

Uso de cereales y concentrados para la alimentación en caballos

Ronald H. Santos-Ricalde¹, Carlos F. Aguilar-Pérez¹

Introducción

El caballo es un herbívoro que evolucionó consumiendo pastos y forrajes en vida silvestre y, tal vez, algunos granos de cereales, pero éstos en pequeñas cantidades disponibles en las praderas. En los caballos, la digestión de la fibra de los forrajes ocurre por fermentación anaerobia bacteriana en el intestino grueso lo que permite digerir la fibra y producir ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) que son útiles para el metabolismo energético (Ochonski et al. 2020).

Los caballos pueden obtener hasta 70 % de sus requerimientos de energía digestible para mantenimiento de los ácidos grasos volátiles (Santos et al. 2011; Ochonski et al. 2020). En ciertas condiciones, los caballos maduros y en descanso pueden cubrir sus requerimientos de mantenimiento consumiendo solamente forrajes de buena calidad *ad libitum* (Figura 1). Sin embargo, cuando estos animales son sometidos a trabajos físicos, que demandan mayor cantidad de nutrientes, ya no es suficiente los pastos y forrajes y por tanto requieren de una suplementación de proteína, energía, minerales y vitaminas en su dieta (Siciliano 2002).



Figura 1. Caballo en pastoreo continuo.

Con el uso de cereales y concentrados en la dieta se puede suministrar a los caballos almidón. Éste insumo es muy importante para el metabolismo energético basado en la glucosa, para la síntesis de leche en hembras lactantes y para almacenar energía como glucógeno (Waller y Lindinger 2010; Sadovnikova et al. 2021). Asimismo, se pueden proveer grasas y aceites en la dieta que son fuentes concentradas de energía y de ácidos grasos esenciales (Suzanne et al. 1999). Otros nutrientes importantes en los concentrados son las proteínas y aminoácidos esenciales para la síntesis de tejido muscular principalmente (Siciliano 2002). También, se pueden incluir en los concentrados vitaminas y minerales que intervienen en diversos procesos metabólicos y tienen funciones importantes a nivel celular y de los tejidos. En este trabajo se abordan consideraciones e implicaciones del uso de cereales y concentrados en la alimentación de los caballos, enfatizando algunas recomendaciones prácticas para evitar trastornos digestivos y metabólicos en estos animales.

Anatomía del aparato digestivo y del proceso digestivo

Como en otros herbívoros, la secreción de amilasa salival en el caballo es poco significativa y el alimento permanece muy poco tiempo en la boca (Boehlke et al. 2015). Por lo tanto, el almidón del alimento llega sin digerir hacia el estómago y posteriormente al intestino

delgado (ID). La digestión del almidón se realiza en su totalidad en el ID. Debido a que la cámara de fermentación (i.e., intestino grueso) en el caballo se encuentra después del ID, todo el almidón que no sea digerido aquí se fermentará en el intestino grueso (IG). En el caso de las proteínas y aminoácidos ocurre lo mismo. Toda la proteína que no se digiera en el estómago, o el ID, y los aminoácidos que no se absorban en el ID se fermentan en el IG. Las grasas y aceites que no sean digeridas y absorbidas en el ID también llegarán al IG y podrían disminuir la eficiencia de fermentación de la fibra.

Todos los nutrientes del concentrado (e.g., energía, proteína y lípidos) deben ser digeridos en el estómago, o el ID, y los productos de la digestión absorbidos en el ID. En caso contrario, los productos llegarán al IG ocasionando cambios en pH, modificación del patrón de fermentación en el IG, cambios en la microflora, cólicos, acidosis, laminitis y otros trastornos digestivos o metabólicos (Santos et al. 2011; Coizet et al. 2014). Además, ocurre un costo por la pérdida de nutrientes que se fermentan en el IG, en vez de ser digeridos y absorbidos en el ID para ser aprovechados directamente en los procesos metabólicos del animal.

Importancia del nivel de almidón en la dieta

En Yucatán, los cereales usados para la elaboración de alimentos para caballos son el maíz, que tiene más almidón (70%), el trigo, sorgo y avena (60, 48 y 44% de almidón, respectivamente) (Tabla 1). La avena tiene un buen balance de almidón y proteína cruda, y es considerada el insumo ideal para alimentar caballos. Su desventaja es el costo y la poca disponibilidad. El maíz es el cereal más usado en la elaboración de concentrados para alimentar caballos en Yucatán, y se usa quebrado, molido o rolado.

Tabla 1. Principales insumos usados en la alimentación de caballos en Yucatán (INRAE-CIRAD-AFZ Feed Tables).

Insumo	% de almidón	% de Proteína cruda
Maíz	70.2	8.2
Trigo	62.1	10.2
Sorgo	48.0	9.0
Avena	44.0	12.0
Salvadillo de trigo	25.9	15.5
Salvado de trigo	21.91	15.0
Canola	5.1	37.0
Pasta de soya	1.8	44.0
Alfalfa	2.01	17.0

Otros insumos utilizados para la elaboración de concentrados para alimento en Yucatán son los subproductos de oleaginosas, como la pasta de soya y la canola. Éstas tienen poco almidón, pero son una buena fuente de proteína. También son frecuentes algunos subproductos fibrosos, como el salvado y el salvadillo, que no tienen más de 25 % de almidón. Otro insumo utilizado es la alfalfa, que tiene poco almidón (menos del 2%), pero es una buena fuente de fibra y proteína. La desventaja de la alfalfa es su costo, pues no se produce en la región y se trae del centro de México (Figura 2).



Figura 2. Caballo alimentándose de un concentrado peletizado a base de cereales.

Cuando el almidón no es digerido totalmente en el ID, llega al IG, donde se fermenta y se modifica el ambiente del IG. Cuando se alimenta a los caballos con niveles altos de maíz, se acidifica el pH de las heces y éstas se vuelven más acuosas. En consecuencia, hay cambios digestivos evidentes. En el IG se incrementa la proporción de bacterias que utilizan el almidón como sustrato para sus procesos metabólicos (amilolíticas), disminuye la flora bacteriana celulótica y aumenta la concentración de bacterias con potencial patógeno como *Enterococcus* (Harlow et al. 2016). También, dietas altas en almidón incrementan la producción de ácido láctico en el estómago, lo que se asocia con úlceras estomacales y cólicos (Jassim y Andrews, 2009).

Cuando se alimenta a los caballos con dietas muy altas en carbohidratos, el incremento de glucosa en sangre se ha relacionado con la inflamación de la Laminae en el casco de las patas (Laminitis) (Milinovich et al. 2008), con resistencia a la insulina (Tadros y Frank, 2011) y enfermedades ortopédicas (Coizet et al. 2014). Cabe destacar que el maíz tiene uno de los índices glucémicos más altos en caballos (112 %) (Rodiek y Stull 2007).

La recomendación práctica entonces es alimentar a los caballos con un máximo de 2 g de almidón por kilogramo de peso vivo en dos comidas (1 g/kg de peso vivo en cada comida) (Julliard et al. 2006). Con base en lo anterior, con maíz con un 70% de almidón se recomienda 1,200 g/día de maíz en dos comidas (600 g de maíz/comida) para un caballo de 400 kg de peso. En caso de utilizar alimento balanceado para caballos y se desconoce la concentración de almidón, la recomendación es 1 kg de alimento por cada 100 kg de peso vivo por día en dos comidas.

Procesamiento de cereales y concentrados

El procesamiento térmico de cereales y concentrados tiene un efecto directo sobre la velocidad de digestión del almidón en el ID y sobre el índice glucémico de la dieta. Por ejemplo, si el maíz es sometido a extrusión la velocidad de digestión del almidón se incrementa 100% (Julliard et al. 2006). Estos procesos mejoran la digestión del almidón del alimento y reducen la posibilidad que llegue almidón no digerido al IG. Por ejemplo, el maíz entero o quebrado tiene una digestibilidad de almidón de 29%, pero cuando éste se muele entonces su digestibilidad mejora a 70% (Figura 3). Sin embargo, si se somete a un proceso térmico de expandido la digestibilidad del almidón puede llegar al 90%, lo cual es excelente porque permite que la mayor parte del almidón se digiera y se absorba en el ID del caballo

(Julliand et al. 2006). Sin embargo, estos procesos térmicos no evitan que pueda llegar almidón no digerido al IG si se incluyen niveles muy altos de almidón en la dieta.



Figura 3. Maiz entero (izquierda) y quebrado (derecha).

Uso de grasas y aceites en la alimentación

Debido al inconveniente de suministrar más energía a los caballos usando cereales, por la limitante del nivel de almidón en la dieta, se sugiere incluir aceites y grasas en la dieta (Zeyner et al. 2002). El uso de éstos en la dieta mejora el desempeño metabólico y al mismo tiempo reduce la producción de calor metabólico en comparación con el metabolismo basado en carbohidratos (Kronfeld 1996), y además ayuda a prevenir úlceras estomacales (Jayaraj et al. 2001).

El tejido muscular tiene una gran capacidad para disponer de ácidos grasos como fuente de energía durante los periodos de ejercicio intenso (Suzanne et al. 1999). Al inicio de sus actividades físicas, los caballos disponen de sus reservas de glucógeno, las cuales se formaron a partir de la glucosa dietética. Cuando se requiere, el glucógeno se convierte en glucosa, la cual se oxida hasta piruvato en el ciclo de las pentosas, y posteriormente en acetil CoA hasta completar el ciclo de Krebs en la mitocondria (Figura 4). Sin embargo, esta reserva de energía se consume rápidamente, por lo que se empieza a movilizar el tejido adiposo del musculo (Le Moyec et al. 2014).

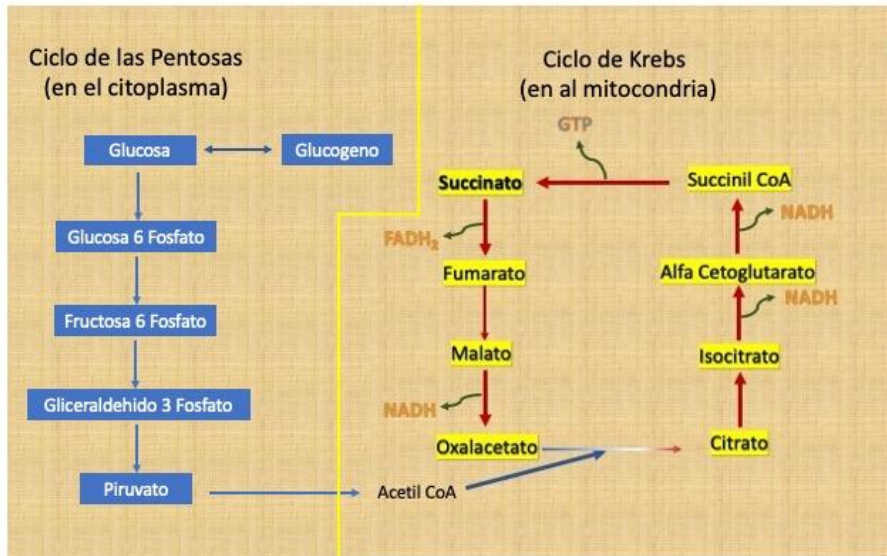


Figura 4. Las reservas de glucógeno se convierten en glucosa y se oxidan hasta piruvato y acetil CoA, el cual se condensa en el ciclo de Krebs para formar ATPs.

Los ácidos grasos son oxidados a acetil CoA, en las mitocondrias de las células musculares, a través de la vía metabólica de la Beta oxidación y, posteriormente, el acetil CoA es oxidado en el ciclo de Krebs para formar ATPs (Figura 5). La obtención de energía a partir de la oxidación de los ácidos grasos es muy eficiente. Un mol de grasa produce más energía que un mol de glucosa. Este metabolismo basado en los lípidos es lo que permite que los caballos puedan mantenerse corriendo en competencias de tipo ‘endurance’ o de larga duración (Oldruitenborgh-Oosterbaan et al. 2002).

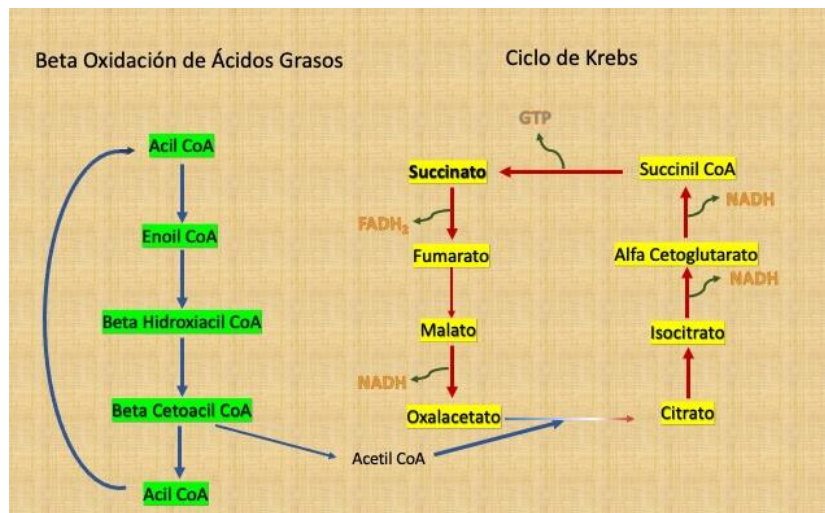


Figura 5. Oxidación de los ácidos grasos a acetil CoA para obtener ATP's en el ciclo de Krebs.

Si bien se pueden sintetizar ácidos grasos a partir de la glucosa, es más eficiente en términos metabólicos formar reservas de tejido adiposo a partir de los ácidos grasos de la dieta, los cuales son almacenados en forma de triglicéridos en los adipocitos. La formación de ácidos grasos a partir de la glucosa en herbívoros que tienen limitaciones para consumir almidón es metabólicamente ineficiente (D'Mello 2000).

En términos prácticos, se puede utilizar hasta un 10% de aceite en la dieta concentrada o añadirla sobre al alimento (Zeyner et al. 2002). Se recomienda suministrar en dos comidas y adaptar poco a poco al caballo al consumo de aceite, por lo que se sugiere aumentar gradualmente la cantidad de aceite hasta que el caballo consuma la cantidad de aceite deseada (Zeyner et al. 2002).

Conclusiones

El caballo es un herbívoro capaz de cubrir sus requerimientos energéticos por consumo *ad libitum* de forrajes de buena calidad. Sin embargo, cuando el animal es sometido a trabajo en el campo, o actividades deportivas, se requiere suplementar una dieta con insumos de mayor concentración energética. Para preparar estos suplementos, debe considerarse la cantidad de almidón en los insumos. Cantidades elevadas de almidón en la dieta pueden ocasionar trastornos digestivos, metabólicos, laminitis, y otros trastornos musculoesqueléticos. En caso necesario, se puede aumentar la concentración energética usando grasa o aceites.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
rsantos@correo.uady.mx

Santos-Ricalde RH, Aguilar-Pérez CF. 2022. Uso de cereales y concentrados para la alimentación en caballos. *Bioagrociencias* 15(1):10-18.

Referencias

- Boehlke C, Zierau O y Hanning C. 2015. Salivary amylase - The enzyme of unspecialized euryphagous animals. *Archives of Oral Biology* 60: 1162- 1176.
- Coizet B, Nicoloso L, Marletta D, Tamioczo-Calligarich A, Pagnacco G y Crepaldi P. 2014. Variation in salivary and pancreatic alpha-amylase genes in Italian horse breeds. *Journal of Heredity* 105:429-435.
- D'Mello JPF. 2000. *Farm animal metabolism and nutrition*. CABI Publishing. England. 448 pp.
- Harlow BE, Lawrence LM, Hayes SJ, Crum A y Flythe MD. 2016. Effect of dietary starch source and concentration on equine fecal microbiota. *PlosOne* 11:e0154037. doi:10.1371/journal.

- INRAE-CIRAD-AFZ Feed tables (27 noviembre 2021). Composition and nutritive values of feeds for cattle, sheep, goats, pigs, poultry, rabbits, horses and salmonids. <https://www.feedtables.com>
- Jassim Al RA y Andrews F. 2009. The bacterial community of the horse gastrointestinal tract and its relation to fermentative acidosis, laminitis, colic, and stomach ulcers. *The Veterinary clinics of North America. Equine Practice* 25:199-215.
- Jayaraj AP, Tovey FI, Lewin MR y Clark CG. 2001. Duodenal ulcer prevalence: Experimental evidence for the possible role of dietary lipids. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 15:610-616.
- Julliard V, Fombelle De A y Varloud M. 2006. Starch digestion in horses: The impact of feed processing. *Livestock Science* 100: 44-52.
- Kronfeld, DS. 1996. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance, under hot and humid conditions. *Equine Veterinary Journal* 28: 24-34.
- Le Moyec L, Robert C, Triba MN, Billat VL, Mata X, Schibler L y Barrey E. 2014. Protein catabolism and high lipid metabolism associated with long distance exercise are revealed by plasma NMR metabolomics in endurance horses. *PlosOne* 9: e90730. doi.org/10.1371/journal.pone.0090730
- Milnovich GJ, Burrell PC, Pollitt CC, Klieve AV, Blackall LL, Ouwerkerk D, Woodland y Trott DJ. 2008. Microbial ecology of the equine hindgut during oligofructose-induced laminitis. *The ISME Journal* 2:1089-1100.
- Ochonski P, Drouillard JS, Douthit TL, Vahl C y Lattimer JM. 2020. Caecal fermentation characteristics of commonly used feed ingredients. *Equine Veterinary Journal* 53:1056-1062
- Rodiek AV y Stull CL. 2007. Glycemic index of ten common horse feeds. *Journal of Equine Veterinary Science* 27:205-211.
- Sadovnikova A, Garcia SC y Hovey RC. 2021. A comparative review of the extrinsic and intrinsic factors regulating lactose synthesis. *Journal of Mammary land and Neoplasia* 26:197-215.
- Santos AS, Rodriguez MAM, Bessa RJB, Ferreira LM y Martin-Rosset W. 2011. Understanding the equine cecum-colon ecosystem: current knowledge and future perspectives. *Animal* 5:48-56.
- Siciliano PD. 2002. Nutrition and feeding of the geriatric horse. *Veterinary clinics of North America: Equine Practice* 18:491-508.
- Oldruijtenborgh-Oosterbaan MMS, Annee MP, Verdegaal EJM M, Lemmens AG y Beynen AC. 2002. Exercise and metabolism-associated blood variables in Standardbreds fed either a low or a high-fat diet. *Equine Exercise Physiology* 34:29-32.
- Suzanne NJG, Marianne M, van Oldruijtenborgh-Oosterbaan V y Beynen AC. 1999. Dietary fat supplementation and equine plasma lipid metabolism. *Equine Exercise Physiology* 30:475-478.
- Tadros EM y Frank N. 2011. Endocrine disorders and laminitis. *Equine Veterinary Education* 25:152-162.
- Waller AP y Lindinger M I. 2010. Nutritional aspects of post exercise skeletal muscle glycogen synthesis in horses: A comparative review. *Equine Veterinary journal* 42:274-281.
- Zeyner A, Bessert J y Gropp JM. 2002. Effect of feeding exercised horses on high starch or high fat diets for 390 days. *Equine Exercise Physiology* 34:50-57.