

Suplementación de yeguas criollas colombianas con subproductos de arroz y su efecto sobre la digestibilidad y dinámica folicular

Supplementation of Colombian creole mares with rice by-products and its effect on digestibility and follicular dynamics

Fernando E. Vega Díaz¹, Jaime R. Rosero-Noguera²,
José R. Martínez Aranzales^{3*}

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el coeficiente de digestibilidad aparente de una dieta con heno Angleton y concentrado a base de subproductos de arroz, y su impacto sobre parámetros de la dinámica folicular. Siete yeguas criollas colombianas fueron alimentadas con heno de Angleton a voluntad (T1) y heno de Angleton más concentrado elaborado con subproductos de arroz (T2), por periodos de 75 días. Se tomaron muestras de las dos dietas para análisis bromatológico, muestras de heces para la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente y muestras de sangre para la determinación de analitos metabólicos y hormonales. Adicionalmente, se realizaron seguimientos foliculares a través de ultrasonografía transrectal. El concentrado elaborado con subproductos del arroz mejoró el coeficiente de digestibilidad aparente de la fracción fibrosa de la dieta e influyó en el crecimiento diario del diámetro del folículo preovulatorio, duplicando los niveles de FSH y LH.

Palabras clave: digestibilidad aparente, estro, hormonas, nutrición, yeguas

¹ Departamento de Sanidad Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

² Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias – GRICA, Escuela de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

³ Línea de Investigación en Medicina y Cirugía Equina – LIMCE, Grupo de Investigación Centauro, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

* E-mail: jose.martinez@udea.edu.co

Recibido: 14 de junio de 2022

Aceptado para publicación: 30 de diciembre de 2022

Publicado: 27 de febrero de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the apparent digestibility coefficient of a diet with Angleton hay and concentrate based on rice by-products, and its impact on parameters of follicular dynamics. Seven Colombian criollo mares were fed Angleton hay *ad libitum* (T1) and Angleton hay plus concentrate containing rice by-products (T2) for periods of 75 days. Samples of the two diets were taken for bromatological analysis, faecal samples for the determination of the apparent digestibility coefficient and blood samples for the determination of metabolic and hormonal analytes. Additionally, follicular monitoring was performed through transrectal ultrasonography. The concentrate made with rice by-products improved the apparent digestibility coefficient of the fibrous fraction of the diet and influenced the daily growth of the preovulatory follicle diameter, doubling the levels of FSH and LH.

Key words: apparent digestibility, estrus, hormones, nutrition, mares

INTRODUCCIÓN

Los equinos en pastoreo consumen forraje entre 12 a 16 horas del día, en periodos alternos de 2 a 3 horas (Venable *et al.*, 2017). El consumo de forraje se restringe en confinamiento, por tanto, se suplementa con alimentos concentrados para suplir las demandas energéticas y nutritivas (Martínez, 2008). Tradicionalmente, los concentrados son elaborados con altos porcentajes de cereales, como el maíz y la cebada (Garg *et al.*, 2004), a pesar de la existencia de otras fuentes alternativas que ofrece el trópico y que pueden reducir los costos de producción, como son los subproductos agroindustriales, que actualmente se han venido incorporando a los alimentos balanceados para animales ante el elevado costo de los cereales (Arrieta *et al.*, 2007; Sohail *et al.*, 2017).

Diversos estudios han demostrado efectos terapéuticos del arroz y sus subproductos como el salvado o el arroz integral (Ling *et al.*, 2001; Xia *et al.*, 2003). Adicionalmente, el arroz blanco o pulido contiene carbohidratos, trazas de yodo, hierro, magnesio, fósforo y cantidades pequeñas de proteínas y grasas, en tanto que el arroz con cáscara

contiene los ácidos palmítico, oleico, linoleico y en menor cantidad ácidos esteárico y linolénico (Kim *et al.*, 2012). De forma similar, el salvado de arroz posee el máximo contenido de energía, proteína, vitaminas del complejo B, vitamina E (α -tocoferol y tocotrienol), γ -orizanol, γ -ácido aminobutírico (GABA), vitamina K, fósforo, además de ácido glutámico y aspártico, y aminoácidos neurotransmisores (FAO, 2018). Martínez *et al.* (2007), asimismo, reportó que el exceso del aminoácido glutámico interviene en la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), estimulando la liberación de LH y FSH. Igualmente, el ácido aspártico como neurotransmisor del sistema nervioso participa en la liberación de GnRH, LH y hormona del crecimiento (Foster *et al.*, 2016).

La información científica del empleo de subproductos del arroz en la dieta equina es relativamente escasa. Los estudios en caballos se han realizado sobre el efecto de las enfermedades endocrinas y la respuesta metabólica a la restricción o exceso de los alimentos (McManus y Fitzgerald, 2000; García *et al.*, 2013; Burns, 2016). Adicionalmente, se han utilizado aceites de arroz y maíz en dietas de equinos para evaluar los

efectos anti-ulcerogénicos en el estómago (Cargile *et al.*, 2004; Frank *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2016). En este aspecto, Canibal *et al.* (2008) en ponis suplementados con aceite de arroz registraron un aumento del crecimiento del folículo pre-ovulatorio.

Este estudio tuvo como objetivo determinar el coeficiente de digestibilidad aparente del heno Angleton (*Dichanthium aristatum*) y de un concentrado elaborado con subproductos de arroz, y su impacto sobre el crecimiento del folículo preovulatorio y concentración de analitos sanguíneos como colesterol total (CT), triglicéridos (TG), glucosa (Glu), progesterona (P_4), estradiol (E_2), hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el manejo y sujeción de los animales se cumplió con la Declaración Universal de los Derechos de los Animales del Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS), de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) y el Estatuto Colombiano de Protección Animal, ley 84 de octubre 27 de 1989 (MADR, 2014). Los animales no fueron sometidos a padecimientos innecesarios durante la manipulación en la colecta de las muestras o el estudio ecográfico transrectal.

El trabajo fue desarrollado en una región intertropical de Colombia ($4^{\circ}15' N$ y $75^{\circ}30' O$), a 1285 msnm, con clima clasificado como Ecuatorial o Tropical Húmedo (AF), según el sistema Köppen-Geiger. La zona presenta una temperatura promedio máxima de $28^{\circ}C$ y mínima $18^{\circ}C$, y precipitación pluvial promedio de 2860 mm. La zona del estudio se encuentra cercana a una extensa región agrícola destinada al cultivo de arroz a nivel industrial.

Animales

Un grupo de siete (7) yeguas criollas colombianas, adultas, edad 5 ± 1 años, peso promedio 320 ± 15 kg, condición corporal 4/9 (Henneke, 1983), múltiparas, no gestantes, clínicamente sanas y sin historial de problemas reproductivos, fueron seleccionadas por conveniencia. Todas las yeguas fueron desparasitadas con ivermectina vía oral y estabuladas para la fase experimental. La dieta fue a base de heno de gramínea y concentrado a base de subproductos de arroz, suplemento mineral y agua potable a voluntad.

Dietas

La fase experimental estuvo constituida por dos periodos, cada uno con 75 días de duración. En cada periodo fue evaluada una dieta experimental sobre el mismo grupo de animales. Se estableció un intervalo de 15 días entre periodos experimentales para eliminar el efecto residual entre tratamientos (Pearson *et al.*, 2001). En el tratamiento 1 (T1), la dieta estuvo constituida exclusivamente por heno de Angleton (*Dichanthium aristatum*) ofrecido a voluntad; en el tratamiento 2 (T2), los animales fueron alimentados con heno de Angleton a voluntad y un suplemento concentrado elaborado con subproductos de arroz, con un periodo previo de cinco (5) días de adaptación a la nueva dieta, conforme lo recomendado por Quadros *et al.* (2004). La cantidad diaria de suplemento concentrado ofrecido correspondió al 1% del peso corporal, el cual fue dividido en dos raciones iguales que se distribuyeron en el comedero de cada animal a las 08:00 y 15:00 h. Los ingredientes del suplemento y la composición química del heno y el suplemento se describen en el Cuadro 1.

La cantidad de alimento ofrecido y rechazado por cada animal fue registrada diariamente para determinar por diferencia la cantidad de alimento consumido. Muestras

Cuadro 1. Ingredientes y composición química del heno de Angleton (*Dichanthium aristatum*) y del suplemento concentrado a base del subproducto del arroz

Nutriente	Heno	Suplemento
Materia seca (MS), %	89.9	88.6
Cenizas, % de la MS	7.9	5.3
Extracto etéreo, % de la MS	1.38	17.5
Proteína bruta, % de la MS	3.8	10.9
Fibra bruta, % de la MS	41.3	3.1
Carbohidratos no fibrosos, % de la MS	19.22	51.8
Fibra detergente neutra, % de la MS	67.7	36.8
Fibra detergente ácida, % de la MS	36.7	3.7
Energía digestible, Mcal/kg	2.23	4.01
DIVMS ¹ , % ²	60.31	86.01
Ingrediente		
Torta de soya		7.95
Granza		50.00
Salvado de arroz		22.00
Pica de arroz		9.40
Aceite de maíz		3.75
Melaza		2.25
Sal		0.50
Fosfato		1.45
Carbonato de calcio		2.00
Núcleo equino® (Premex)		0.70

¹ DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca

semanales del alimento ofrecido y rechazado por animal fueron colectadas y almacenadas a -10 °C para cada periodo experimental. Al final del ensayo, las muestras fueron analizadas para determinar los contenidos de materia seca (MS) (AOAC 930.15), proteína cruda (PC) (AOAC 984.13), fibra cruda (FC) (AOAC 978.10), extracto etéreo (EE) (AOAC 930.09) y cenizas (CNZ) (AOAC 942.05). Las concentraciones de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fueron analizadas según lo descrito por Van Soest *et al.* (1991). La cantidad de carbohidratos no fibrosos (CNF) fue determinada por diferencia (100- [%FDN+%PC+%EE+%CNZ]).

Folículo Preovulatorio

Se realizaron aproximaciones con un macho entero con el fin de inducir y observar la manifestación de estro, considerándose el día 0 el inicio de este. Se hizo el seguimiento ultrasonográfico diario (Aquila Vet®, modo B, transductor lineal 6MHz) con un transductor transrectal, midiendo el diámetro inicial y final (mm) del folículo preovulatorio, así como el número de días de crecimiento y crecimiento diario hasta la ovulación. Se valoraron un total de 28 fases de celo; es decir, cuatro (4) ovulaciones por yegua durante los periodos de evaluación de las dietas experimentales (T1 y T2).

Laboratorio Clínico

Desde el día 0 (inicio del estro) hasta la ovulación en T1 y T2 se tomaron muestras diarias (entre 06:00 a 07:00). de sangre por punción de la vena yugular. Las muestras fueron centrifugadas por 15 min a 3000 rpm, para colectar el suero y almacenarse a -20 °C. Se determinó Glu, CT y TG a través de un analizador fotométrico de química sanguínea (Rayto RT-1904CV®).

Adicionalmente, se determinaron los niveles de FSH, LH, E₂ y P₄ a través de kits de ELISA comercial (AccuBind®, Monobind Inc.), con previa validación y determinación de valores para uso en yeguas. Las placas de ELISA fueron analizadas sobre un lector convencional de longitud de onda de 405-630 nm (Chromate® 4300, Awareness Technology, USA). El test de ELISA tuvo una sensibilidad y un coeficiente de variación intra e inter-ensayo de 0.006 mUI/ml, 3.8% y 8.4% para FSH; 0.003 mUI/ml, 3.9% y 10.8% para LH; 8.2 pg/ml, 8.5% y 3.8% para E₂ y 0.105 ng/ml, 3.8%, 7.5% para P₄.

Coefficiente de Digestibilidad Aparente

Muestras de heces (200 g) fueron colectadas del recto de cada yegua, dos (2) veces al día durante cinco (5) días en la última semana de cada periodo experimental, iniciando el primer día a las 8:00 y 13:00 h, el segundo a las 9:00 y 14:00 h, así sucesivamente hasta el último día con colecta a las 12:00 y 17:00 h, para disminuir el efecto de la variación diurna (Soncin *et al.*, 2009). Las muestras de cada animal se mezclaron y se tomó una alícuota correspondiente al 10% del peso de la muestra compuesta. Cada alícuota se almacenó en bolsa plástica debidamente rotulada e identificada y se almacenó a -10 °C.

Las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente y homogenizadas para determinar el contenido de MS, PB, EE, FB, CNF, FDN y FDN. El coeficiente de

digestibilidad aparente (CDA) fue determinado por el método indirecto, usando como indicador interno las cenizas insolubles en ácido clorhídrico (CIA) (Soto y Rojas, 2016). Una vez obtenido el porcentaje de cenizas ácido insoluble de las dietas y de la materia fecal, se determinó la digestibilidad aparente expresada en forma porcentual (Soto y Rojas, 2016) según la fórmula siguiente:

$$CDA, \% = 100 - \left[100 \left(\frac{\% \text{ marcador en alimento}}{\% \text{ marcador en heces}} \right) \left(\frac{\% \text{ nutrientes en heces}}{\% \text{ nutrientes en alimento}} \right) \right] \text{ (Ec.1)}$$

Análisis Estadístico

El diseño experimental estuvo constituido por siete (7) repeticiones por tratamiento durante cuatro (4) ciclos de celo por yegua. Las medias de las variables de digestibilidad y parámetros reproductivos fueron analizadas bajo un diseño de sobre cambio (*chage-over*) de acuerdo con el siguiente modelo matemático: $Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + SUB_j + \varepsilon_{ij}$, $i=1, \dots, a$; $j=q, \dots, n$, donde Y_{ij} = observación en el sujeto (animal) j con el tratamiento i , m = Media general, τ_i = Efecto fijo del tratamiento i , SUB_j = efecto aleatorio del sujeto (animal) j con media cero y varianza $\sigma^2 s$, ε_{ij} = error aleatorio con media 0 y varianza σ^2 , a = número de tratamientos; n = número de sujetos.

Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa Statystical Analisis System (SAS v. 9.4 para Windows) y las medias de tratamientos se compararon considerando un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

El consumo de materia seca y los coeficientes de digestibilidad aparente de las variables MS, PB, EE, FB, CNF, FDN, FDA del heno Angleton suministrado *ad libitum* (T1) y del concentrado elaborado con subproductos del arroz (T2) se presentan en el Cuadro 2. El suplemento a base de subproductos de arroz permitió un incremento significativo en el consumo de materia seca

Cuadro 2. Consumo de materia seca (CMS) y digestibilidad aparente de las dietas experimentales ofrecidas a yeguas

Variable	Heno de Angleton (T1)	Heno de Angleton + concentrado (T2)
CMS, kg/día	8.2 ± 0.5 ^b	9.4 ± 0.6 ^a
Digestibilidad aparente (%)		
Materia seca, MS	57 ^a	54 ^a
Proteína bruta, PB	42 ^b	70 ^a
Extracto etéreo, EE	47 ^b	66 ^a
Fibra bruta, FB	58 ^b	63 ^a
Fibra detergente neutro, FDN	56 ^a	59 ^a
Fibra detergente ácido, FDA	51 ^b	56 ^a

^{a,b} Letras diferentes en una misma línea indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

Cuadro 3. Variables determinadas en el seguimiento ultrasonográfico de los folículos preovulatorios y analitos sanguíneos de las yeguas criollas colombianas sometidas dos dietas

	Heno de Angleton (T1)	Heno de Angleton + concentrado (T2)	Valor referencial ¹
Días crecimiento folículo preovulatorio (DCFP)	4.3 ± 0.67 ^a	3.8 ± 0.44 ^b	
Diámetro (mm) inicial folículo preovulatorio (DIFP)	28.5 ± 3.01 ^a	35.9 ± 1.33 ^b	
Diámetro (mm) final folículo ovulatorio (DFFO)	37.3 ± 2.0 ^a	43.6 ± 1.34 ^b	
Crecimiento diario (mm) folículo preovulatorio (CDFP)	2.7 ± 0.52 ^a	2.8 ± 0.37 ^b	
Analitos			
Colesterol total, mg/dl	97 ± 8.54 ^a	102 ± 6.08 ^a	70-142
Triglicéridos, mg/dl	5.3 ± 7.9 ^a	5.6 ± 16.09 ^a	25.69 ± 10.62
Glucosa, mg/dl	83 ± 6.81 ^a	79 ± 4.04 ^a	62.2-114
FSH, mUI/ml	0.10 ± 0.15 ^a	0.24 ± 0.37 ^b	No reporta
LH, mUI/ml	0.14 ± 0.14 ^a	0.40 ± 0.18 ^b	No reporta
Progesterona, ng/ml	0.87 ± 0.77 ^a	0.79 ± 0.5 ^b	0.25 ± 0.3
Estradiol, ng/ml	67.71 ± 23.99 ^a	78.89 ± 4.26 ^b	52.25 ± 18.24

^{a,b} Letras diferentes en la fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$)

¹ Kaneco *et al.* (2008)

y en la digestibilidad de la PB, EE, FB y FDA. Los coeficientes de digestibilidad de la MS y la FDN fueron equivalentes entre las dietas experimentales.

Los valores del seguimiento folicular por ultrasonografía, descritas en las variables días de crecimiento del folículo pre-ovulatorio (DCFP) (día cero o inicio de la manifestación del estro hasta la ovulación), diámetro inicial del folículo dominante (DIFP), diámetro final del folículo ovulatorio (DFFO), crecimiento diario del folículo pre-ovulatorio (CDFP) y analitos metabólicos y hormonales sanguíneos de las yeguas criollas colombianas que consumieron ambas dietas (T1 y T2) se presentan en el Cuadro 3.

La dieta T2 presentó mejores resultados ($p < 0.05$) en todas las variables consideradas en el seguimiento ultrasonográfico (Cuadro 2). Los folículos fueron de mayor tamaño y requirieron menos días para alcanzar la ovulación al presentar una tasa de crecimiento diario más elevada. Los analitos metabólicos no mostraron diferencias entre tratamientos, pero en el caso de los analitos hormonales los valores en T2 fueron significativamente mayores, a excepción de P_4 .

DISCUSIÓN

El estado energético de la yegua es fundamental para asegurar el éxito reproductivo. La dieta que incluyó suplemento a base de arroz permitió un mayor consumo de materia seca y, por consiguiente, un mayor consumo de energía. Según Kubiak *et al.* (1987), las yeguas que llegan a la temporada de reproducción con una condición corporal óptima (5-7) comienzan a ser servidas antes que las yeguas con una condición corporal baja (menos de 5). El mayor aporte de lípidos (Cuadro 1) contribuyó a mejorar la palatabilidad de la dieta y consecuentemente el consumo de materia seca (Cuadro 2).

La mayor digestibilidad del EE es evidencia de un mayor aporte energético de la dieta T2. De acuerdo con Kubiak *et al.* (1987), dietas con alta energía acortan el intervalo hasta la primera ovulación en yeguas delgadas en comparación con aquellas yeguas que consumen una dieta baja en energía. Los mayores coeficientes de digestibilidad de la dieta T2 es un indicativo de mayores tasas de digestión enzimática y microbiana a nivel cecal. De acuerdo con Richardson y Murray (2016), la fermentación cecal puede proveer hasta el 30% del requerimiento diario de energía en los equinos a través de la producción de ácidos grasos volátiles.

El T1 aportó una limitada cantidad de proteína (3.8%) y una alta proporción de FDN (67.7%). Altos contenidos de carbohidratos estructurales son asociados a menores tasas de consumo, baja digestibilidad y menor aporte energético (Van Soest *et al.*, 1991). De acuerdo con el NRC (2007), las dietas para yeguas reproductoras deben aportar entre 8 a 10% de PB. La dieta T1 estuvo indudablemente por debajo del nivel proteico requerido, pero al parecer no afectó su desempeño reproductivo pues el peso y la condición corporal fue similar al final del tratamiento y permitió hacer el seguimiento folicular.

El coeficiente de digestibilidad aparente de MS y EE en T2 fue menor a estudios realizados por García *et al.* (2013) y Arrieta *et al.* (2007) al adicionar aceite del salvado y pica de arroz al concentrado, respectivamente. Sin embargo, el coeficiente de FB, FDN, FDA fue mayor comparado a esos trabajos, aunque con algunas diferencias para el coeficiente de la PB. Por tanto, se podría considerar que en T2 se presentó un efecto asociativo de componentes nutricionales, ya que el heno Angleton aportó mayor porcentaje de FB, FDN, FDA y el concentrado un importante porcentaje de PB, EE, CNF, reflejándose en un aceptable e incrementado coeficiente de digestibilidad aparente los componentes de la dieta.

El concentrado con subproductos del arroz mejoró la digestibilidad del heno como si se tratara de un efecto enriquecedor y la PB incrementó su asimilación debido a que la proteína del arroz y su salvado es altamente digestible y fuente de ácidos grasos esenciales (Han *et al.*, 2015). La literatura menciona la incorporación de otros subproductos en la suplementación de los equinos, como la harina de linaza cuya composición química presenta MS (88%), PB (16%), FDN (24%), FDA (8%) y la canola con MS (90%), PB (13%), FDN (13%), FDA (4%) (Oliveira *et al.*, 2001; Soncin *et al.*, 2009). Sin embargo, el uso de los subproductos de arroz en este estudio se empleó por la disponibilidad de la materia prima, al ser una región bioclimatológica óptima para el cultivo de este cereal.

Otros estudios sobre la suplementación de yeguas para optimizar parámetros reproductivos han utilizado varios subproductos derivados del arroz y de otros cereales. Así, Canibal *et al.* (2008) agregaron aceite de arroz a ponis, reportando un DFFO 34.2 ± 3.4 mm. Igualmente, Soncin *et al.* (2009) suplementaron yeguas con semillas de linaza integral, encontrando 7.4 ± 1.5 días de duración del estro y un DFFO de 39.2 ± 2.7 mm. Por otro lado, Amal *et al.* (2013) observaron folículos con diámetro de 34.9 ± 0.13 mm al adicionar una fuente de minerales a la dieta, en tanto que Kelley *et al.* (2014) añadiendo lisina, notaron un DIFP de 30.2 ± 1.2 mm en las yeguas jóvenes y de 26.3 ± 1.3 mm en las adultas. Los valores del DIFP, DFFO, CDFP obtenidos con la dieta T2 fueron mejores a los valores reportados, y además se evidenció una disminución en DCFP.

Las evidencias indicaron que los valores de FSH y HL en T2 alcanzaron niveles que superaron el doble de los obtenidos en T1. Asimismo, el colesterol sérico se mantuvo elevado dentro de los niveles de referencia en ambos tratamientos, ratificando su papel de precursor hormonal de E₂ y P₄.

CONCLUSIÓN

La suplementación con concentrado a base de subproductos de arroz a yeguas criollas colombianas estabuladas incrementó el diámetro y la tasa de crecimiento del folículo preovulatorio, además de mejorar la digestibilidad aparente de la ración fibrosa de la dieta, en comparación con una dieta de solo heno, constituyéndose como una alternativa en la formulación para dietas equinas.

LITERATURA CITADA

1. **Amal MA, Amena MI, Omima HE. 2013.** Influence of mineral supplementation on oxidative stress, ovarian follicles growth and reproductive hormone concentration in cyclic Arab mares. *Asian Pac J Reprod* 2: 8-14. doi: 10.1016/S2305-0500(13)60107-4
2. **Arrieta G, Peña C, Hurtado-Nery VL, Iregui A. 2007.** Utilización de materias primas regionales en la alimentación de equinos criollos adultos en el municipio de Villavicencio. *Orinoquía* 11: 92-98.
3. **Burns T. 2016.** Effects of common equine endocrine diseases on reproduction. *Vet Clin N Am-Equine* 32: 435-449. doi: 10.1016/j.cveq.2016.07.005
4. **Canibal CH, Neves P, Castro S, Gregory W, Larentis R, Trein RM, Mattos C. 2008.** Effect of a fatty acid supplement on the estrus cycle and pregnancy rates of Brazilian Pony mares. *Pferdeheil-kunde* 24: 23-26. doi: 10.21836/PEM-20080105
5. **Cargile JL, Burrow JA, Kim I, Cohen ND, Merritt AM. 2004.** Effect of dietary corn oil supplementation on equine gastric fluid acid, sodium, and prosta-glandin E2 content before and during pentagastrin infusion. *J Vet Intern Med* 18: 545-549. doi: 10.1111/j.1939-1676.-2004.tb02583.x

6. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2018.** Seguimiento del mercado del arroz. [Internet]. Disponible en: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/rice/rmm/es/>
7. **Foster A, Li Y, Runyan S, Dinh T, Venadas S, Chen J, Pashikanti S, Datta A, et al. 2016.** Activity of the enantiomers of erythro-3-hydroxyaspartate at glutamate transporters and NMDA receptors. *J Neurochem* 136: 692-697. doi: 10.1111/jnc.13430
8. **Frank N, Andrews F, Elliott S, Lew J. 2005.** Effects of dietary oils on the development of gastric ulcers in mares. *Am J Vet Res* 66: 2006-2011. doi: 10.2460/ajvr.2005.66.2006
9. **García HA, Furtado CE, Brandi RA, Schimmack MR, Soncin P, Balieiro JC, De Souza AD. 2013.** Blood parameters and apparent digestibility of concentrate with rice oil for horses. *Cienc Agrotec* 37: 435-442. doi: 10.1590/S1413-70542013000500007
10. **Garg AK, Singh P, Malik R, Agrawal DK. 2004.** Effect of replacing maize grain with de-oiled rice bran on intake and utilization of nutrients in adult ewes. *Small Ruminant Res* 52: 75-79. doi: 10.1016/S0921-4488(03)00229-3
11. **Han SW, Chee KM, Cho SJ. 2015.** Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. *Food Chem* 172: 766-769. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.09.127
12. **Henneke DR, Potter GD, Kreider JL, Yeates BF. 1983.** Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet J* 15: 371-372. doi: 10.1111/j.20423-306.1983.tb01826.x
13. **Kaneco J, Harvey J, Brus M. 2008.** Clinical biochemistry of domestic animals. 6th ed. Elsevier: 916 p.
14. **Kelley D, LeBlanc MM, Warren LK, Mortensen CJ. 2014.** Influence of L-arginine supplementation on reproductive blood flow and embryo recovery rates in mares. *Theriogenology* 81: 752-757. doi: 10.1016/j.theriogenology.2013.12.012
15. **Kubiak JR, Crawford BH, Squires EL, Wrigley RH, Ward GM. 1987.** The influence of energy intake and percentage of body fat on the reproductive performance of nonpregnant mares. *Theriogenology* 28: 587-98. doi: 10.1016/0093691x(87)-90275-5
16. **Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Woo KS, Park DS, Kim JH, Kim DJ, Lee J, Lee YR, Jeong HS. 2012.** Chemical and functional components in different parts of rough rice (*Oryza sativa* L) before and after germination. *Food Chem* 134: 288-293. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.02.138
17. **Ling WH, Cheng QX, Ma J, Wang T. 2001.** Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. *J Nutr* 131: 1421-1426.
18. **Martínez JM. 2007.** Bases de la endocrinología perinatal II: Hormonas no esteroideas. En: *Obstetricia y medicina materno fetal*. Madrid: Ed Médica Panamericana. p 127-138.
19. **Martínez AL. 2008.** Límites nutricionales en la formulación de raciones para caballos de ocio alimentados en pesebre. *Arch Zootec* 57: 123-133.
20. **Martínez JR, Zuluaga MA, Silveira GE. 2016.** Effects of corn oil on the gastric mucosa of horses with induced ulcer. *Rev Colomb Cienc Pecu* 29: 138-148. doi: 10.17533/udea.rccp.v29n2a07
21. **[MADR] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014.** Diagnóstico cadena equina asnal y mular- SIOC Min Agricultura. [Internet]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Equino/Normatividad/Acuerdo%20de%20Competitividad%20d-e%20la%20Cadena%20Equina,%20Asnal-%20y%20Mular.pdf>.
22. **McManus CJ, Fitzgerald BP. 2000.** Effects of a single day of feed restriction on changes in serum leptin, gonado-

- tropins, prolactin, and metabolites in aged and young mares. *Domest Anim Endocrin* 19: 1-13. doi: 10.1016/s0739-7240(00)-00061-8
23. **[NRC] National Research Council. 2007.** Nutrient requirements of horses. 6th rev. ed. Washington, DC. National Academy of Science. doi: 10.17226/11653
 24. **Oliveira K, Furtado CE, Graça EP. 2001.** Desempenho e parâmetros sanguíneos de equinos em crescimento submetidos a dietas com diferentes níveis de farelo de canola. *Rev Bras Zootec* 30: 174-180.
 25. **Pearson RA, Archibald RF, Muirhead RH. 2001.** The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys. *Brit J Nutr* 85: 599-606. doi: 10.1079/bjn2001321
 26. **Quadros JB, Furtado CE, Barbosa ED, Andrade MB, Trevisan AG. 2004.** Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de tifton 85 pela casca de soja. *Rev Bras Zootec* 33: 564-574. doi: 10.1590/S1516-35982004000300006
 27. **Richardson K, Murray J. 2016.** Fiber for performance horses: a review. *J Equine Vet Sci* 46: 31-39. doi: 10.1016/j.jevs.2016.02.234
 28. **Sohail M, Rakha A, Butt MS, Iqbal MJ, Rshid M. 2017.** Rice bran nutraceuticals: a comprehensive review. *CRC Cr Rev Food Sci* 57: 3771-3780. doi: 10.1080/10408398.2016.1164120
 29. **Soncin MR, Furtado CE, Silva AA, Rigolon LP, Cavaliere FL, Moraes GV. 2009.** Digestibilidade aparente, crescimento folicular e concentração de metabólitos sanguíneos de éguas recebendo concentrado com semente de linhaça integral (*Linum usitatissimum* l.). *Acta Sci* 31: 191-197. doi: 10.4025/actascianimsci.v31i2.598
 30. **Soto Morales A, Rojas Bourrillon A. 2016.** Estudio preliminar sobre el potencial de sustitución de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes multilinea* en equinos. *Nutr Anim Trop* 10: 10-23. doi:10.15517/nat.v10i1.24397
 31. **Van Soest, PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74: 3583-3597. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
 32. **Venable EB, Fenton KA, Braner VM, Reddington CE, Halpin MJ, Heitz SA, Francis JM, et al. 2017.** Effects of feeding management on the equine cecal microbiota. *J Equine Vet Sci* 49: 113-121. doi: 10.1016/j.jevs.2016.09.010
 33. **Xia M, Ling WH, Kitts DD, Zawistowski J. 2003.** Supplementation of diets with black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. *J Nutr* 133: 744-751. doi: 10.1093/jn/133.3.744