro lado, los équidos son más sensibles a la textura, el sabor y el olor de los alimentos que los rumiantes por lo que la influencia del control orofaríngeo en la ingesta es mayor (Dulphy y col., 1997a; Cuddeford, 2002). Cairns y col. (2002) demostraron que los caballos son capaces de modificar sus preferencias previas en función de la concentración energética de la ración ofrecida.

En cuanto al reparto de la ración, Lewis (1991) recomienda al menos dos repartos diarios, siendo preferible que el forraje se reparta antes que el concentrado (Zeyner y col., 2004). Gill y Lawrence (1998) no encontraron mejoras en la digestibilidad de los nutrientes al aumentar el número de repartos de 2 a 16 comidas/d aunque el balance hídrico (estimado en base a la concentración de proteína plasmática) sí se vio afectado por la pauta de alimentación, siendo más homogéneo a lo largo del día al aumentar el número de comidas. Harper (2003) señala que es preferible suministrar una mayor proporción del forraje diario por la tarde (60%) y, en el caso de los caballos confinados más de 12 horas diarias, asegurar que disponen del mismo durante todo el día haciendo los repartos necesarios.

### ***Ingestión de forraje***

El aumento de la fibrosidad del forraje se asocia con una reducción de su consumo (Boulot, 1987, citado por Edouard, 2007). Dulphy y col. (1997a) compararon el comportamiento ingestivo de doce forrajes secos (henos de hierba, heno de alfalfa y paja) en caballos y ovejas y encontraron una relación lineal significativa entre el consumo voluntario diario (CVD) y el contenido en proteína bruta (PB) o fibra detergente neutra (FDN) del forraje (CVD (g/kg PV/d) = 0,0827\*PB(g/kg) + 11  $r^2=0,63$ ; CVD (g/kg PV/d) = -0,0495\*FDN(g/kg) + 53  $r^2=0,63$ ) aunque la relación fue más intensa en las ovejas ( $r^2=0,89$  y  $r^2=0,79$ ). Estos autores señalan la marcada influencia de las características organolépticas (palatabilidad, dureza) y el posible efecto de llenado de los forrajes de digestión lenta en el consumo voluntario. En la revisión de St. Lawrence y col. (2001) también se indica que el consumo voluntario de heno de alfalfa y henos de hierba de diferentes tipos puede predecirse en función del contenido en FDN mediante la ecuación: CVD (g/kg PV/d) = 18,377 + 0,0051\*FDN<sup>2</sup>(%) + 0,3895\*FDN(%),  $r^2=0,53$ ). Dulphy y col. (1997b) estudiaron el consumo voluntario de setenta y nueve forrajes (henos, pajas y forrajes verdes) en caballos en mantenimiento pero no pudieron hallar ninguna característica química capaz de predecir el consumo en el conjunto de los forrajes, si bien establecieron estimaciones del CVD basadas en el tipo de forraje (g/kg PV/d): paja, 11-14; henos de leguminosas, 22-25; henos de hierba y forrajes verdes, 19-22; henos de hierba de

segundo corte, 18-21. En el estudio de Edouard (2007) pudo observarse que los caballos son capaces de mantener, aumentar o disminuir de forma individual el consumo de forraje en respuesta al incremento de la fibrosidad. Este autor hipotetiza que las diferencias se relacionan con el peso vivo de los caballos en relación a la capacidad de tracto digestivo, la digestibilidad y las necesidades energéticas.

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).

Harper (2003) indica que para caballos estabulados es preferible el reparto de dos o más tipos de forrajes porque ello reduce el consumo del forraje más preferido y ayuda a reducir el desarrollo de vicios.

### ***Ingestión y presentación del concentrado***

Es generalmente aceptado que la utilización de alimentos granulados tiene beneficios nutricionales, como la mejora de la digestibilidad de sus ingredientes, y ventajas no nutricionales, como la ausencia de pulverulencia, la facilidad del manejo y el almacenamiento, la imposibilidad de selección, la reducción de las mermas y, en algunos casos, la mejora de la palatabilidad. Por otro lado, la incorporación a las raciones de alimentos granulados requiere que el manejo, la formulación y las características físicas sean cuidadas para prevenir o evitar la ocurrencia de trastornos digestivos (Fahrenholz, 1998). Los concentrados granulados son ingeridos a mayor velocidad que los extrusionados y que las mezclas de materias primas sin procesar (109 vs 67 y 97 g/min, respectivamente) (Hintz y col., 1985, citado por Jackson, 1998) y el consumo es mayor cuando los gránulos son de menor consistencia y durabilidad (Freeman y col., 1991). Según Frape (1992), el diámetro óptimo de los gránulos es 6-8 mm con una longitud de 12 mm. Wolter y col. (1971) concluyeron que la alimentación de caballos de ejercicio con concentrados granulados en cantidades comprendidas entre 8 y 12,5 kg/d (1,5 a 2,4% PV) en función del contenido en fibra bruta (de 2,9 a 13,7%) y con acceso exclusivamente a paja de cereales de la cama es satisfactoria desde el punto de vista metabólico y fisiológico.

Existen insuficientes referencias (Martin-Rosset y Doreau, 1984; Martin-Rosset, 2001) para calcular el posible efecto de sustitución que puedan ejercer los concentrados sobre el consumo de los forrajes.

## **ENERGÍA**

Los aportes y las necesidades de energía de los caballos se expresan habitualmente en Energía Digestible (ED) (NRC, 1989; Asai, 2001; Coenen, 2001), o en Energía Neta (EN) (Hansson, 1934; INRA, 1990; CVB, 2005). La cebada de referencia utilizada por INRA para establecer el valor energético de la Unidad Forrajera para Caballos"-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 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. La comparación entre los valores de necesidades energéticas basados en EN como p. ej. Hansson (1934) -5,1; 7,5; 5,9 y 5,8 UFC/d (calculando 1 Unidad Alimenticia de Hansson = 0,93 UFC de INRA)- e INRA (1990) -4,8; 8,9; 5,5 y 5,4 UFC/d- o los que utilizan la ED como NRC (1989) -19,7; 28,3; 21,2 y 20,5 Mcal ED/d- y Coenen (2001) -21,2; 29,6; 16,2 y 19,8 Mcal ED/d- muestra similitudes entre ellos siendo las diferencias inferiores al 7% (salvo en las yeguas lactantes donde el valor de Hansson es un 15,7% inferior al de INRA90, y en los potros donde el valor alemán es un 23,6% inferior al americano). Martínez (datos no

publicados) 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 satisfarían 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.

Según el sistema propuesto por Kronfeld (1996) tal y como es descrito por Harris (2001), el valor de energía neta de mantenimiento de los diferentes sustratos energéticos de la ración sería (Mcal/kg): grasa bruta, 5,37 ó 6,48 (valor mayor en raciones con grasa suplementaria); carbohidratos hidrolizables (digeridos en intestino delgado) 2,84; carbohidratos fermentables (digeridos en intestino grueso), 0,62 a 1,25; proteína, 1,89 ó 2,28 (valor menor en raciones con grasa suplementaria). Esto supone un ratio EN/EB de 0,58 ó 0,70; 0,68; 0,15 a 0,30 y 0,33 ó 0,40; respectivamente para la grasa bruta, carbohidratos hidrolizables, carbohidratos fermentables y proteína bruta. Como puede observarse, el valor energético de los carbohidratos digeridos en intestino delgado, cuyo producto final de la digestión es glucosa, es como mínimo un 227% mayor que el de los carbohidratos digeridos en intestino grueso cuyo producto final de la digestión son ácidos grasos volátiles. Aplicando estos valores a las 23 raciones del trabajo de Martínez (datos sin publicar), la EN así calculada era de media solamente un 8,7% superior a los valores calculados en base al contenido de EN según INRA de los alimentos que las componían.

Mediante la ecuación desarrollada por Zeyner y Kienzle (2002) con los datos de más de 200 pruebas de digestibilidad puede calcularse el contenido en ED de la ración completa en base a la digestibilidad de sus componentes químicos elementales: proteína bruta (PB), grasa extraída por hidrólisis ácida (GBHA), fibra bruta (FB) y extractivos libres de nitrógeno (ELN) -ED (MJ/kg MS) =  $-3,6 + 0,211*PB(\%) + 0,521*GBHA(\%) + 0,015*FB(\%) + 0,189*ELN(\%)$ . Los cálculos incluyen un factor de corrección por la repercusión negativa de la fibra sobre la digestión del resto de nutrientes. El cálculo mediante esta ecuación de la ED de las raciones de Martínez (datos sin publicar) resultó en valores que eran de media, respectivamente, un 4,2% inferiores y un 2,4% y 1,4% superiores a los calculados en base al contenido de ED de los alimentos individuales según NRC (1989), INRA (1990) y Pagan (1998a), y un 7,4% superiores a los calculados en base a la composición química de la ración según Kronfeld (1996).

Pagan y col. (1998) observaron un incremento en la digestibilidad de la materia seca asociado con un aumento del tiempo medio de retención de la digesta cuando los caballos recibieron raciones compuestas por forraje y concentrado frente a raciones compuestas exclusivamente por forraje, y el efecto fue independiente del ejercicio a que se sometió a los caballos. En la misma prueba, se encontró una ligera disminución de la digestibilidad de la ración, independientemente de su composición, en relación a un menor tiempo medio de retención cuando los caballos fueron sometidos a ejercicio. Kienzle y col. (2002) señalan que las interacciones entre los concentrados y los forrajes de baja digestibilidad deben ser tenidas en consideración a la hora de evaluar el aporte energético global de las raciones por el estímulo positivo de los primeros sobre la digestión de los segundos.

Según Lawrence (2007) el consumo de energía de los caballos debe mantenerse entre un  $\pm 15\%$  de las necesidades calculadas con objeto de evitar cambios de peso. Pagan (2005) indica que los potros son propensos a padecer osteocondrosis si el consumo de energía es superior a un 115% de las necesidades, siendo el riesgo particularmente elevado cuando la ingestión de energía rebasa el 130% de las necesidades.

## PROTEÍNA

Las necesidades y los aportes nitrogenados de los caballos pueden expresarse como PB (NRC, 1989), como proteína digestible (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 (datos sin publicar) no encontró diferencias en los aportes nitrogenados totales de las raciones optimizadas en base a las recomendaciones de NRC (1989) e INRA (1990).

Cuando se tiene en consideración la proteína de origen endógeno, la digestibilidad verdadera de la proteína consumida por los caballos es superior al 85% (Prior y col., 1974; Glade, 1984; Pagan, 1998b) ya que la digestión en intestino grueso compensa cualquier posible reducción de la digestibilidad en intestino delgado. Sin embargo, debe tenerse en consideración que los aminoácidos absorbidos en el intestino grueso (básicamente procedentes de la lisis microbiana) solo representan entre el 10 y el 30% de los aportes globales de la ración, por tanto, la satisfacción de las necesidades de aminoácidos depende casi por entero de la digestión de la proteína en intestino delgado (Jarridge y Tisserand, 1984). 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. Esto se justifica porque la absorción de aminoácidos puede ser limitada debido a dos hechos: la digestión diferencial de la proteína de los concentrados y los forrajes a lo largo del tracto digestivo (la primera mayoritariamente en intestino delgado y una gran proporción de la segunda en intestino grueso) y, sobre todo, por 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. El impacto de la digestión diferencial del forraje y el concentrado sobre el aporte de lisina absorbible fue comprobado por Coleman (1998) quien, trabajando con ponis maduros, observó que la digestibilidad prececal de la lisina de un heno de alfalfa en cubos fue inferior a la de un concentrado a base de cereales y harina de soja (48,1% vs 83,5%), así, aunque la ración basada exclusivamente en heno de alfalfa contenía un 21,6% más de lisina que la ración mixta de heno de alfalfa y concentrado (60/40) con la misma cantidad de PB (19%), la segunda supuso un aporte de lisina digestible un 42% superior a la primera. 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 y col., 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, 1980). 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).

Los aportes diarios de proteína pueden ser muy superiores a las necesidades mínimas sin ocasionar trastornos aparentes en los caballos siempre que no padeczan trastornos hepáticos o renales o estén sometidos a ejercicio muy intenso (Meyer, 1987; NRC, 1989; INRA, 1990; Lewis, 1991). INRA (1990) indica que la ración no debe contener más 1,5 veces la proteína mínima necesaria. Meyer (1987) sugiere que el consumo máximo de proteína digestible 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 el mismo sentido, Coenen (2001) señala que el aporte de proteína no debe ser superior a 3 veces las necesidades de mantenimiento.

El consumo excesivo de proteína plantea diversos inconvenientes y no es recomendable (Hintz, 1982). El amoníaco resultante del catabolismo de los aminoácidos sobrantes se detoxifica en el hígado mediante su conversión a urea que es excretada por vía renal. Las raciones con elevado contenido en proteína provocan un mayor consumo de agua para facilitar la excreción de la urea a través de la orina. Las bacterias de la cama hidrolizan la urea liberando amoníaco cuya acumulación en el ambiente del establo predispone al padecimiento de enfermedades

respiratorias (Pagan, 1998c). Por otro lado, debe tenerse en cuenta que el padecimiento de alguna limitación funcional del hígado o del riñón reduce la capacidad de detoxificación del amoníaco y de la eliminación de la urea (Lewis, 1991).

Aunque el organismo utilice la proteína en exceso como fuente de energía, la eficacia de conversión en relación a los azúcares o la grasa es muy baja (McDonald *y col.*, 2006). Además, la ruta bioquímica seguida para la síntesis hepática de urea requiere compuestos intermedios comunes al ciclo de los ácidos tricarboxílicos y también utilizados para la gluconeogénesis (Lehninger, 1985) lo que es especialmente contraproducente en caballos sometidos a ejercicio intenso, con una elevada demanda muscular de energía (Meyer, 1987; Miller-Grabber *y col.*, 1991; Pagan, 1998d).

En ponis se ha comprobado que puede existir un reciclaje diario de nitrógeno ureico en intestino grueso de hasta 574 mg/kg<sup>0,75</sup>/d (Prior *y col.*, 1974). Si las circunstancias son similares en caballos, el consumo diario de proteína en exceso que podría ser reciclado en el intestino de un caballo de 500 kg equivaldría a unos 380 g de proteína bruta. En la luz intestinal, la urea es degradada por los microorganismos hasta amoníaco (Hecker, 1971; Martin *y col.*, 1996) para ser utilizada como fuente de nitrógeno en su crecimiento en combinación con la disponibilidad de sustratos energéticos (Cuddeford *y col.*, 1995). Como el principal sustrato fermentable en intestino grueso son los carbohidratos fibrosos ingeridos, un mayor crecimiento microbiano redundaría en una fermentación más activa de los mismos (Wolter, 1984) y, en consecuencia, habría un mejor aprovechamiento digestivo de la ración consumida de forma análoga a lo que ocurre en los rumiantes (Piatkowski, 1982). Sin embargo, Rey *y col.* (2001) no pudieron encontrar diferencias en la digestibilidad de la fibra en ponis alimentados con raciones que aportaban 1,5 ó 3,6 g PD/kg<sup>0,75</sup> (la mitad y un 20% más de las necesidades de mantenimiento, respectivamente), confirmando los resultados obtenidos previamente por Johnson y Hart (1974) en ponies que recibieron 1,9 ó 4,5 g PB/kg<sup>0,75</sup>.

La eficacia de utilización del nitrógeno ingerido y la excreción urinaria y fecal del mismo puede predecirse mediante el análisis cuantitativo de la urea sanguínea (Kohn *y col.*, 2005).

## AMINOÁCIDOS

En potros, se ha comprobado que el aporte de lisina a la ración diaria en base a las recomendaciones de NRC (1989) unido al aporte de treonina en una relación treonina/lisina = 0,8/1, resulta en un mayor crecimiento frente a raciones con menores aportes de lisina y treonina -22 y 18% inferiores - o únicamente con lisina añadida para suplir las recomendaciones (Graham *y col.*, 1994). Staniar *y col.* (2001) demostraron que el suministro a potros, alimentados sobre pastos, de un concentrado con baja concentración de proteína (9%) pero fortificado en lisina y treonina para proveer la misma cantidad de ambos aminoácidos (unos 10,5 y 7,5 g/d respectivamente) que un concentrado con mayor contenido proteico (14%) resultó en idéntico crecimiento en el tiempo que duró la experiencia (hasta los 14 meses de edad). Los resultados de dichos 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 en aminoácidos y relaciones entre ellos) que su cantidad para conseguir una utilización más eficiente del nitrógeno consumido y reducir la contaminación ambiental.

Por desgracia, las necesidades de aminoácidos esenciales en 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 en dos grupos de caballos de ejercicio con edades medias de 9 y 22 años al consumir una ración que aportaba 58,1 g/d de lisina -2 veces las necesidades de NRC (1989)- y 51,2 g/d de treonina frente a una ración control que aportaba 34,3 y 32,8 g/d de lisina y treonina respectivamente. Ohta *y col.* (2007) estimaron las necesidades de lisina en caballos adultos midiendo la variación de su concentración plasmática en respuesta a diferentes niveles en la

ración y obtuvieron valores de 1,81 a 1,85 g/Mcal ED/d, muy similares a los propuestos por NRC (1989), esto es, 1,9 g/Mcal ED/d.

## ALMIDÓN

La capacidad del caballo para digerir el almidón en el intestino delgado está limitada porque la producción de amilasa es muy baja, representando solamente un 8-10% de la cantidad producida por el cerdo (Pagan, 1998e). Además, influyen otros factores como el origen botánico del almidón, su procesado y el tipo y forma de reparto del forraje (Julliand *y col.*, 2006).

Rowe *y col.* (2001) encontraron en caballos alimentados con forraje y cereales aplastados suministrados al 1% PV que la digestión prececal del almidón seguía el orden: triticale (97%) = avena > cebada (96%) > sorgo (64%). En dicho trabajo el consumo de almidón fue de 2,65; 1,59; 3,24 y 3,18 g almidón/kg PV/comida para la ración con cebada, avena, sorgo y triticale, respectivamente. De Fombelle *y col.* (2004) y Moore-Colyer *y col.* (2005) investigaron la digestibilidad prececal del almidón de diferentes orígenes con muestras molidas a 3 mm de diámetro mediante la técnica de las bolsas móviles de nilón, resultando que la desaparición de aquel en intestino delgado seguía el orden: avena (99,7%) > trigo (99,0%) > maíz (89,2%) > cebada (86,6%) > haba caballar (71,2%) > patata (36,1%) - De Fombelle *y col.* (2004)-; y: avena (99,0%) > tercerillas de trigo (96,5%) > gluten de maíz (92,6%) > triticale (92,3%) > trigo (90,0%) > centeno (89,3%) > cebada (80,5%) > arroz (74,0%) > maíz (71,1%) > guisantes, valor medio (60,6%) > habas, valor medio (53,6%) - Moore-Colyer *y col.* (2005)-.

En cuanto al efecto del procesado, Meyer *y col.* (1995) compararon diversas fuentes de almidón y diferentes procesados (avena entera y aplastada, cebada aplastada, maíz entero, troceado, molido y expandido, patatas frescas y mandioca aplastada), aportando de media 2 g almidón/kg PV/comida, y encontraron que el almidón de la avena, independientemente de su procesado, era significativamente mejor digerido (80-90%) que el de maíz entero o troceado (30%) o que el de la cebada aplastada (26%); el molido aumentó la digestibilidad del maíz al 51%, y el expandido hasta el 90%; la digestibilidad del almidón de la patata y la mandioca no superó el 10%. McLean *y col.* (2000) demostraron en ponies que la cebada micronizada o extrusionada no ocasionó cambios en la fermentación intracecal, pero la cebada aplastada sí, cuando las tres se suministraron junto a cubos de heno (50% heno/50% cebada) para proveer 2,1 g almidón/kg PV/comida, lo que indicaría una mejor digestión prececal de las primeras. Al Jassim (2006) concluyó que los caballos pueden tolerar hasta 3,4 g almidón/kg PV/comida procedente de sorgo procesado (aplastado, laminado al vapor o expandido).

A pesar de las relaciones señaladas anteriormente entre el origen y el procesado de los almidones y su digestibilidad, Vervuert *y col.* (2003) y Vervuert *y col.* (2004) no pudieron encontrar diferencias en la glucemia de caballos en relación con el tipo de procesado de la avena (entera, molida fina, laminada al vapor o expandida) y el maíz (entero, molido fino, vaporizado, micronizado, laminado al vapor o expandido) suministrados ambos cereales en cantidad suficiente para aportar 1,2 a 1,5 g almidón/kg PV/d. Jose-Cunilleras *y col.* (2004) tampoco hallaron diferencias en la glucemia de caballos que consumieron maíz troceado, avena desnuda vaporizada o cebada aplastada, aportados en cantidad suficiente para un consumo de unos 1,8 g almidón/kg PV/comida. Sin embargo, Hoekstra *y col.* (2001) sí encontraron diferencias en la glucemia en caballos a los que se suministró heno al 1% del peso vivo y maíz troceado, molido o laminado al vapor para aportar 2 g almidón/kg PV/comida.

El efecto del forraje y el reparto de la ración sobre la digestibilidad del almidón fue estudiado por Varloud *y col.* (2004) quienes compararon dos raciones para caballos integradas por paja - 2 comidas diarias iguales- y un concentrado fibroso (almidón+azúcar: 21,1%) -3 comidas diarias iguales- o por heno -2 comidas diarias- y un concentrado amiláceo (almidón+azúcar: 41,6%) -2 comidas diarias, siendo la primera el 65% del total de concentrado- y encontraron valores similares de la digestibilidad del almidón en intestino delgado, aunque la cantidad de almidón que llegó a intestino grueso fue 4,6 veces mayor cuando se dio la comida mayor y con

más cantidad de almidón (unos 3 g almidón/kg PV). En una experiencia llevada a cabo por Zeyner *y col.* (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 *y col.* (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. Hussein *y col.* (2004) compararon cuatro cereales aplastados (cebada, maíz, avena y avena desnuda) en raciones para caballos donde el forraje fue alfalfa en cubos suministrado al 1% del PV y concluyeron que, con este tipo de forraje, la cantidad máxima diaria de carbohidratos no estructurales que los caballos pueden consumir sin sufrir trastornos digestivos ni afectar a la digestibilidad del resto de nutrientes de la ración es de 0,2% PV.

Medina *y col.* (2002) observaron que la inclusión en la ración de suficiente FDN, para alcanzar una relación FDN/almidón  $\geq 1$ , es capaz de reducir las modificaciones de la flora, la bajada del pH y el aumento de la concentración de ácido láctico normalmente observadas (ver Julliand *y col.*, 2001) en raciones donde el aporte de almidón es próximo a la máxima capacidad digestiva del intestino delgado (4 g/kg PV/comida). Pagan (1998e), recomienda que la ración contenga un mínimo de 25% de FDN y un máximo de 32-36% de carbohidratos no estructurales (medidos como 100-humedad-proteína bruta-grasa bruta-cenizas brutas-FDN).

Hoffman *y col.* (2001) han propuesto un método para valorar los carbohidratos de las raciones de caballos que tiene en cuenta aspectos químicos y digestivos distinguiendo 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 (FDN). El consumo elevado de alimentos con alto contenido en carbohidratos rápidamente fermentables, p.ej. almidón resistente en maíz y leguminosas o fructanos en la hierba, puede causar trastornos digestivos (Cuddeford, 2001) debido al descenso del pH y a la alteración de la flora microbiana (Garner *y col.*, 1978; Julliand *y col.*, 2001, Medina *y col.*, 2002). Radicke *y col.* (1991) señalan que un pH en ciego igual a 6,0 es síntoma de acidosis cecal subclínica y que valores inferiores pueden desencadenar problemas clínicos como cólicos o laminitis.

## GRASA

La grasa corporal de los caballos, como en otras especies monogástricas, refleja el tipo de grasa consumida en la ración (Shorland *y col.*, 1952; Wolter, 1984). En esta especie, 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 *y col.*, 2004).

Aunque la grasa puede incluirse hasta alcanzar valores totales del 20% en las raciones de caballos, es recomendable un máximo del 15% para evitar problemas de palatabilidad (Beynen y Hallebeek, 2002). 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 *y col.*, 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 *y col.*, 1996). Jansen *y col.* (2000) demostraron una reducción de la digestibilidad de las diferentes fracciones de fibra de la ración por la adición de aceite de soja al 15% en el concentrado (8,9% en la ración) para alcanzar un consumo de 386 g/d. Por el contrario, Bush *y col.* (2001) no observaron disminución de la digestibilidad de la FDN de la ración por la inclusión de aceite de maíz al 15% en el concentrado (5,9% en la ración) para un consumo de

428 g/d. Por otro lado, Kronfeld *y col.* (2001) en una revisión de numerosos trabajos de investigación concluyen que existe un efecto negativo de la grasa suplementaria sobre la digestibilidad de la proteína de la ración.

Dunnet (2005) en su revisión señala que los requerimientos de vitamina E (alfatocoferol) deben incrementarse en 3 mg por cada 1 g de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) añadidos a la ración. En la experiencia de Siciliano y Wood (1993), el consumo de una ración enriquecida con 500 g/d de aceite de soja (unos 325 g de AGPI) y una relación vitamina E (mg)/AGPI (g)  $\approx 2,2$ , no modificó el contenido sérico de vitamina E de los caballos en comparación con el lote control que no consumió aceite de soja.

## MINERALES

### *Calcio y Fósforo*

La disponibilidad biológica del calcio es independiente de la fuente y su absorción varía relativamente poco con la edad, con valores comprendidos entre 55 y 75% (Schryver *y col.*, 1974a). La disponibilidad real del fósforo depende principalmente de su origen, de forma que es menor en las materias primas vegetales ( $\approx 35\%$ ), y algo mayor en las fuentes minerales ( $\approx 55\%$ ) (Schryver *y col.*, 1974a). En la práctica el valor medio utilizado para estimar la digestibilidad aparente del calcio de la ración es de 50% (NRC, 1989) ó 60% (Coenen, 2001). En el caso del fósforo, NRC (1989) recomienda un coeficiente de digestibilidad de 35% que puede aumentarse a 45% si se incluyen fuentes minerales, mientras que Coenen (2001) da un valor medio de 40%. 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 (Wolter, 1977; NRC, 1989; INRA, 1990; Lewis, 1991), aunque los resultados de Van Doorn (2004b) indican que posiblemente la relación sea más estrecha (máximo 2,5/1).

Estudios con 30 diferentes raciones llevados a cabo en el Kentucky Equine Research Center (Pagan, 2001) permitieron estimar la digestibilidad real del calcio y el fósforo y la influencia de cada uno sobre la digestibilidad del otro. Las digestibilidades verdaderas fueron 74,7 y 25,2% para el calcio y el fósforo respectivamente. No pudo constatarse ninguna influencia del calcio ni de la relación calcio/fósforo sobre la digestibilidad verdadera del fósforo, pero sí se demostró la influencia negativa del fósforo y de una baja relación calcio/fósforo sobre la digestibilidad verdadera del calcio, confirmando resultados previamente obtenidos por Schryver *y col.* (1971a,1971b). Por el contrario, Van Doorn *y col.* (2004b) encontraron un efecto negativo del nivel de calcio de la ración de ponies adultos sobre la digestibilidad aparente del fósforo cuando la relación calcio/fósforo fue superior a 2,5/1. Por otro lado, Van Doorn *y col.* (2004a) observaron que la presencia de fitato en la ración era capaz de reducir la absorción intestinal del calcio en las raciones de caballos adultos en tanto que la adición de fitasa microbiana aumentaba de forma significativa la digestibilidad del mismo y no tenía efectos sobre la digestibilidad del fósforo. Es de suponer que el efecto inhibitorio de los fitatos sobre la digestibilidad del calcio es de escasa importancia a largo plazo dado que caballos jóvenes alimentados con raciones ricas en fitatos no muestran cambios en la composición mineral del cuerpo ni de los huesos (Schryver *y col.*, 1974b). En su revisión, Kienzle y Zorn (2006) señalan la dificultad de separar la influencia de la propia composición de la ración (ratio forraje/concentrado y tipos de ambos) del efecto de la relación calcio/fósforo sobre la digestibilidad del calcio.

La presencia de oxalatos en los forrajes inhibe la absorción del calcio en el intestino (Swartzman *y col.*, 1978) y puede producirse hiperparatiroidismo nutricional secundario cuando la relación calcio/oxalato de la ración es menor de 0,5 (Stewart, 2007). En el caso de la alfalfa, no cabe esperar un efecto negativo por la presencia de oxalato ya que la relación calcio/oxalato es muy superior a 0,5 incluso en las alfalfas con altos niveles de oxalato (Hintz *y col.*, 1984, citado por Pagan, 1998f).

### *Sodio*

Meyer (1987) señala que los caballos son capaces de autorregular el consumo de sal ofrecida en bloques en función de sus necesidades. Schryver *y col.* (1987) observaron que el consumo voluntario de sal en bloques ofrecida a discreción era muy variable (19 a 143 g/d) aunque inversamente proporcional al contenido en sal en los alimentos. Jansson y Dahlborn (1999) también registraron consumos muy diferentes de sal (0 a 62 mg/kg PV) y concluyeron, coincidiendo con Wolter (1977), que los bloques son un método poco seguro de administrar sal a los caballos. D'Ellis y Hill (2005) señalan que por ese motivo el aporte de sal en los alimentos suministrados es esencial. No obstante, la inclusión de sal en los alimentos requiere que el caballo tenga acceso libre y continuado al agua de bebida (Coenen, 2005).

## CONCLUSIONES

De la bibliografía revisada podemos concluir que los siguientes aspectos tienen que ser tenidos en cuenta en el diseño de raciones para caballos alimentados a pesebre:

1) El consumo de materia seca de los caballos de ocio puede estimarse considerando dos grupos de animales:

- a. Yeguas lactantes y potros en crecimiento rápido: 2 a 2,5% PV
- b. Yeguas gestantes y caballos de paseo: 1,5 a 2% PV

2) La inclusión de forraje en la ración debe suponer un consumo mínimo de 1 kg/100 kg PV/d. El consumo máximo de forraje está limitado principalmente por su capacidad para satisfacer las necesidades nutritivas diarias. En el manejo de la ración se tendrá en cuenta que es preferible repartir el forraje antes que el concentrado. La utilización de un concentrado complementario granulado ofrece ciertas ventajas siempre que la calidad de su fabricación sea correcta.

3) El cálculo de las necesidades y aportes energéticos mediante uno u otro sistema de valoración nutricional es relativamente indiferente salvo en el caso de las yeguas lactantes. Por otro lado, es interesante comparar el contenido energético de la ración calculado en base a sus componentes químicos con el obtenido en función de las materias primas que la integran para detectar desviaciones debidas a los efectos asociativos entre los alimentos. El aporte diario de energía a los caballos debe ajustarse dentro de límites estrechos para evitar cambios de peso no deseados y prevenir trastornos metabólicos.

4) Al igual que en el caso de la energía, la elección de uno u otro sistema de valoración nutricional no parece ofrecer ninguna ventaja en cuanto al aporte nitrogenado global. Sin embargo, dado que el sistema de valoración de INRA (1990) tiene en cuenta la digestión diferencial de la proteína de los concentrados y los forrajes en el tracto digestivo, su utilización ayudará a calcular raciones con suficiente aporte de proteína digestible en intestino delgado, lo que es especialmente importante en los caballos con mayores necesidades de aminoácidos. En cualquier caso debe evitarse el exceso de proteína en relación a las necesidades. La medición de la urea sanguínea puede ser un indicador útil de la utilización del nitrógeno de la ración. La valoración de los aminoácidos esenciales aportados con la ración en relación al contenido en aminoácidos de los tejidos y la leche puede ser un primer paso para interpretar observaciones a posteriori sobre el crecimiento, la producción lechera, etc.

5) Aunque el aporte de almidón en la ración puede suponer hasta 4 g/100 kg PV/comida, dicho consumo tiene que ser inferior si se utilizan fuentes de almidón de baja digestibilidad prececal por su origen botánico y/o su procesado, siendo recomendable en estos casos no superar la cantidad de 2 g/100 kg PV/comida. En cualquier caso hay que garantizar el suficiente aporte de FDN para mantener una relación FDN/almidón  $\geq 1$ . 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.

6) La adición de grasa suplementaria a la ración hasta alcanzar valores totales de 5-6% ofrece ventajas importantes frente a las fuentes de almidón a la hora de incrementar el contenido energético. Su uso en determinada circunstancias (ciertos trastornos metabólicos y esfuerzos intensos de larga duración) está especialmente indicado.

7) Para evitar deficiencias de calcio es conveniente calcular primero el aporte necesario de fósforo y después ajustar el aporte de calcio de forma que se respete el rango de relaciones calcio/fósforo de 1,2/1 a 6/1 en adultos y de 1,2 a 3/1 en potros en crecimiento.

8) El concentrado debe incluir sal para cubrir las necesidades de sodio y ello no es incompatible con la utilización de bloques de sal para lamer siempre que exista libre acceso al agua de bebida.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Al Jassim, R.A.M. Supplementary feeding of horses with processed sorghum grain and oats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2006, vol. 125, p. 33-44.
2. Asai, Y. 2001. Japanese feedings standards. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 353-364. ISBN 1-897676-78-6.
3. Beynen, A.C., Hallebeek, J.M. High-fat diets for horses. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Equine Nutrition & Health Congress*, 2002, p. 24-34. Disponible en URL: <[http://home.att.net/~horsenutrition101/HIGH-FAT\\_DIETS\\_FOR\\_HORSES.pdf](http://home.att.net/~horsenutrition101/HIGH-FAT_DIETS_FOR_HORSES.pdf)>
4. Boulot S. L'ingestion chez la jument. Etude de quelques facteurs de variation au cours du cycle gestation-lactation; implications nutritionnelles et métaboliques. Tesis doctoral, Universidad de Rennes, 1987.
5. Bryden, W.L. Amino acid requirements of horses estimated from tissue composition. *Proc. Nutr. Soc. Austr.*, 1991, vol. 16, p. 53.
6. Bush, J.A., Freeman, D.E., Kline, K.H., Merchen, N.R., Fahey Jr, G.C. Dietary fat supplementation effects on in vitro nutrient disappearance and in vivo nutrient intake and total tract digestibility by horses. *J. Anim. Sci.*, 2001, vol. 79, p. 232-239.
7. Cairns, M.C., Cooper, J.J., Davidson, H.P.B., Mills, D.S. Association in horses of orosensory characteristics of foods with their post-ingestive consequences. *Anim. Sci.*, 2002, vol. 75, p. 257-265.
8. Coenen, M. German feedings standards. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 365-378. ISBN 1-897676-78-6.
9. Coenen, M. Exercise and stress: impact on adaptative processes involving water and electrolytes. *Liv. Prod. Sci.*, 2005, vol. 92, p. 131-145.
10. Coleman, R.J. Protein utilization of forage-based diets by horses. Tesis doctoral, Universidad de Alberta, 1998. Disponible en URL: <<http://www.collectionscanada.ca/obj/s4/f2/dsk2/ftp02/NQ34749.pdf>>
11. Cuddeford, D. Starch digestion in the horse. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 95-103. ISBN 1-897676-78-6.
12. Cuddeford, D. Equine nutrition: some unique features, functions and frailties of the digestive system of the horse. En Garnsworthy, P.C., Wiseman, J. (dir.), *Recent advances in animal nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2002, p. 269-318. ISBN 1-897676-09-3.
13. Cuddeford, D., Pearson, R.A., Archibald, R.F., Muirhead, R.H. Digestibility and gastrointestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oat straw given to Thoroughbreds, Shetland ponies, Highland ponies and donkeys. *Anim. Sci.*, 1995, vol. 61, p. 407-417.
14. CVB. *Tabellenboek Veevoeding 2005*. Lelystad (Holanda): Centraal Veevoederbureau, 2005. ISSN 1567-8679.
15. D'Ellis, A., Hill, J. *Nutritional physiology of the horse*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2005. ISBN 1-897676-46-8.
16. De Fombelle, A., Julliand, V., Drogoul, C., Jacotot, E. 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.*, 2001, vol. 21, nº 9, p. 439-445.
17. De Fombelle, A., Veiga, L., Drogoul, C., Julliand, V. 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.*, 2004, vol. 82, p. 3625-3634.

18. Dulphy, J.P., Martin-Rosset, W., Dubroeucq, H., Ballet, J.M., Detour, A., Jailler, M. Compared feeding patterns in ad libitum intake of dry forages by horses and sheep. *Liv. Prod. Sci.*, 1997a, vol. 52, p. 49-56.

19. Dulphy, J.P., Martin-Rosset, W., Dubroeucq, H., Ballet, J.M., Jailler, M. Evaluation of voluntary intake of forage through-fed to light horses. Comparison with sheep. Factors of variation and prediction. *Liv. Prod. Sci.*, 1997b, vol. 52, p. 97-104.

20. Duncan, P., Foose, T.J., Gordon, I.J., Gakahu, C.G., Lloyd, M. Comparative nutrient extraction from forages by grazing bovids and equids: a test of the nutritional model of equid/bovid competition and coexistence. *Oecologia*, 1990, vol. 84, p. 411-418.

21. Dunnet, C.E. Dietary lipid form and function. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition III*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2005, p. 37-154. ISBN 1-904761-28-3.

22. Duren, S. Feeding the endurance horse. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998, p. 351-364. ISBN 1-897676-83-2.

23. Edouard, N. Food intake in horse: does vegetation quality matter? [Consulta: 19 Febrero 2007]. Disponible en: <<http://www.cebc.cnrs.fr/Forga/Identite/Edouard/EdouDEA.pdf>>

24. Fahrenholz, C. Cereal grains and byproducts. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998, p. 57-70. ISBN 1-897676-83-2.

25. Frape, D. *Nutrición y alimentación del caballo*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1992. ISBN 84-200-0724-2.

26. Freeman, D.W., Wall, D.L., Topliff, D.R. Intake response of horses consuming a concentrate varying in pellet size. *A.R.P.A.S.*, 1991, vol. 6, nº 3, p. 10.

27. Garner, H.E., Moore, J.N., Johnson, J.H., Clark, L., Amend, J.F., Tritschler, L.G., Coffman, J.R., Sprouse, R.F., Hutchenson, D.P., Salem, C.A. Changes in the cecal flora associated with the onset of laminitis. *Equine Vet. J.*, 1978, vol. 10, nº 4, p. 149-252.

28. Gibbs, P.G., Potter, G.D. Concepts in protein digestion and amino acid requirements of young horses. [Consulta: 23 Febrero 2007]. Disponible en URL: <[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa4035/is\\_200212/ai\\_n9157374](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4035/is_200212/ai_n9157374)>

29. Gill, A.M., Lawrence, L.M. 1998. Effect of feeding frequency on digestion in ponies. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (UK): Nottingham University Press, 1998, p. 85-87. ISBN 1-897676-83-2.

30. Glade, M.J. The influence of dietary fiber digestibility on the nitrogen requirements of mature horses. *J. Anim. Sci.*, 1984, vol. 58, p. 638.

31. Graham, P.M., Ott, E.A., Brendemuhl, J.H., TenBroeck, S. H. The effect of supplemental lysine and threonine on growth and development of yearling horses. *J. Anim. Sci.*, 1994, vol. 72, p. 380-386.

32. Graham-Thiers, P.M., Kronfeld, D.S. Amino acid supplementation improves muscle mass in aged and young horses. *J. Anim. Sci.*, 2005, vol. 83, p. 2783-2788.

33. Hansson, N. *Alimentación de los animales domésticos*. Madrid (España): Imp. Juan Pueyo, 1934.

34. Harper, F. The stabled horse, part 1. *Horse Express*, 2002, vol. 21, nº 4. Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. Disponible en URL: <[http://animalscience.ag.utk.edu/horses/pdf/HorseExpress/Horse\\_Express\\_Fall%2002\\_002.pdf](http://animalscience.ag.utk.edu/horses/pdf/HorseExpress/Horse_Express_Fall%2002_002.pdf)>

35. Harper, F. The stabled horse, part 2: feeding the stabled horse. *Horse Express*, 2003, vol. 22, nº 1. Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. Disponible en URL: <[http://animalscience.ag.utk.edu/horses/pdf/HorseExpress/Horse\\_Express\\_Winter\\_2003.pdf](http://animalscience.ag.utk.edu/horses/pdf/HorseExpress/Horse_Express_Winter_2003.pdf)>

36. Harris, P.A. Comparison of digestible energy (DE) and net energy (NE) systems for the horse. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (UK): Nottingham University Press, 2001, p. 199-215. ISBN 1-897676-78-6.
37. Harris, P.A. How understanding the digestive process can help minimise digestive disturbances due to diet and feeding practices. [Consulta: 23 Febrero 2007]. Disponible en URL: <[http://www.effem-equine.com/Waltham%20-%20Horse/nutritional\\_aspects/digestive\\_processes.html](http://www.effem-equine.com/Waltham%20-%20Horse/nutritional_aspects/digestive_processes.html)>
38. Hecker, J.F. Ammonia in the large intestine of herbivores. *Br. J. Nutr.*, 1971, vol. 26, p. 135-145.
39. Hintz, H. F. Nutritional requirements of the exercising horse: a review. *First International Conference on Equine Exercise Physiology*. 1982. Disponible en URL: <[http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep1/\\_1201141137\\_001.pdf](http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep1/_1201141137_001.pdf)>
40. Hintz, H.F., Schryver, H.F., Doty, J., Lakin, C., Zimmerman, R.A. Oxalic acid content of alfalfa hays and its influence on the availability of calcium, phosphorus and magnesium to ponies. *J. Anim. Sci.*, 1984, vol. 58, p. 939-942.
41. Hintz, H.F., Slyter, L.L., Leffel, E.C., Weaver, J.M., Oltjen, R.R. Extruded feeds for horses. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Equine Nutrition and Physiology Symposium*, 1985, p. 174.
42. Hoekstra, K. E., Newman, K., Kennedy, M.A.P., Pagan, J.D. Effects of corn processing on glycemic response in horses. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 105-110. ISBN 1-897676-78-6.
43. Hoffman, R.M. 2003. Carbohydrate metabolism in horses. En Ralston, S.L., Hintz, H.F. (dir.), *Recent advances in equine nutrition*, Ithaca (USA): International Veterinary Information Service (IVIS), 2003. Disponible en URL: <<http://www.ivis.org>>
44. Hoffman, R.M., Wilson, J.A., Kronfeld, D.S., Cooper, W.L., Lawrence, L.A., Sklan, D., Harris, P.A. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: Direct assay and seasonal variation. *J. Anim. Sci.*, 2001, vol. 79, p. 500-506.
45. Hussein, H.S., Vogedes, L.A. Forage nutritional value for equine as affected by forage species and cereal grain supplementation. [Consulta: 23 Febrero 2007]. Disponible en URL: <[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa4035/is\\_200310/ai\\_n9313462](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4035/is_200310/ai_n9313462)>
46. Hussein, H.S., Vogedes, L.A., Fernandez, G.C.J., Frankeny, R.L. Effects of cereal grain supplementation on apparent digestibility of nutrients and concentrations of fermentation end-products in the feces and serum of horses consuming alfalfa cubes. *J. Anim. Sci.*, 2004, vol. 82, p. 1298-1996.
47. INRA. *Alimentation des ruminants*. Editado por R. Jarridge. París (Francia): Editorial INRA, 1980. ISBN 2-85-340-288-6
48. INRA. *L'Alimentation des chevaux*. Editado por W. Martin-Rosset. París (Francia): Editorial INRA, 1990. ISBN 2-738-00194-7.
49. INRA. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Editado por Sauvant, D., Perez, J.M., Tran, G. Paris (Francia): Editorial INRA, 2002. ISBN 2-7380-1046-6
50. Jackson, G. The digestive tract of the horse - Practical considerations. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998, p. 1-11. ISBN 1-897676-83-2.
51. Jansen, W.L., Van der Kuilen, J., Geelen, S.N.J., Beynen, A.C. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. *Equine Vet. J.*, 2000, vol. 32, nº 1, p. 27-30.
52. Jansson A., Dahlborn, K. Effects of feeding frequency and voluntary salt intake on fluid and electrolyte regulation in athletic horses. *J. Appl. Physiol.*, 1999, vol. 86, nº 5, p. 1610-1616.
53. Jarridge, R. Les constituants glucidiques des fourrages: variations, digestibilité et dosage. En Demarquilly, C. (dir.), *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Paris (Francia): Editorial INRA, 1981, p. 13-40. ISBN 2-85340-375-0.

54. Jarrige, R., Tisserand, J.L. Nutrition et alimentation azotées. En Jarrige, R., Martin-Rosset, W. (dir.), *Le cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation*. Paris (Francia): Editorial INRA, 1984, p. 277-302. ISBN 2-85340-605-9.
55. Johnson, R.J., Hart, J.W. Utilization of nitrogen from soybean meal, biuret and urea by equine. *Nutr. Rep. Int.*, 1974, vol. 9, nº 3, p. 209-216.
56. Jose-Cunilleras, E., Taylor, L.E., Hinchcliff, K.W. Glycemic index of cracked corn, oat groats and rolled barley in horses. *J. Anim. Sci.*, 2004, vol. 82, p. 2623-2629.
57. Julliand, V., De Fombelle, A., Drogoul, C., Jacotot, E. 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.*, 2001, vol. 21, nº 11, p. 543-546.
58. Julliand, V., De Fombelle, A., Varloud, M. Starch digestion in horses: the impact of feed processing. *Liv. Prod. Sci.*, 2006, vol. 100, p. 44-52.
59. Kienzle, E., Fehrle, S., Opitz, B. Interactions between the apparent energy and nutrient digestibilities of a concentrate mixture and roughages in horses. *J. Nutr.*, 2002, vol. 132, p. 1778S-1780S.
60. Kienzle, E., Zorn, N. Bioavailability of minerals in the horse. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> European Equine Nutrition & Health Congress*, 2006, pp. 27-36. Disponible en URL: <<http://www.equine-congress.com>>
61. Kohn, R.A., Dinneen, M.M., Russek-Cohen, E. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs and rats. *J. Anim. Sci.*, 2005, vol. 83, p. 879-889.
62. Kohnke, J.R., Kelleher, F., Trevor-Jones, P. *Feeding horses in Australia. A guide for horse owners and managers*. Editado por RIRDC, Barton (Australia): RIRDC publication Nº 49/99, 1999. ISBN 0-642-57883-4. Disponible en URL: <[www.rirdc.gov.au/reports/HOR/99-49.pdf](http://www.rirdc.gov.au/reports/HOR/99-49.pdf)>
63. Kronfeld, D.S. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance under hot and humid conditions. *Equine Vet. J.*, 1996, vol. 11, suppl. 22, p. 24-35.
64. Kronfeld, D.S., Holland, J.L., Rich, G.A., Custalow, S.E., Fontenot, J.P., Meacham, T.N., Sklan, D., Harris, P. Digestibility of fat. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Equine Nutrition and Physiology Symposium*, 2001, p. 156-158.
65. Kronfeld, D.S., Holland, J.L., Rich, G.A., Meacham, T.N., Fontenot, J.P., Sklan, D., Harris, P. Fat digestibility in *Equus caballus* follows increasing first-order kinetics. *J. Anim. Sci.*, 2004, vol. 82, p. 1773-1780.
66. Lawrence, L.A. Nutrient requirements and balancing rations for horses. [Consulta: 10 Enero 2007]. Disponible en URL: <<http://www.ext.vt.edu/pubs/horse/406-473/406-473.html>>
67. Lehninger, A.L. *Bioquímica*. Barcelona (España): Ediciones Omega, 1985. ISBN 84-282-0211-7.
68. Leroy, A.M. *Cría racional del ganado*. Barcelona (España): Ediciones Gea, 1974. ISBN 84-7287-005-7.
69. Lewis, D. L. *Alimentación y cuidado del caballo*. Buenos Aires (Argentina): Editorial Intermédica, 1991. ISBN 950-705-012.
70. Maes, B.D., Ghoos, Y.F., Geypens, B.J., Hiele, M.I., Rutgeerts, B.J. Relation between gastric emptying rate and rate of intraluminal lipolysis. *Gut*, 1996, vol. 38, p. 23-27.
71. Martin, R.G., McMeniman, N.P., Norton, B.W., Dowsett, K.F. Utilization of endogenous and dietary urea in the large intestine of the mature horse. *Br. J. Nutr.*, 1996, vol. 76, p. 373-386.
72. Martin-Rosset, W. 2001. Feeding standards for energy and protein for horses in France. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 245-303. ISBN 1-897676-78-6.
73. Martin-Rosset, W., Doreau, M. Consommation d'aliments et d'eau par le cheval. En Jarrige, R., Martin-Rosset, W. (dir.), *Le cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation*. Paris (Francia): Editorial INRA, 1984, p. 333-354. ISBN 2-85340-605-9.

74. Martin-Rosset, W., Vermorel, M., Doreau, M., Tisserand, J.L., Andrieu, J. The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein. *Liv. Prod. Sci.*, 1994, vol. 40, p. 37-56.
75. Martínez, A.L. 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. *Archivos de Zootecnia*. Aceptado para su publicación.
76. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. *Nutrición animal*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 2006. ISBN 84-200-1070-7.
77. McKenzie, E.C., Valberg, S.J., Pagan, J.D. A review of dietary fat supplementation in horses with exertional rhabdomyolysis. *AAEP Proceedings*, 2002, vol. 48, p. 381-386.
78. McLean, B.M.L., Hyslop, J.J., Longland, A.C., Cuddeford, D., Hollands, T. Physical processing of barley and its effects on intra-caecal fermentation parameters in ponies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2000, vol. 85, p. 79-87.
79. Medina, B., Girard, I.D., Jacotot, E., Julliand, V. 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.*, 2002, vol. 80, p. 2600-2609.
80. Meyer, H. Nutrition of the equine athlete. *Second International Conference on Equine Exercise Physiology*. 1987. Disponible en URL: <[http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep2/\\_1129110000\\_001.pdf](http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep2/_1129110000_001.pdf)>
81. Meyer, H., Radicke, S., Kienzle, E., Wilke, S., Kleffken, D., Illenseer, M. Investigations on preileal digestion of starch from grain, potato and manioc in horses. *J. Vet. Med. A.*, 1995, vol. 42, nº 6, p. 371-381.
82. Miller-Grabber, P., Lawrence, L., Foreman, J., Bump, K., Fisher, M., Kurcz, E. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolites in exercised quarter horses. *Third International Conference on Equine Exercise Physiology*. 1991. Disponible en URL: <[http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep3/\\_1130110442\\_001.pdf](http://www.centaure-metrix.com/iceep/pdf/iceep3/_1130110442_001.pdf)>
83. Moore-Colyer, M.J.S., Clercq, T., Drogoul, C., Julliand, V. In vivo foregut digestion of starch-based concentrate feeds in horses using the mobile bag technique. *Applying equine science: research into business*. British Society of Animal Science, 2005, p. 30. Disponible en URL: <[www.bsas.org.uk/downloads/Equine\\_BSAS\\_summaries05.pdf](http://www.bsas.org.uk/downloads/Equine_BSAS_summaries05.pdf)>
84. NRC. *Nutrient requirements of horses* (5<sup>th</sup> Revised Edition). Washington DC (USA): National Academy Press, 1989. ISBN 03-090-03989-4
85. Ohta, Y., Yoshida, T., Ishibashi, T. Estimation of dietary lysine requirement using plasma amino acid concentrations in mature thoroughbreds. *Anim. Sci. J.*, 2007, vol. 78, p. 41-46.
86. Ott, E.A. Influence of temperature stress on the energy and protein metabolism and requirements of the working horse. *Liv. Prod. Sci.*, 2005, vol. 92, p. 123-130.
87. Pagan, J.D. Measuring the digestible energy content of horse feeds. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998a, p. 71-76. ISBN 1-897676-83-2.
88. Pagan, J.D. Nutrient digestibility in horses. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998b, p. 77-83. ISBN 1-897676-83-2.
89. Pagan, J.D. Protein requirements and digestibility: a review. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998c, p. 43-56. ISBN 1-897676-83-2.
90. Pagan, J.D. Energy and the performance horse. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998d, p. 141-147. ISBN 1-897676-83-2.
91. Pagan, J.D. Carbohydrates in equine nutrition. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998e, p. 29-41. ISBN 1-897676-83-2.

92. Pagan, J.D. Forages for horses: more than just filler. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 1998f, p. 13-28. ISBN 1-897676-83-2.
93. Pagan, J.D. Factors affecting mineral digestibility in horses. En Pagan, J.D., Geor, J. (dir.), *Advances in equine nutrition II*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 13-27. ISBN 1-897676-78-6.
94. Pagan, J.D. The role of nutrition in the management of developmental orthopedic disease. En Pagan, J.D., (dir.), *Advances in equine nutrition III*. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2005, p. 417-431. ISBN 1-904761-28-3.
95. Pagan, J.D., Harris, P., Brewster-Barnes, T., Duren, S. E., Jackson, S.G. Exercise affects digestibility and rate of passage of all-forage and mixed diets in thoroughbred horses. *J. Nutr.*, 1998, vol. 128, p. 2704S-2707S.
96. Pearson, R.A., Archibald, R.F., Muirhead, R.H. A comparison of the effect of forage type and level of feeding on the digestibility and gastrointestinal mean retention time of dry forages given to cattle, sheep, ponies and donkeys. *Br. J. Nutr.*, 2006, vol. 95, p. 88-98.
97. Piatkowski, B. *El aprovechamiento de los nutrientes en el rumiante*. Buenos Aires (Argentina): Editorial Hemisferio Sur, 1982. ISBN 950-004-245-2.
98. Prior, R.L., Hintz, H.F., Lowe, J.E., Viser, W.J. Urea recycling and metabolism of ponies. *J. Anim. Sci.*, 1974, vol. 38, p. 565-571.
99. Radicke, S., Kienzle, E., Meyer, H. Preileal apparent digestibility of oats and corn starch and consequences for cecal metabolism. *Proceedings of the 12<sup>th</sup> Equine Nutrition and Physiology Symposium*, 1991, p. 43-48.
100. Ralston, S.L. Controls of feeding in horses. *J. Anim. Sci.*, 1984, vol. 59, p. 1354-1361.
101. Revuelta, L. *Bromatología zootécnica y alimentación animal*. Barcelona (España): Salvat Editores, 1963.
102. Rey, F., Hallebeek, J.M., Beynen, A.C. Apparent digestibility of crude fibre in ponies fed either a low or high-protein diet. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 2001, vol. 85, p. 251-254.
103. Rowe, J., Brown, W., Bird, S. *Save and effective grain feeding for horses*. Editado por RIRDC, Barton (Australia): RIRDC publication Nº 01/148, 2001. ISBN 0-642-58368-4. Disponible en URL: <[www.rirdc.gov.au/reports/HOR/01-148.pdf](http://www.rirdc.gov.au/reports/HOR/01-148.pdf)>
104. St. Lawrence, A., Coleman, R.J., Lawrence, L.M. Relationship between NDF and hay intake in horses: a review of published studies. Thrumpton (United Kingdom): Nottingham University Press, 2001, p. 117. ISBN 1-897676-78-6.
105. Schryver, H.F., Hintz, H.F., Craig, P.H. Calcium metabolism in ponies fed a high phosphorus diet. *J. Nutr.*, 1971a, vol. 101, p. 259-264.
106. Schryver, H.F., Hintz, H.F., Craig, P.H. Phosphorus metabolism in ponies fed varying levels of phosphorus. *J. Nutr.*, 1971b, vol. 101, p. 1257-1264.
107. Schryver, H.F., Hintz, H.F., Lowe, J.E. Calcium and phosphorus in the nutrition of the horse. *Cornell Vet.*, 1974a, vol. 64, nº 4, p. 493-515.
108. Schryver, H.F., Hintz, H.F., Lowe, J.E., Hintz, R.L., Harper, R.B., Reid, J.T. Mineral composition of the whole body, liver and bone of young horses. *J. Nutr.*, 1974b, vol. 104, p. 126-132.
109. Schryver, H.F., Parker, M.T., Daniluk, P.D., Pagan, K.I., Williams, J., Soderholm, L.V., Hintz, H.F. Salt consumption and the effect of salt on mineral metabolism in horses. *Cornell Vet.*, 1987, vol. 77, nº 2, p. 122-131.
110. Shorland, F.B., Bruce, L.W., Jessop, A.S. Studies on the composition of horse oil 2: The component fatty acids of lipids from fatty tissues, muscle and liver. *Biochem.*, 1952, vol. 52, p. 400-407.
111. Siciliano P.D., Wood, C.H. The effect of added dietary soybean oil on vitamin E status of the horse. *J. Anim. Sci.*, 1993, vol. 71, p. 3399-3402.
112. Staniar, W.B., Kronfeld, D.S., Wilson, J.A., Lawrence, L.A., Cooper, W.L., Harris, P.A. Growth of thoroughbreds fed a low-protein supplement fortified with lysine and threonine. *J. Anim. Sci.*, 2001, vol. 79, p. 2143-2151.

113. Stewart, J. Big Head or Bran Disease. [Consulta: 23 Febrero 2007]. Disponible en URL:  
<<http://www.mitavite.com.au/mitavite06/PDF/Nutritional%20Information%20PDF/Vet%20notes/Big%20Head%20or%20Bran%20Disease.pdf>>

114. Swartzman, J.A., Hintz, H.F., Schryver, H.F. Inhibition of calcium absorption in ponies fed diets containing oxalic acid. *Am. J. Vet. Res.*, 1978, vol. 39, nº 10, p. 1621-1623.

115. Tisserand, J.L. *Alimentación práctica del caballo*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1981. ISBN 84-200-0476-6.

116. Van Doorn, D.A., Everts, H., Wouterse, H., Beynen, A.C. The apparent digestibility of phytate phosphorus and the influence of supplemental phytase in horses. *J. Anim. Sci.*, 2004a, vol. 82, p. 1756-1763.

117. Van Doorn, D.A., Van der Spek, M.E., Everts, H., Wouterse, H., Beynen, A.C. The influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 2004b, vol. 88, p. 412-418.

118. Varloud, M., De Fombelle, A., Goacher, A.G., Drogoul, C., Julliand, V. Partial and total apparent digestibility of dietary carbohydrates in horses as affected by the diet. *Anim. Sci.*, 2004, vol. 79, p. 61-72.

119. Vervuert, I., Coenen, M., Bothe, C. Effects of oats processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. *J. Anim. Physiol. a. An. Nutr.*, 2003, vol. 87, p. 96-104.

120. Vervuert, I., Coenen, M., Bothe, C. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. *J. Anim. Physiol. a. An. Nutr.*, 2004, vol. 88, p. 348-355.

121. Wolter, R. Alimentation et pathologie chez le cheval. *Rec. Méd. Vét.*, 1976, vol. 152, nº 6, p. 377-384.

122. Wolter, R. *Alimentación del caballo*. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1977. ISBN 84-200-0290-9.

123. Wolter, R. La digestion chez le cheval. En Jarrige, R., Martin-Rosset, W. (dir.), *Le cheval. Reproduction, sélection, alimentation, exploitation*. Paris (Francia): Editorial INRA, 1984, p. 189-208. ISBN 2-85340-605-9.

124. Wolter, R., Moraillon, R., Toulat, B. Aliments complets pour chevaux: nouveaux essais. *Rec. Méd. Vét.*, 1971, vol. 147, nº 6, p. 565-570.

125. Zeyner, A., Geibler, C., Dittrich, A. 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. An. Nutr.*, 2004, vol. 88, p. 7-19.

126. Zeyner, A., Kienzle, E. A method to estimate digestible energy in horse feed. *J. Nutr.*, 2002, vol. 132, p. 1771S-1773S.

**REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria** (ISSN nº 1695-7504) es medio oficial de comunicación científico, técnico y profesional de la Comunidad Virtual Veterinaria, se edita en Internet ininterrumpidamente desde 1996. Es una revista científica veterinaria referenciada, arbitrada, online, mensual y con acceso a los artículos íntegros. Publica trabajos científicos, de investigación, de revisión, tesis, tesis doctorales, casos clínicos, artículos divulgativos, de opinión, técnicos u otros de cualquier especialidad en el campo de las **Ciencias Veterinarias** o relacionadas a nivel internacional.

Se puede acceder vía web a través del portal **Veterinaria.org®**. <http://www.veterinaria.org> o en desde **RECVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Se dispone de la posibilidad de recibir el Sumario de cada número por correo electrónico solicitándolo a [redvet@veterinaria.org](mailto:redvet@veterinaria.org) Si deseas postular tu artículo para ser publicado en **REDVET®** contacta con [redvet@veterinaria.org](mailto:redvet@veterinaria.org) después de leer las Normas de Publicación en <http://www.veterinaria.org/normas.html>

Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica siempre que se cite la fuente, enlace con **Veterinaria.org®**. <http://www.veterinaria.org> y **REDVET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

**Veterinaria Organización S.L.® (Copyright) 1996-2008 E\_mail: [info@veterinaria.org](mailto:info@veterinaria.org)**

