



TECNIGRASAS

SUPLEMENTOS Y NUTRIENTES

**SUPLEMENTACIÓN CON GRASA EN
CABALLOS (énfasis en los ácidos grasos
esenciales)**

Elaborado por: Rolando Hernández
Junio, 2018



Hoy en día, se reconoce el valor nutricional y los efectos positivos que tienen los ácidos grasos esenciales, Omega 3 y 6, al incorporarlos en la dieta de los equinos, convirtiéndose en una herramienta nutricional muy valorada más allá de su tradicional aporte energético.

ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 Y 6

Rolando Hernández

Imagen cortesía de: <https://pixabay.com/es/caballo-caballos-poni-la-cabeza-3433778/>

SUPLEMENTACIÓN CON GRASA EN CABALLOS: ÉNFASIS EN LOS ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

Rolando Hernández
Asesor Técnico Tecnigrasas SAS.
Junio, 2018

Introducción

Los caballos son de las especies domesticas más admiradas y útiles para el hombre. Lo han acompañado desde épocas antiguas, en las grandes conquistas de territorios y colonización a lo largo de la historia. Desde la antigua Grecia, el caballo ha formado parte de historias asombrosas y de la mitología como son Pegaso, el caballo del dios Zeus, Bucéfalo, equino que acompañó a Alejandro Magno en sus conquistas desde Macedonia, Rocinante en el famoso cuento de Don Quijote de la Mancha, son ejemplos de que en la historia del hombre, y sobretodo de sus grandes hazañas, el ejemplar equino ha jugado un papel importante.

Hoy en día, ya alejados de los campos de batalla, los caballos son parte importante de nuestro día a día, en actividades agrícolas como animales de tracción o para trasladarse junto a los rebaños, para nuestro entretenimiento en actividades ecuestres como el salto, las carreras deportivas, el polo, recreacionales como las competencias en hipódromos, de monta, el caballo de paso e inclusive, como parte fundamental del tratamiento para niños con discapacidad (equinoterapia). En general, el equino es símbolo de superioridad, haciendo grande al jinete, de vigor, libertad y nobleza, al punto que algunas religiones lo elevan al nivel de una deidad. En este contexto, tiene una gran importancia los aspectos nutricionales del equino, para mantener esa majestuosidad, mejorar su desempeño, su salud y lo más importante, el bienestar animal tan deseado.

Las grasas como nutrientes, son una herramienta nutricional de mucha utilidad para alcanzar estos objetivos, y si estas aportan ácidos grasos esenciales, se obtienen beneficios adicionales al simple aporte de energía, siendo los efectos nutracéuticos los más destacados para este tipo de suplementos. En este sentido, el presente documento ha sido realizado con el objetivo de revisar de manera profunda y detallada, los efectos que este tipo de nutrientes tienen sobre la especie equina. Para lograr dicho objetivo, el documento abarca desde las generalidades de las grasas, sus efectos metabólicos, las propiedades diferenciales de los ácidos grasos esenciales sobre el organismo. Además, se muestra los efectos principales de los ácidos grasos sobre el desempeño atlético, el comportamiento, y la actividad reproductiva, entre otros. Aunque el uso de la grasa en la dieta de equinos no es un tema nuevo, cada vez toma más auge el interés sobre los efectos específicos de los ácidos grasos esenciales, en particular los efectos que tienen los llamados omega 3 sobre la salud y desempeño equino. Esperando que este trabajo sea de utilidad y de provecho, tanto como lo fue para mí. Se despide

El autor.

1. Generalidades de las grasas y los ácidos grasos esenciales

La grasa en la dieta de los animales tiene como objetivo principal incrementar la densidad energética de la ración, para aumentar la ingesta calórica por parte de las especies que la consumen. Otras aplicaciones alimenticias de las grasas son su utilización como compuesto aglomerante, para mejorar el sabor y la presentación del alimento. Pero sin duda alguna proveer ácidos grasos esenciales a la dieta de los animales, es una de las razones más importantes de porque utilizarlas. Como es bien sabido, las grasas pertenecen al grupo químico denominado: Lípidos. Estos son compuestos hidrocarbonados representados por una gran variedad de sustancias, las cuales se clasifican en su mayoría según su solubilidad en solventes orgánicos. Los ácidos grasos son lo más cercano a los “bloques de la pared”, es decir, son las bases estructurales de la mayoría de los lípidos (Vasudevan *et al.*, 2011). Estos incluyen acilgliceroles (triacilgliceroles o triglicéridos) y esfingolípidos, en los que los ácidos grasos están esterificados a un grupo alcohol o amino, respectivamente.

Los lípidos pueden ser divididos en dos grupos con base en su polaridad: los lípidos polares, tales como los fosfolípidos, los cuales tienen funciones estructurales en las membranas celulares; y los lípidos neutros, que son los responsables primarios del almacenamiento de energía en la forma de triacilgliceroles en el tejido adiposo principalmente, entre otros compuestos de almacenamiento (Hernández *et al.*, 2011). La mayoría de los ácidos grasos tienen un número par de átomos de carbono, presentando un grupo carboxilo (COOH) en un extremo de la cadena y poseen una cadena no ramificada que puede estar saturada de hidrógenos, mono o poliinsaturada (Hallebeek and Beynen; 2016).

Todos los ácidos grasos juegan un papel importante en el suministro de energía y como componentes estructurales, pero algunos ácidos grasos específicos tienen funciones claves en el control y la regulación del metabolismo y no pueden ser sintetizados por el cuerpo animal por lo que deben suministrarse en la dieta, estos ácidos grasos son llamados esenciales y pertenecen a uno de los dos grupos químicos (familias) llamados Omega 3 y 6 (Tocher and Glencross; 2015).

La nomenclatura de los ácidos grasos suele ser complicada y varía dentro de múltiples sistemas, generalmente se usa el nombre común que es un nombre genérico y la nomenclatura IUPAC (por las iniciales en inglés: International Union of Pure and Applied Chemistry). Lo anterior se explica en el siguiente cuadro:

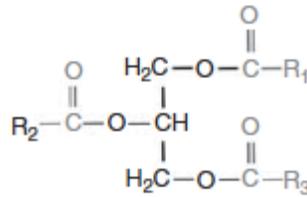
Cuadro 1. Nomenclatura y características generales de algunos ácidos grasos de interés.

Nombre Genérico	Nomenclatura IUPAC	Carbonos	Dobles enlaces*	Esencialidad	Ejemplo
Ácido Palmítico (PA)	Ácido hexadecanoico	16	Ninguna	No esencial	Grasa Corporal
Ácido Esteárico (SA)	Ácido octadecanoico	18	Ninguna	No esencial	Grasa Corporal
Ácido Oleico (OA)	Ácido octadecenoico (cis)	18	1(Δ 9) Omega 9	No esencial	aceite de Oliva
Ácido Linoleico (LA)	Ácido octadecadienoico (ambos cis)	18	2 (Δ 9,12) Omega 6	Esencial (Parental)	Aceite de Soya, girasol, canola
Ácido α -Linolénico (ALA)	Ácido octadecatrienoico (todos cis)	18	3 (Δ 9, 12, 15) Omega 3	Esencial (Parental)	Aceite de Linaza, Chia, Canola
Ácido Araquidónico (AA)	Ácido eicosatetraenoico (todos cis)	20	4 (Δ 5,8,11,14) Omega 6	Derivado del Linoleico	Aceites vegetales
EPA	Ácido eicosapentaenoico (todos cis)	20	5 (Δ 5,8,11,14,17) Omega 3	Derivado del Linolénico	Aceite de Pescado, Algas Marinas
DHA	Ácido docosahexaenoico (todos cis)	22	6 (Δ 4, 7, 10, 13, 16, 19) Omega 3	Derivado del Linolénico	Aceite de Pescado, Algas Marinas

*También llamado insaturaciones en la cadena carbonada.

Una manera fácil de abreviarlos es colocando la C de carbono, seguido del número de átomos de este elemento presente en la cadena, a continuación, dos puntos para colocar luego el número de insaturaciones presentes, además se puede colocar una coma y luego el símbolo omega (ω) o n- para mostrar si pertenece a alguna de las familias descritas para los ácidos grasos insaturados (omega 3, 6 y 9). Por ejemplo, el ácido linoleico se puede escribir C18:2, n-6., el ácido araquidónico C20:4, n-6 y el ácido palmítico, que es saturado, se escribe C16:0.

Un triacilglicerol o mal llamado triglicérido, es un lípido neutro conformado por un esqueleto carbonado del alcohol glicerol y 3 ácidos grasos esterificados en los grupos OH del alcohol (Figura 1).

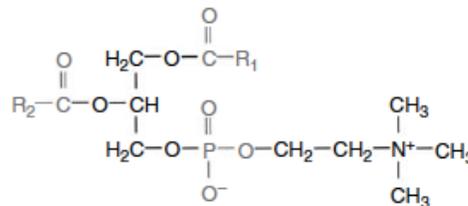


Triacilglicerol

Figura 1. Estructura de un triacilglicerol. R1, R2 y R3 representan las posiciones donde se esterifican los ácidos grasos.

Generalmente, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados se ubican de preferencia en las posiciones 1 y 3, mientras que en la posición 2 se ubican los ácidos grasos poliinsaturados (Vasudevan *et al.*, 2011). De manera natural las grasas y aceites son mezclas de triacilgliceroles, y a su vez estos pueden ser simples cuando las tres posiciones del glicerol están ocupadas por el mismo ácido graso, por ejemplo, la tripalmitina. También pueden ser mezclas de distintos ácidos grasos como se mencionó anteriormente. Los aceites que son líquidos a 20 °C, se componen por una alta cantidad de triacilgliceroles que contienen ácidos grasos insaturados o de cadena corta, la mayoría son de origen vegetal. Las grasas son lípidos que a temperatura ambiente son sólidos, y están principalmente conformados por ácidos grasos saturados de cadena larga, por ejemplo, el sebo bovino puede tener hasta 53% de ácidos grasos saturados, el aceite de palma 42% mientras que el aceite de maíz solo contiene 13% y es líquido a temperatura ambiente (Vasudevan *et al.*, 2011).

Los fosfolípidos son otro grupo de lípidos que contienen ácidos grasos en su composición y glicerol, pero presentan un ácido fosfórico esterificado en la posición 3 (R3) y unido a este, una base nitrogenada, siendo muy común la colina. En la figura 2 se observa la fosfatidilcolina¹, uno de los fosfolípidos más comunes que conforman la bicapa lipídica en la membrana celular.



Fosfolípido

Figura 2. Esquema que representa al fosfolípido lecitina.

¹ También conocida como lecitina.

Como se observa en la figura 2, en la posición 1 y 2 del glicerol se esterifican 2 ácidos grasos y al igual que en los triacilgliceroles, en la posición 2, de preferencia, se esterifica un ácido graso poliinsaturado, que puede ser Omega 6 o 3. Esto es de vital importancia, ya que muchos de estos Omega 6 o 3, son precursores de otras sustancias conocidas como eicosanoides, ya que se derivan de ácidos grasos de 20 átomos de carbonos con varias insaturaciones pertenecientes a una de las dos familias.

2. Ácidos grasos Omega 6 y 3 y su relación con los eicosanoides

La palabra eicosanoides proviene del griego eikosi que significa veinte (20). El término hace referencia a los compuestos derivados de los ácidos grasos de 20 átomos de carbono como el AA (Omega 6) o del EPA (Omega 3). Incluyen sustancias como los prostanoïdes: Prostaglandinas (PG), Prostacilcinas (PGI), Tromboxanos (TX). Los Leucotrienos (LT) también forman parte de estos compuestos, otras sustancias como las resolvinas también han sido descritas como derivadas de este tipo de ácidos grasos. Estas sustancias son cruciales en diversas vías metabólicas y como señales químicas que regulan múltiples procesos, destacando las funciones inmunológicas, cardiovasculares y reproductivas (Vasudevan *et al.*, 2011).

Las prostaglandinas, por ejemplo, son las sustancias biológicamente activas más potentes, debido a que concentraciones tan bajas como 1 ng/ml son suficientes para producir su efecto biológico, que puede ser (dependiendo del tipo) contracción del músculo liso, regulando la vasodilatación, entre otras. Fueron aisladas por primera vez en 1935 por Ulf von Euler y su equipo, quien más tarde ganaría un premio nobel por este hallazgo (1970), y la primera vez fueron aisladas de macerados prostáticos y de ahí su nombre. Hoy en día son consideradas hormonas locales, reconociéndose tres tipos a saber:

- PG de la serie 1: (1 doble enlace) derivadas del LA
- PG de la serie 2: (2 dobles enlaces) derivadas del AA
- PG de la serie 3: (3 dobles enlaces) derivadas del EPA

Las PG no se almacenan en el cuerpo, los ácidos grasos precursores son los que se almacenan en las membranas celulares (posición 2 del fosfolípido), liberándose por la acción de la Fosfolipasa A2.

Para el caso de la respuesta inmunológica, la cascada inflamatoria comienza con la ruptura y separación del ácido graso esterificado en la posición dos del fosfolípido en la membrana celular. Esta acción es realizada por la enzima llamada Fosfolipasa A2, la cual es el blanco de los antiinflamatorios esteroideos, considerados los más potentes y el ácido graso sustrato de los eicosanoides inflamatorios es el AA n-6. Lo anterior se muestra en la figura 3.

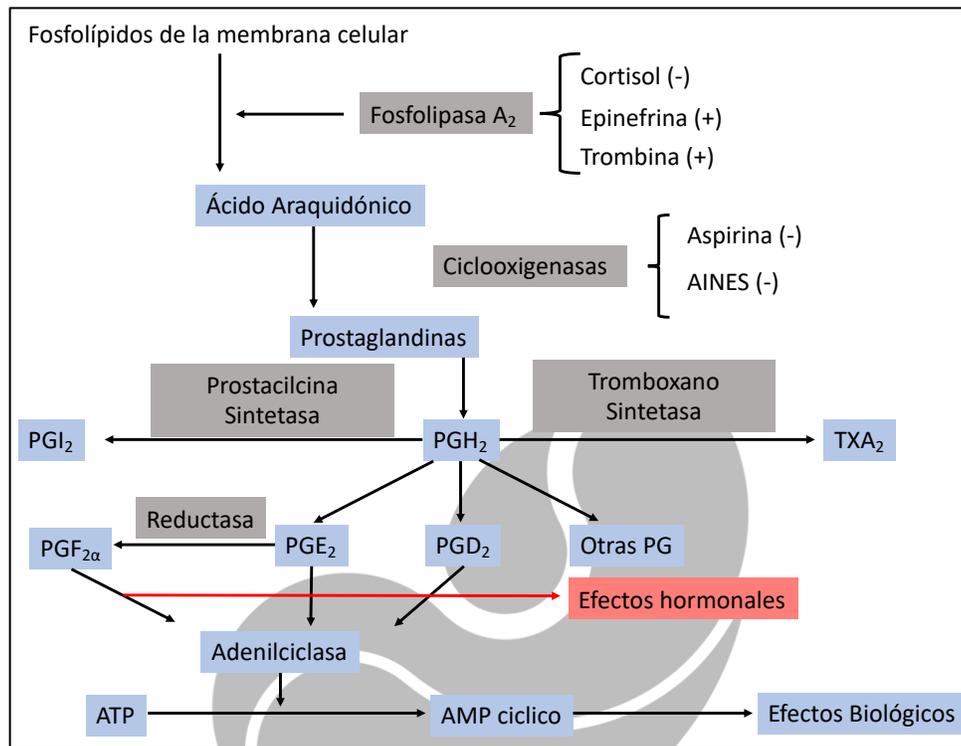


Figura 3. Esquema de síntesis de las Prostaglandinas (PG). Adaptado de Vasudevan *et al.* 2011.

La Prostaciclina (PGI₂), es producida principalmente por los vasos sanguíneos y su principal efecto es la vasodilatación, inhibiendo la agregación plaquetaria, generando protección al endotelio vascular contra la deposición excesiva de plaquetas. Cuando ocurre un daño en el vaso sanguíneo, se inhibe la síntesis de PGI₂ por lo que se produce el agregado plaquetario formando el coagulo para evitar o reducir la hemorragia.

Los esteroides inhiben la acción de la Fosfolipasa A₂, evitando la liberación del ácido araquidónico de las membranas, lo que reduce la producción de PG proinflamatorias. Por ejemplo, el Leucotrieno B₄ (LTB₄) se produce en los neutrófilos² y es el factor quimiotáctico más potente producido en el cuerpo (factor que atrae a las células al sitio de inflamación), siendo un derivado del ácido araquidónico (ω-6), dentro de las funciones del LTB₄ están (Calder, 2009):

- Incrementan la permeabilidad vascular
- Aumentan el flujo local al sitio de inflamación
- Agente quimiotáctico (de atracción) para los leucocitos.
- Induce la liberación de enzimas lisosomales (que degradan bacterias)

² Tipo más común de los leucocitos, encargado de combatir principalmente infecciones bacterianas y fúngicas.

- Estimula la liberación de especies reactivas de oxígeno (ROS) por los granulocitos
- Incrementa la producción de otras interleuquinas (IL-1, IL-6 y TNF).

Debido a que estos eicosanoides, como el LTB4, estimulan la respuesta inflamatoria son considerados proinflamatorios y la mayoría son derivados del ácido araquidónico, por lo que se acepta que los ácidos grasos de la familia omega 6 son estimulantes de la respuesta inflamatoria. Sin embargo, existe un papel antagónico en los ácidos grasos de la familia omega 3, particularmente el EPA, a los cuales se les atribuye propiedades antiinflamatorias basados en múltiples resultados de investigaciones en humanos y de diversas especies animales que incluyen a los equinos.

En esta última especie, se ha reportado una disminución de la inflamación en las articulaciones de caballos de un año, viejos o con problemas de artritis. Asimismo, se ha reportado bajos contajes de células blancas en el fluido sinovial de caballos que recibían en la dieta fuentes de omega 3, al compararlos con el grupo control (Ross-Jones *et al*; 2010). Una elevación del contaje de células blancas en las articulaciones es un indicativo de la presencia de procesos inflamatorios, y caballos con artritis típicamente presentan un mayor contaje de leucocitos que los caballos que no poseen artritis (Bolger, 2010). Los efectos diferenciales de los ácidos grasos omega 6 y 3 sobre la respuesta inmunológica se resumen en la figura 4.

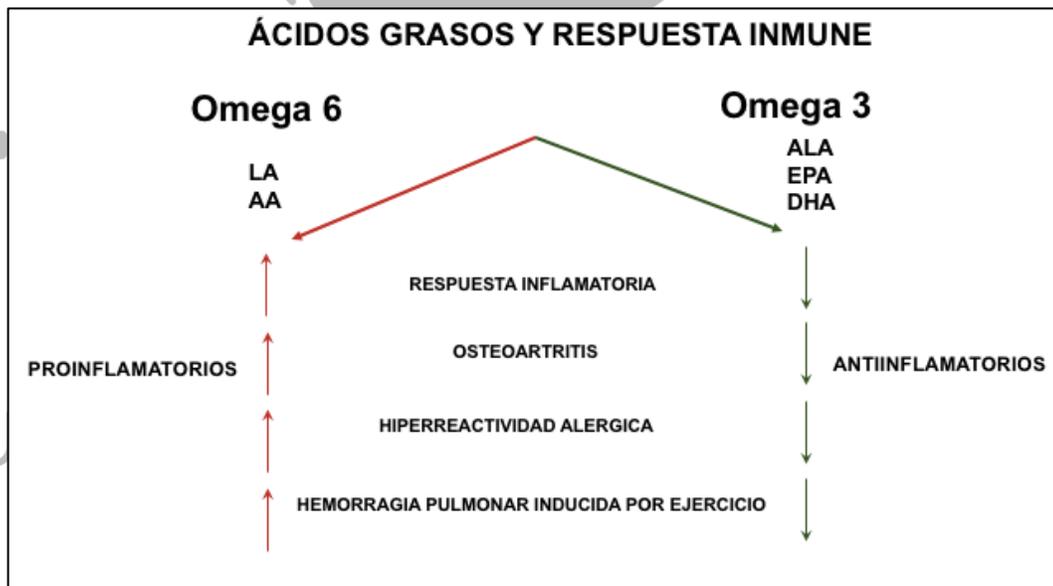


Figura 4. Respuestas fisiológicas en el sistema inmune del equino asociadas a la presencia de ácidos grasos omega 3 y 6. Adaptado del Kentucky Equine Research (2016).

Como se observa en la figura anterior, los efectos de los omega 6 y 3 son antagónicos, pero ambos necesarios para un correcto balance de la función inmunológica. Además, estos ácidos grasos esenciales ayudan en el mantenimiento de la estabilidad de la membrana celular, en el desarrollo y función del sistema nervioso central, en la transferencia de oxígeno a los tejidos, entre otras funciones (Warren, 2011).

La manera como actúan los omega 3 en la regulación del sistema inmunológico aún no es clara, pero las hipótesis principales mencionan un cambio en la síntesis de los eicosanoides inflamatorios, bien sea inhibiendo la síntesis de algunos y/o generando un incremento de los compuestos antiinflamatorios (Figura 5). Klasing *et al.* (1995), señalan que esta visión de los ácidos grasos omega 3 en la respuesta inmune puede ser algo simplista, debido a que estos también participan en la fluidez de la membrana, en las actividades de enlace de los receptores y participan en la generación de los mensajeros secundarios.

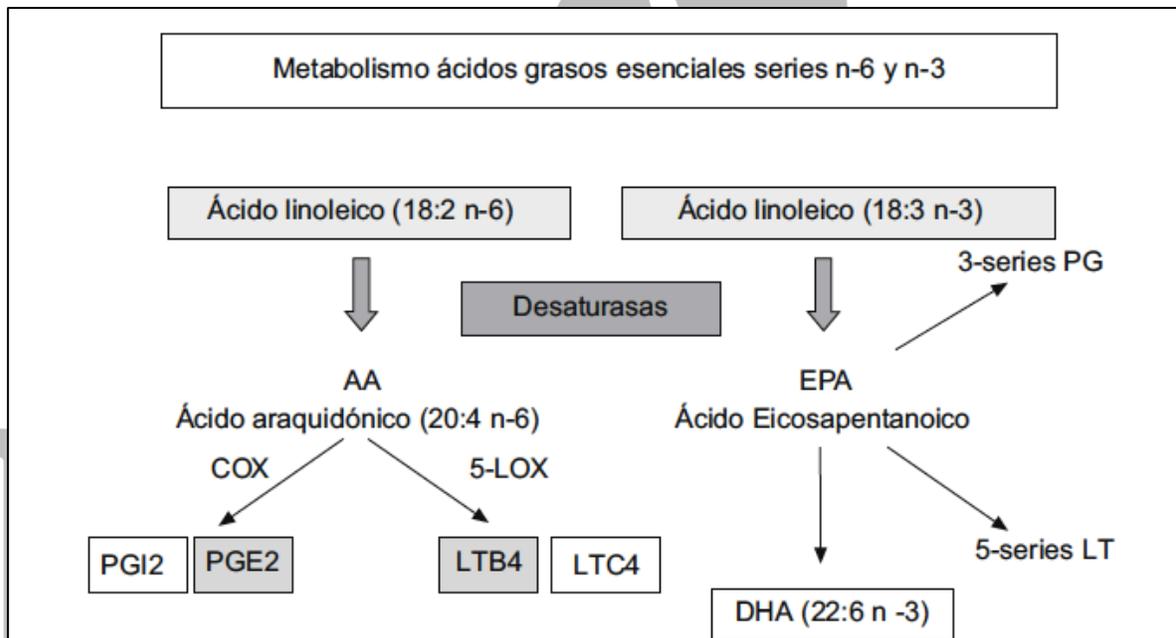


Figura 5. Regulación en la síntesis de eicosanoides, balance entre ácidos grasos omega 6 y 3. Adaptado de Campoy *et al.* (2010).

En el esquema anterior se puede observar, que en presencia del ácido graso omega 3 EPA existe un cambio en los eicosanoides producidos, pasando de generar PG de la serie 2, con los omega 6, a PG de la serie 3 con los Omega 3. Esto tiene profunda significación en el estatus inmunológico, particularmente en la respuesta inflamatoria, favoreciendo el componente antiinflamatorio. Asimismo, se observa un cambio en los leucotrienos generados hacia la serie 5, en vez de la serie 4, generados cuando se extrae de la membrana celular al AA. Además, recientes estudios han identificado un grupo novedoso de compuestos derivados del EPA y DHA llamados resolvinas (Calder, 2009). Éstos parecen ejercer potentes acciones antiinflamatorias en neutrófilos, macrófagos, células dendríticas y células T, pudiendo explicar muchas de las acciones antiinflamatorias descritas para los ácidos grasos

omega 3. Otros estudios en cultivos celulares han demostrado que los ácidos grasos EPA y DHA pueden inhibir la producción de citoquinas inflamatorias en los monocitos, macrófagos y células endoteliales (Babcock *et al.*, 2002).

3. La Grasa en las Dietas de Equinos.

Los equinos pueden recibir en la dieta cantidades importantes de Omega 3 en forma de ALA, a través de su dieta natural (forrajes frescos y heno). De hecho, los mamíferos pueden transformar el ALA en sus respectivos ácidos grasos derivados EPA y DHA. No obstante, este proceso no es eficiente y solo se describe una tasa de conversión entre el 15 al 25% en el mejor de los casos. Las dietas que consisten en mezclas de forrajes con granos de cereal o con alimentos concentrados, poseen una menor proporción de omega 3. Los caballos bajo entrenamiento o con fuertes actividades físicas, son alimentados a menudo con fuentes de energía provenientes de cereales, que aportan principalmente carbohidratos como el almidón. Los granos y aceites vegetales utilizados poseen más ácidos grasos omega-6 que los forrajes, creando una relación de ácidos grasos omega-3:omega-6 que puede ser inapropiada.

Caballos de salto, trotones, de paso, de carrera, ponis, de polo y en general todos aquellos atletas equinos de alto rendimiento, incluyendo a las yeguas lactantes, son alimentados con altos niveles de energía debido a sus mayores requerimientos de este nutriente, haciendo común la inclusión de aceites vegetales y de cereales en su ración. Estas dietas pueden predisponer a una falta de omega 3, particularmente EPA y DHA. Esto puede provocar una susceptibilidad a la hiperreactividad inmunológica, por una mayor concentración de omega 6 a expensas de una reducción en la disponibilidad de omega 3. Científicos y nutricionistas no han determinado la proporción óptima de ácidos grasos omega-3 a omega-6 para caballos. Sin embargo, en muchas evaluaciones cuando las relaciones de omega 6: omega 3 están más cercanas 5-4:1 se potencian las respuestas benéficas de estos ácidos grasos.

En general los forrajes tienden a mostrar bajos niveles de grasa, siendo los forrajes de clima templado (alfalfa, raygrass, etc.) los de mayor contenido. Los forrajes tropicales presentan valores entre 1 a 1,5% de la materia seca en grasa. Sin embargo, es importante señalar que la metodología utilizada (extracción con éter) para evaluar la grasa en los forrajes pudiera sobreestimar este valor, ya que se arrastran pigmentos, esteroides, y otras sustancias solubles en éter que no son grasa y/o no aportan ácidos grasos. Adicionalmente, como se mencionó previamente el principal ácido graso de los forrajes es el ALA.

Los granos enteros de cebada, maíz, soya y linaza pueden contener cantidades importantes de grasa y su principal ácido graso es el LA (Omega 6), aunque la linaza puede contener un elevado nivel de ALA. El aceite de coco posee una alta cantidad de ácidos grasos saturados, pero de cadena corta (láurico, C12:0, p.e.). El aceite de palma contiene una gran cantidad de ácidos grasos saturados de cadena larga, especialmente palmítico, aunque también posee cantidades importantes de OL. El aceite de pescado es la fuente más disponible de omega 3 en forma de EPA y DHA a diferencia de las fuentes vegetales (canola, linaza, chía, etc.), que poseen básicamente ALA. Particularmente, las especies de peces llamadas de agua fría o

peces azules son los más ricos en este tipo de nutrientes (atún, sardina, anchoas, arenques, salmón, etc.). Otras fuentes de EPA y DHA menos utilizadas son el aceite de Krill y algas, pero son menos disponibles y básicamente se utilizan para consumo humano. En el cuadro 2, se muestra el contenido de grasa y de ácidos grasos de algunas materias primas utilizadas en la alimentación de equinos.

Cuadro 2. Fuentes lipídicas comúnmente utilizadas en la dieta de equinos

Fuente	% de grasa	% PA (C16:0)	% OL (C18:1) ω-9	% LA (C18:2) ω-6	% ALA (C18:3) ω-3	%EPA y DHA (C20:5 y C22:6) ω-3
Maíz	3,6	0,36	0,86	1,79	0,03	NR
Linaza	35	2,6	6,6	5,7	19,8	NR
Cebada	1,7	0,31	0,18	0,77	0,07	NR
Harina de Soya desgrasada	1,9	0,15	0,29	0,72	0,11	NR
Expeller de coco	8,2	0,61	0,47	0,13	NR	NR
Aceite de Palma	99	43,5	36,6	9,5	0,1	NR
Aceite de Soya	99	9,4	21,8	53,4	7,2	NR
Aceite de Pescado*	99	17,33	8,69	1,26	1,16	29

*Pescados azules como el atún. NR: no reporta. Los % de los AG son reportados con base al 100% de la MS. Adaptado de las tablas FEDNA (2016), Beynen and Hallebeek (2002) y Conchillo *et al.* (2006).

En general, el contenido de grasa en la dieta típica del equino esta alrededor de 5% del consumo de materia seca (Beynen and Hallebeek, 2002). No obstante, esta cantidad puede variar, así como el tipo de grasa usada, según la relación forraje:concentrado, el tipo de forraje, de concentrado, etc. Los concentrados pueden tener niveles de grasa entre 3-6 % de la MS, otros alimentos balanceados como los “Muesli`s” (de su nombre en ingles) pueden tener entre 9 – 10 % de grasa. Para una optimización del proceso de peletizado la cantidad de grasa utilizada es entre 2 – 3 % de grasa cruda (Beynen and Hallebeek, 2002).

Para que un caballo obtenga cualquier beneficio nutricional de un alimento en particular, debe ser apetecible para ser comido y debe ser digerible. Los caballos consumen voluntariamente aceites vegetales y grasas animales; sin embargo, las pruebas de palatabilidad estilo cafetería han demostrado que los caballos prefieren aceites vegetales sobre grasas animales, siendo el aceite de maíz el favorito (Holland *et al.*, 1998).

En la mayoría de los mamíferos, la vesícula biliar almacena sales biliares, que se secretan en el intestino delgado para ayudar a descomponer y digerir las grasas. Sin embargo, los caballos no tienen una vesícula biliar. Para compensar esta diferencia anatómica, la bilis se secreta continuamente en el intestino delgado directamente desde el hígado donde se sintetiza la bilis. Como resultado, las grasas y aceites añadidos a las dietas de los caballos son entre 80 - 90% digestibles (Lewis, 1995).

De hecho, el sistema digestivo de los caballos es capaz de manejar cantidades relativamente grandes de grasa en la dieta, diversos estudios han demostrado que los caballos pueden digerir y utilizar hasta el 20% de la dieta (de la materia seca) como aceite con muy poco o ningún efecto sobre la digestibilidad de la fibra y de las proteínas. Sin embargo, la ingesta de grasa puede variar según la actividad física y la relación concentrado:forraje (heno), incrementando el aporte de Energía Neta (EN) proveniente de las grasas.

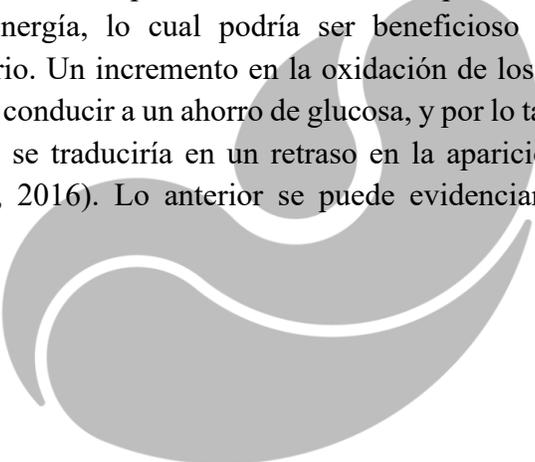
En este sentido, Beynen y Hallebeek (2002) señalan que cuando se usan concentrados bajos en grasa (3%) la proporción de EN que es provista por la grasa puede ser de 10% cuando se alimenta con heno y concentrado en relación 1:1 con base en la EN. Esto quiere decir que, para un caballo de 600 Kg de peso vivo, con una hora de ejercicio diaria, requiere 16,5 Mcal EN, de las cuales un 10% (1,65 Mcal EN) provienen de la grasa. Usando un concentrado alto en grasa (8% con base en la MS) esta proporción será del 25% si se mantiene la misma relación de concentrado:heno (1:1). Para lograr niveles mayores al 8%, fuentes de grasa (aceites, p.e) deben incorporarse a la dieta. Estos mismos autores resaltan que, al incrementar la densidad calórica de la ración a través del uso de las grasas se disminuye la necesidad de ingerir MS para satisfacer los requerimientos de energía, por lo que el consumo de MS será menor. Generalmente como manejo nutricional en equinos, las dietas se formulan con niveles de grasa de hasta un 10% de la MS, a pesar de que el equino puede tolerar niveles superiores (hasta 20%). Desde el punto de vista energético, se recomienda reducir la ingesta de otras fuentes energéticas cuando se incorporan grasas en la ración como fuente de energía.

La ingesta de grasa también induce cambios en el consumo de otros compuestos, el más resaltante de estos es la reducción en el consumo de carbohidratos no estructurales (tipo almidón), cuando se suplementa con grasa adicional en la ración de los equinos (Beynen and Hallebeek, 2002). Esto podría ser un manejo nutricional de interés, para reducir el aporte de azúcares que predisponen a los equinos a problemas de laminitis (cojeras) y cólicos. Metabólicamente, también se han reportado cambios en el metabolismo de las lipoproteínas cuando se incrementa el contenido de grasa en la ración de los caballos, así como aumento de la actividad de la enzima lipoproteinlipasa (LPL). Esta enzima se encuentra ubicada principalmente en el endotelio de los vasos sanguíneos, favoreciendo la extracción de los ácidos grasos del triacilglicerol presente en la lipoproteína, de esta manera, se entregan los ácidos grasos a los tejidos para ser utilizados como energía, almacenamiento, estructurales o síntesis de señales químicas.

Un aumento en la ingesta de grasa en 1 g/kg MS, se asoció con un aumento en la actividad de la LPL en 0.98 μ mol de ácidos grasos libres liberados por ml de plasma por hora (Geelen *et al.*, 2001a). Lo anterior, ha sido interpretado señalando que las grasas inducen adaptaciones metabólicas comparables a aquellas que son inducidas por el ejercicio. En otro trabajo de investigación, Geelen *et al.* (2001b) reportan que la alimentación con grasa en ponis generó

la síntesis de la enzima carnitina palmitoiltransferasa-I³ hepática menos sensible a la inhibición por malonil-CoA, lo que podría dar como resultado un aumento en la tasa de oxidación de ácidos grasos. Además, estos mismos autores señalan que la suplementación con grasa mejoró la actividad de la carnitina palmitoiltransferasa-I y citrato sintasa en el músculo masetero que es altamente oxidativo. La suplementación con grasa en equinos también se asocia con una reducción en los niveles plasmáticos de insulina postprandial⁴ (Beynen and Hallebeek, 2002). Además, la inclusión de grasa adicional en la dieta de los caballos no incrementa la concentración de ácidos grasos libres en el plasma durante el ayuno (Geelen *et al.*, 2001b).

Todos estos cambios metabólicos apuntan a una utilización preferencial de los ácidos grasos para la obtención de energía, lo cual podría ser beneficioso para otros aspectos del metabolismo intermediario. Un incremento en la oxidación de los ácidos grasos durante el ejercicio aeróbico podría conducir a un ahorro de glucosa, y por lo tanto, a una menor síntesis de ácido láctico, lo cual se traduciría en un retraso en la aparición de la fatiga muscular (Hallebeek and Beynen, 2016). Lo anterior se puede evidenciar en el siguiente cuadro (Cuadro 3).



TECNIGRASAS
SUPLEMENTOS Y NUTRIENTES

³ Enzima ubicada a nivel mitocondrial (membrana interna) que permite la incorporación de los AG en el interior de las mitocondrias para su oxidación.

⁴ Hace referencia a los niveles de insulina en sangre generalmente dos horas después de la ingestión de la ración. La insulina es la hormona encargada de reducir los niveles de glucosa en sangre después de las comidas.

Cuadro 3. Efecto de la suplementación con grasa sobre los niveles plasmáticos de lactato y glucosa durante el ejercicio a velocidad constante (C) o incontrolada (UC) y después del ejercicio (en descanso) en caballos.

Grasa añadida en la dieta (g/kg)	Velocidad	Ácido láctico plasmático (mmol/l)		Glucosa plasmática (mmol/l)		Fuente
		Ejer.	Des.	Ejer.	Des.	
0	C	2.30	1.98	5.42	5.32	Hambleton <i>et al.</i> (1980), Meyers <i>et al.</i> (1989), Webb <i>et al.</i> (1987), Worth <i>et al.</i> (1987)
100	C	1.89	1.47	4.93	5.23	
0	C	9.90	-	2.52	3.80	Pagan <i>et al.</i> (1987)
100	C	6.70	-	2.82	3.70	
0	UC	2.31	2.25	5.32	6.02	Hintz <i>et al.</i> (1978), Harkins <i>et al.</i> (1992)
100	UC	2.12	2.09	6.11	6.25	

Ejer.: ejercicio. Des.: Descanso. Adaptado de Frape (1994)

En la figura 6 mostrada a continuación, se observa como la concentración sanguínea de glucosa es mayor en las dietas que contienen altos niveles de grasa durante el ejercicio aeróbico, a diferencia de lo reportado en las dietas con altos contenidos de almidón. Como se comentó anteriormente, los cambios metabólicos evidenciados, parecieran sugerir una mayor utilización de ácidos grasos por oxidación a nivel muscular en dietas con incremento del aporte lipídico. Asimismo, se observa un rango en la reserva muscular de glucógeno cuando se usan dietas con altos niveles de grasa, probablemente esto se deba a las diferencias en la digestibilidad de las grasas utilizadas en la dieta de los equinos, siendo mayor para las fuentes con predominancia de los ácidos grasos insaturados que los saturados (Frape, 1994). Sin embargo, indistintamente de la fuente de grasa, las reservas musculares de glucógeno son mayores que cuando se utilizan dietas altas en almidón.

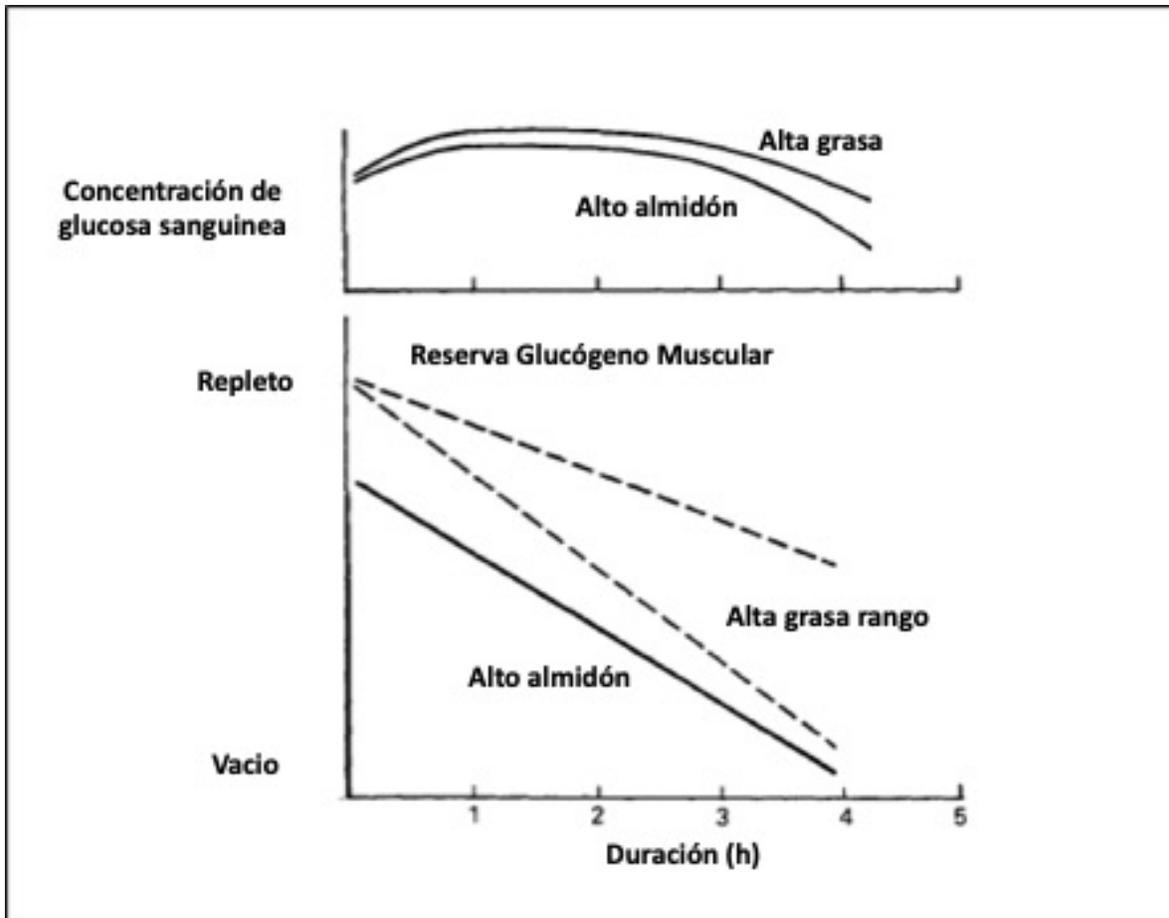


Figura 6. Relación entre el tiempo, la concentración de glucosa en sangre y de glucógeno muscular en caballos durante el ejercicio aeróbico. Adaptado de Frape (1994).

Los datos mostrados hasta este punto evidencian los efectos positivos de incorporar la grasa en las dietas de equinos. Sin embargo, como cualquier nutriente, presenta algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta para maximizar los resultados positivos al incrementar el aporte de la grasa en la dieta de los equinos. La primera inquietud es la necesidad real del equino de incrementar la grasa en la dieta.

Warren (2011) señala que, si un equino está en mala condición física y necesita aumentar de peso, o el caballo requiere un gran aporte de grano (0.5% de peso corporal o más) para mantener la condición corporal, puede ser un excelente candidato para la suplementación con grasa. Si un caballo ya está en buenas condiciones y no requiere mucho grano, la adición de grasa a la dieta puede predisponerlos a la obesidad. No hay que olvidar que las grasas tienen el mayor aporte calórico por kg en comparación con cualquier otro alimento. Por lo tanto, la grasa se utiliza mejor para proporcionar calorías, cuando sea necesario, ya sea como complemento de una dieta existente, o como reemplazo de algunos de los granos en una dieta alta en concentrados (cereales principalmente).

No hay que olvidar, que algunas grasas poseen un efecto adicional al simple aporte calórico (energético). Por esto, la utilización de grasa en la dieta de equinos puede tener como objetivo incrementar el aporte de ácidos grasos esenciales (Omega 6 y 3). En este caso, se pueden hacer ajustes de la dieta (reducción de granos, concentrado, heno) para balancear el aporte extra de calorías y evitar la obesidad. Sin embargo, caballos durante entrenamiento, o actividad física y yeguas en lactación, son menos susceptibles a problemas de este tipo, por lo que menos ajustes se requiere en este sentido, y la inclusión de grasa podría hacerse directamente. Generalmente dietas basadas en forrajes, heno y concentrados tienen bajos niveles de grasa, por lo que la inclusión es mucho más factible sin problemas. Como se indicó anteriormente, los caballos pueden tolerar hasta un 20% de la dieta (en peso) en forma de grasa. No obstante, se recomienda limitar la ingesta total de grasa al 10% de la dieta total o menos.

Tomemos como ejemplo, un caballo de 500 kg que consume 11 kg de alimento por día. Si de esta ración, el 25 % (2,75 kg) es un alimento balanceado con 10% de grasa (275 g de grasa) y el otro 75% (8,25 kg) es un heno de bermuda (*Cynodon dactylon*) con 2% de grasa (175 g de grasa), el total de grasa consumido es de 450 g/día, el cual esta muy por debajo del límite del 10% máximo de inclusión en la dieta (1100 g/día de grasa total), incluso considerando que en este ejemplo se utiliza un alimento concentrado con un alto contenido de grasa (10%) lo que no es tan común. En el caso de los lípidos líquidos, Warren (2011) recomienda no utilizar más de 100 ml de aceite (o su equivalente en grasa) por cada 100 Kg de peso corporal, es decir, para este ejemplo no más de 500 ml de aceite a suplementar.

Aunque no es frecuente el reporte de problemas digestivos cuando se adiciona grasa a la dieta de los equinos, siempre es recomendable realizar la incorporación gradualmente para evitar cualquier complicación posible. En este sentido, Warren (2011) recomienda que el suplemento lipídico sea introducido gradualmente en la dieta en un período de 2 a 3 semanas. Además, sugiere que se divida la dosis en 2 o 3 veces al día. Si se usan aceites vegetales, comenzar con una taza e ir adicionando una taza cada 5 días hasta alcanzar la dosis deseada. Lo mismo se puede sugerir para grasas en polvo. Algunos equinos pueden ser quisquillosos a la hora de incorporar una fuente lipídica, y su adaptación un poco más lenta, pero en general los equinos aceptan muy bien la grasa en la dieta.

Para aquellas fuentes que contienen aceite de pescado, puede requerirse más tiempo para su adaptación, o la utilización de algunos compuestos químicos para mejorar la palatabilidad de este tipo de grasa. Algunos caballos pueden tener heces más blandas durante las primeras fases de la alimentación con la grasa o el aceite, pero este problema por lo general es autolimitado. Si el problema persiste, se recomienda reducir el aporte lipídico hasta que el estiércol vuelva a la normalidad, luego se vuelve a introducir las cantidades de la fuente de grasa a un ritmo más lento (Warren, 2011). Incorporar grasa en la dieta de animales viejos puede ser de gran ayuda, sobretodo en equinos que tienen problemas para mantener la condición corporal. Sin embargo, un buen examen clínico es recomendado para descartar

cualquier patología, particularmente alguna hepática. Algunas ventajas y desventajas de la utilización de grasa en la dieta de los equinos en actividad física se resumen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Ventajas y limitaciones de la inclusión de la grasa en la dieta de caballos en entrenamiento comparado con dietas con bajos niveles de grasa, pero altas en almidón. Adaptado de Frape (1994).

Ventajas	
1	Cociente respiratorio más bajo durante el ejercicio intenso (que promueve el catabolismo lipídico) extendiendo potencialmente la resistencia.
2	Incremento de la actividad de la LPL en el tejido muscular, incrementando la captación de ácidos grasos, mejorando el aporte de energía.
3	Aumento en las reservas de glucógeno muscular, más disponibilidad de energía glucolítica y un posible retraso en el agotamiento del glucógeno durante el ejercicio aeróbico extendido.
4	Las concentraciones sanguíneas de glucosa se incrementan o se mantienen durante el ejercicio prolongado.
5	Posible retraso en la acumulación en los niveles plasmáticos de ácido láctico durante el ejercicio anaeróbico (la acumulación de lactato es proporcional al gasto de glucógeno muscular, cuando las condiciones son constantes)
6	Reducción en el calor de la fermentación y disminución del llenado intestinal, lo que puede beneficiar el trabajo a más de 200 lpm*
7	Menor excitabilidad de los caballos (sobretudo en caballos temperamentales) y posible reducción de los riesgos de cólicos y laminitis en todos los tipos de caballo
Limitaciones	
1	Pueden ser costosas las grasas de mejor calidad.
2	Una gran variedad de grasas en el mercado de baja calidad nutricional y dificultad para evaluar la misma.
3	Falta de estabilidad cuando se incorpora grandes cantidades de grasa en el alimento y problemas prácticos de suministro, particularmente en el caso de los aceites.
4	Rechazo inicial en dietas altas en grasa o poco consumo, principalmente por problemas de palatabilidad.
5	Menores reservas de líquido intestinal para eventos de resistencia.

*latidos por minuto. LPL: lipoproteinlipasa.

En la dieta, se necesita grasa para favorecer la absorción de las vitaminas liposolubles: A, D, E y K. Aunque los equinos pueden producir la vitamina D a nivel dérmico, por la exposición de los rayos UV de la luz solar, y la vitamina K puede ser sintetizada por la microbiota intestinal, particularmente en el ciego e intestino grueso, en la dieta se requiere el aporte de la vitamina A y E. Cuando los equinos son alimentados con heno como única fuente de forraje, sin acceso a la pastura verde y sin suplementación adicional, los niveles de estas dos vitaminas pueden hacerse marginales. La incorporación de fuentes lipídicas en la dieta puede ayudar a utilizar más eficientemente estas vitaminas liposolubles.

4. Las grasas en el desempeño del equino.

En el ejercicio.

Previamente se ha comentado el efecto de la incorporación de la grasa en la dieta de los caballos, sobre algunos aspectos inmunológicos y durante el ejercicio. Para profundizar en este último tema, se debe recordar el mayor aporte energético de los ácidos grasos y la no generación de ácido láctico, cuando estos son oxidados a nivel muscular. Algunos investigadores relacionan la presencia de ácidos grasos polinsaturados (omega 3), con cambios en el perfil de ácidos grasos de la membrana celular de los glóbulos rojos mejorando el intercambio de oxígeno con el músculo, reduciendo la generación de ácido láctico, retrasando o reduciendo la fatiga muscular (King *et al.*, 2008).

Otras teorías mencionan un cambio en las prostaglandinas generadas, de la serie 3, las cuales tienen efectos vasodilatadores mejorando la perfusión sanguínea hacia los tejidos, favoreciendo la llegada de los glóbulos rojos para una mayor entrega de oxígeno al músculo (Hess *et al.*, 2012). Lo anterior podría generar un retraso en la generación de lactato, así como una mayor tasa de extracción del mismo a nivel muscular, para su metabolización a nivel hepático a través del ciclo de Cori⁵. En este sentido, Walser *et al.* (2006) reportaron un incremento en el diámetro de la arteria braquial y del flujo sanguíneo inducido por el ejercicio, al suplementar con EPA y DHA (Omega 3). Lo más interesante, es que este incremento se presentó sin ningún aumento de la presión arterial o del gasto cardiaco, indicando efectivamente que la incorporación en la dieta de no solo grasa, sino de ácidos grasos esenciales omega 3, puede afectar la vasoreactividad a nivel de la vasculatura del músculo esquelético. Esto se traduciría en un mayor aporte de sangre al músculo durante el ejercicio, sin un mayor esfuerzo o al menos uno menor, por parte del músculo cardiaco, resaltando que este efecto es adicional al aporte energético de las grasas, el cual se obtiene al incorporar fuentes lipídicas que aporten omega 3 en la dieta de equinos.

Otros trabajos reportan un incremento en las reservas musculares de glucógeno y los niveles plasmáticos de glucosa en 15,8 y 25,9 %, respectivamente, en aquellos caballos pura sangre suplementados con 2% de grasa adicional en comparación con el control, 3 semanas antes de ser sometidos a una carrera de 1600 metros (Harking *et al.*, 1992). El hallazgo más importante de este trabajo fue una mejora en el tiempo de carrera de 2,5 seg. menos en los caballos suplementados con grasa, indistintamente de la tasa de utilización de glucógeno muscular, llevando a los autores a concluir que la grasa incorporada en la dieta de los caballos purasangre mejora el tiempo de carrera, al compararlo con los no suplementados.

Diversos estudios no solo relacionan el uso de la grasa en la dieta de los animales y sus mejoras en el desempeño atlético (al igual que en humanos), sino que existen evidencias de efectos específicos dependiendo del tipo de ácido graso, particularmente el caso de los ácidos

⁵ Llamada así la ruta metabólica que permite que el ácido láctico producido por la glucólisis anaeróbica en el músculo sea transformado en el hígado nuevamente a glucosa y enviado de nuevo al músculo, para su almacenamiento en glucógeno muscular o su utilización como fuente de energía.

grasos esenciales (omega 6 y 3). En este sentido, en una revisión presentada por Mickleborough (2013) en el *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, resalta que en humanos el consumo diario de hasta 2 g de EPA y DHA (en relación 2:1, respectivamente), es benéfico contrarrestando los efectos de la inflamación muscular generada por el ejercicio. Este mismo autor menciona que existe una fuerte correlación positiva entre el contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega 6 (LA, AA), en los fosfolípidos de la membrana celular del músculo y la máxima velocidad de carrera en los mamíferos. Ruf *et al.* (2006) señala que los omega 6 ejercen un efecto positivo a nivel muscular durante el ejercicio, facilitando la captación de calcio (Ca^{++}) por parte del retículo sarcoplásmico, favoreciendo la contracción muscular en los mamíferos.

Otra área de interés en el caso particular del equino es en la Rabdomiolisis Recurrente (RER, por sus iniciales en inglés). Esta patología generalmente se presenta producto del esfuerzo realizado a nivel muscular durante el ejercicio moderado y/o intenso. El diagnóstico se realiza con base en la historia clínica, que en la mayoría de los casos se caracteriza por calambres musculares y rigidez después del ejercicio, acompañado de una elevación en los indicadores séricos de mioglobina, creatina quinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LD) y aspartato aminotransferasa (AST), los cuales son indicadores sanguíneos de daño muscular (Hallebeek and Beynen, 2016). Las causas pueden ser múltiples, pero dos muy específicas han sido identificadas, incluyendo un desorden muscular contráctil y una falla en el almacenamiento y utilización de los carbohidratos llamada miopatía por almacenamiento de polisacáridos (PSSM, por sus iniciales en inglés). Warren (2011) menciona que el temperamento nervioso es uno de los factores predisponentes que contribuyen a desencadenar episodios de RER, y que las dietas altas en grasa pueden contribuir en el manejo de esta patología, posiblemente debido al “efecto calmante” de las grasas sobre el comportamiento, que se discutirá más adelante.

La PSSM es una patología donde el glucógeno muscular se almacena de manera anormal, probablemente debido a que estos caballos son más sensibles a los niveles de insulina en sangre. Por esto, el almidón presente en los granos o cereales exacerba el problema, al aumentar el aporte de glucosa en la sangre, lo cual, por acción de la insulina, incrementa la síntesis de glucógeno a nivel muscular. En este sentido, Warren (2011) menciona que un aumento de la grasa en la dieta, junto con restricciones en el aporte de almidones y azúcares, puede ser muy útil para el manejo nutricional de caballos con PSSM, ya que es posible aportar la energía que requieren los equinos por esta vía, sin generar un incremento en los niveles de insulina, como ocurre con el uso de los carbohidratos.

Aunque muy pocas evaluaciones se han realizado con respecto al uso de la grasa y la RER, Valentine *et al.* (1998) alimentó 19 caballos que tenían RER durante 3-6 meses con una dieta alta en grasa (9-11% de la MS). Estos autores reportan una reducción significativa en los niveles sanguíneos de CK y AST post-ejercicio en los caballos que recibieron esta dieta alta en grasa, vs los valores al inicio del estudio. En otro trabajo, MacLeay *et al.* (2000) reportan

un incremento en los niveles de CK después del ejercicio (> 3000 U/L) cuando los caballos consumieron dietas con alto contenido de almidón como aporte principal de energía (28,8 Mcal/d), pero al consumir el mismo nivel de calorías en dietas bajas en almidón, pero altas en grasa, los valores de CK estuvieron dentro del rango normal (< 400 U/L). El 20% del aporte calórico en este ensayo era aportado por la grasa. Además, los autores mencionan que los caballos con RER tenían frecuencias cardíacas más bajas en reposo y eran más tratables al consumir la dieta alta en grasa.

Basado en diversos resultados y en investigaciones recientes, los efectos positivos que pueden tener las grasas en la dieta sobre el desempeño atlético en el equino pueden ser debidas no solo a un efecto energético, o cambios metabólicos en la utilización del tipo de energía, sino que pueden deberse a efectos nutraceuticos específicos de los ácidos grasos sobre diversos tejidos animales.

En este sentido, Connor *et al.* (2004) compararon los efectos de utilizar aceite de pescado en la dieta (fuente de AG omega 3) vs aceite de maíz en caballos realizando actividad física. La suplementación fue diseñada para que ambos grupos recibieran el mismo aporte energético y la única diferencia fuera la variación en el perfil de AG (Aceite de pescado, aporta EPA y DHA, n-3). Durante el ejercicio, los caballos que recibieron EPA y DHA mostraron una frecuencia cardíaca más baja y post-ejercicio la insulina en el suero tendió a ser menor en estos mismos caballos, al compararlos con los que recibían aceite de maíz. Aunque los niveles de ácido láctico fueron iguales durante el ejercicio en ambos tratamientos y post-ejercicio hubo una leve disminución en el grupo que recibía omega 3, no hubo diferencias significativas en cuanto a este indicador (Figura 7).

Los autores señalan que la combinación de una frecuencia cardíaca más baja en el tratamiento con EPA y DHA y similares concentraciones de ácido láctico en el plasma durante el ejercicio, podría interpretarse como que no hubo fallas en la capacidad de oxigenación del músculo durante el trabajo en el grupo mencionado. Además, y con base en la información ya presentada, es probable que se presentaran cambios en el perfil de ácidos grasos de los glóbulos rojos de los caballos que recibían omega 3, favoreciendo la permeabilidad del oxígeno, mejorando la tasa de entrega a nivel muscular.

Es probable que la incorporación de AG omega 3 (particularmente EPA y DHA) en la dieta de animales en entrenamiento, tenga otros efectos positivos como reducción de la inflamación post-ejercicio, retraso en la aparición del dolor muscular, aumento de la tasa de recuperación y reducción del riesgo de infección debido a la inmunoregulación (Mickleborough, 2013), beneficios que se obtienen por efectos no relacionados con aporte energético de estos AG, sino por la generación de señales químicas, síntesis de eicosanoides, cambios en la permeabilidad celular, entre otros. EPA y DHA pueden reducir la frecuencia cardíaca durante el descanso y el ejercicio, lo que implica un corazón más eficiente. Este efecto es quizás debido a efectos directos sobre la actividad electrofisiológica del corazón.

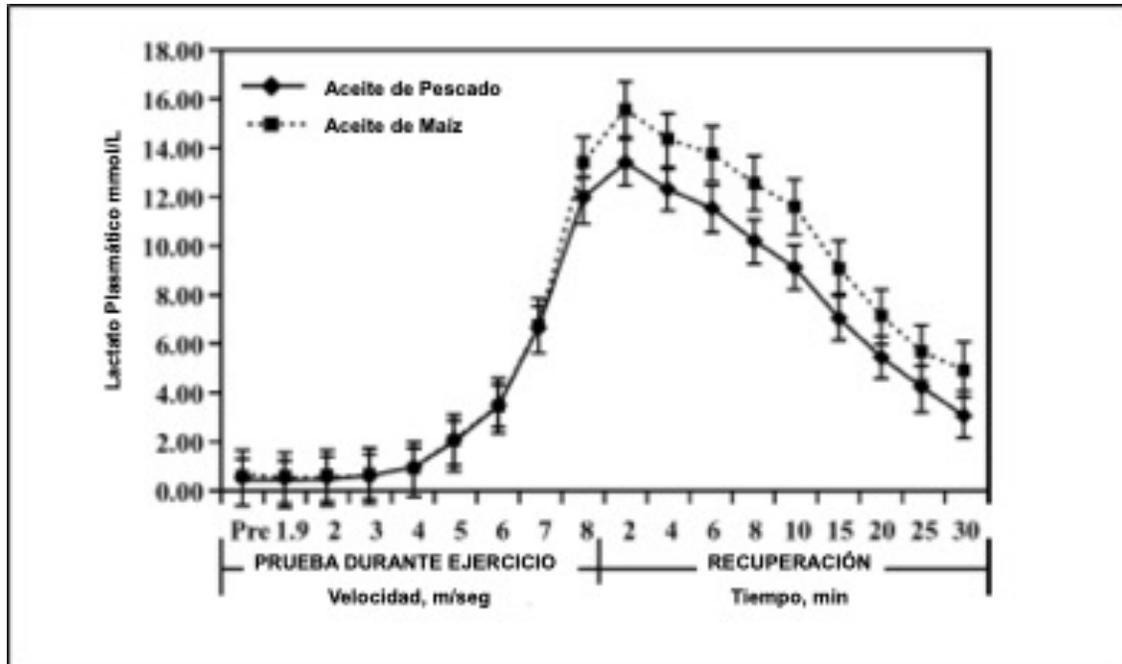


Figura 7. Lactato plasmático pre, durante y post ejercicio en caballos suplementados con aceite de pescado o maíz. Adaptado de Connor *et al.* (2004)

Otro aspecto menos evaluado, pero con resultados interesantes, es el uso de la grasa durante el ejercicio, para obtener beneficios sobre la termorregulación, o más específicamente sobre la generación de calor durante el ejercicio. Al respecto, Kronfeld (1997), a manera anecdótica, menciona que en preparación para un evento equino en Atlanta (USA), el comité equino le pregunto lo siguiente: ¿Podría la grasa incorporada en la dieta reducir de manera importante la producción de calor, para lograr mejorar el desempeño y ayudar con el bienestar equino? Mas adelante, se mencionará los resultados obtenidos por este investigador al verificar esta hipótesis. Mientras, es necesario recordar que al consumir un alimento este se digiere y se absorbe, parte de la energía contenida en su interior se pierde como calor, en la medida que más calor genere un alimento más energía se perderá en esta forma, produciendo mayor calor metabólico, este hecho bioquímico aplica también para los equinos.

En este sentido, Warren (2001) menciona que la mayor cantidad de calor se genera en el proceso de la fermentación de la fibra (carbohidratos estructurales), seguido de las proteínas y luego el almidón. La menor generación de calor se da al digerir y metabolizar las grasas y aceites. Debido a esto, las grasas son llamadas de manera coloquial como “nutrientes fríos”. La energía también se pierde en forma de calor cuando los combustibles almacenados se movilizan durante el ejercicio. La oxidación de los ácidos grasos es más eficiente que la glucosa⁶, por lo tanto, se genera menos calor cuando se usan AG a nivel muscular como fuente de energía.

⁶ Las grasas rinden más energía, en forma de ATP, por cada gramo metabolizado. Al menos 2,5 veces más que los carbohidratos.

Retomando la investigación realizada por Kronfeld (1997), este autor encontró una reducción del 14% en la generación de calor en los caballos suplementados con grasa en la dieta. Desde el punto de vista cuantitativo, se produjeron 2,2 Mcal de energía metabolizable menos en forma de calor. Asimismo, este autor explica que los resultados obtenidos pueden deberse a que la grasa en la dieta ayuda a reducir la actividad espontánea y la reactividad de los caballos hasta en un 25% y que además la eficiencia de utilización de la grasa para síntesis de ATP⁷ es casi el doble, al compararla con los carbohidratos.

Por otra parte, esta menor generación de calor metabólico, al suplementar con la grasa, reduce la necesidad de perder calor a través de la evaporación (por el sudor), por lo tanto, las pérdidas hídricas y de electrolitos se reducen durante la actividad física. Esto es de gran importancia para equinos en entrenamiento y competiciones en climas cálidos y húmedos, donde la reducción de la generación de calor metabólico puede significar una ventaja competitiva.

Sobre el comportamiento.

Previamente, se mencionó el posible efecto benéfico que se genera sobre el comportamiento en los equinos, cuando se adiciona grasa a la dieta de los mismos. De hecho, Kronfeld (1997) reporta una reducción en la reactividad y la actividad espontánea en caballos que consumen grasa suplementaria. Sin embargo, evaluar el comportamiento no es algo sencillo y no existen muchos indicadores para este tema en el caso de los equinos. A pesar de lo anterior, se ha reportado que algunos caballos experimentan un incremento de la excitabilidad cuando se les alimenta con grandes cantidades de carbohidratos tipo almidón (como lo que hay en los granos de cereales), similar al “sugar high” o sobredosis de azúcar observado en algunos niños (Warren, 2011). Altos niveles de almidón en la dieta conducen a elevados niveles de glucosa en sangre. Esto es el estímulo para incrementar los niveles séricos de insulina para la utilización o almacenamiento de esa glucosa recién absorbida.

La insulina también incrementa la tasa metabólica, al aumentar la secreción de la hormona tiroidea que, a su vez, puede ser la responsable del “sugar high”. Por el contrario, al incorporar grasa en las dietas de los caballos la síntesis de insulina se reduce, lo que podía evitar esta alta secreción de hormona tiroidea, reduciendo la reactividad y el temperamento nervioso o agitado en los caballos suplementados. Warren (2011) reporta que diversos jinetes, manifiestan que los caballos que reciben suplementación con grasa muestran un comportamiento más tranquilo y equilibrado, en comparación con los caballos que reciben fuentes de energía basadas en fuentes de almidón y azúcares.

Con la idea de verificar parte de los comentarios previos, Holland *et al.* (1996) evaluaron el efecto de incorporar fuentes adicionales de grasa en la dieta de los caballos sobre la manejabilidad de los mismos. Estos autores fueron los primeros en cuantificar el efecto de las grasas en la dieta sobre el comportamiento de los caballos, encontrando una reducción en

⁷ Adenosin trifosfato o Trifosfato de Adenosina, es la forma química de energía que es utilizada por la mayoría de las células.

la reactividad a los estímulos visuales, sonoros y de presión en los caballos que sus dietas eran enriquecidas con grasa, vs los caballos control que no recibían la grasa. Parte de los resultados de este estudio se muestran en la figura 8 y 9.

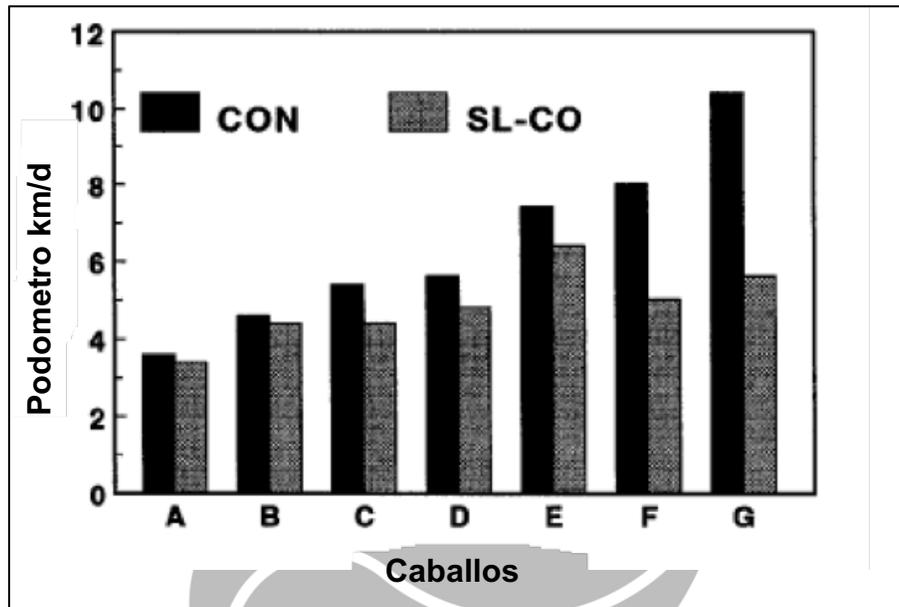


Figura 8. Actividad espontanea de caballos suplementados con grasa (SL-CO, barras grises) y controles (CON, barras negras). Adaptado de Holland *et al.* (1996).

En la figura 8, se observa una reducción en la actividad espontánea durante el día en aquellos caballos que reciben suplementación adicional con grasa en la dieta.

En la figura 9, se muestra los resultados del incremento de la reactividad en los caballos con la dieta control (sin grasa adicionada) y como ninguno de los suplementados con grasa incrementó su reactividad, utilizando como estímulo la apertura de un paraguas de colores abruptamente (estímulo visual) a mitad del recorrido y evaluado como incremento de la velocidad para recorrer 6,1 metros.

El crecimiento de animales jóvenes.

En cuanto a los animales jóvenes, los potros presentan rápidas tasas de crecimiento pudiendo alcanzar un 90% del tamaño adulto en su primer año de crecimiento y 65% de su peso adulto, por estas razones el consumo de energía y nutrientes para los potros tiene que ser elevado. Por lo anterior, es un manejo alimenticio tradicional incrementar el aporte de alimento concentrado durante esta etapa fisiológica. Este incremento de concentrado en la dieta aumenta el aporte de carbohidratos tipo almidón, produciendo el incremento de los niveles de insulina y de hormona tiroidea (triiodotironina T3) consecuentemente, como se explicó anteriormente. Esta elevación de la hormona tiroidea tiene una influencia notable en el crecimiento y maduración del potro, lo cual puede ser un factor contribuyente a la aparición de una patología del crecimiento denominada enfermedad ortopédica del desarrollo (DOD, por sus iniciales en ingles). La Inclusión de fuentes energéticas de origen lipídico, en vez de

carbohidratos, pueden ayudar a prevenir este tipo de enfermedad en los potros (Hallebeek and Beynen; 2016), al no generar incrementos de insulina luego de ingerir la ración, reduciendo el riesgo de la aparición de problemas esqueléticos en potros durante su crecimiento.

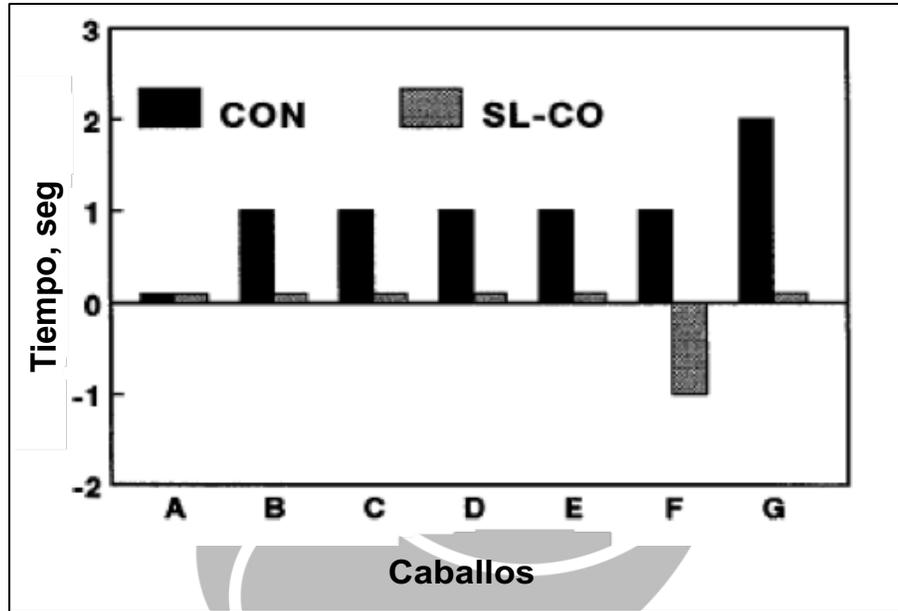


Figura 9. Reactividad a estímulo visual en caballos suplementados con grasa (SL-CO, barras grises) y controles (CON, barras negras). Adaptado de Holland *et al.* (1996).

En la actividad reproductiva.

En cuanto a los aspectos reproductivos, diversas investigaciones han reportado mejoras en la fertilidad de sementales y yeguas, similares a las reportadas en otras especies como los bovinos, cerdos e inclusive en los humanos. En las yeguas, se piensa que la suplementación con EPA y DHA modula la síntesis de PG, aumenta los niveles de progesterona, entre otros y esto puede ayudar a la supervivencia del embrión. Además, existen reportes de que las yeguas transfieren este tipo de ácidos grasos a sus potros a través de la leche. Estos potros parecieran tener un sistema inmune más fuerte que los potros que toman leche de yeguas no alimentadas con ácidos grasos omega 3. Lo anterior ha sido bien documentado en humanos, donde la mayoría de las formulas infantiles son enriquecidas con EPA y DHA, argumentando su impacto en la regulación del sistema inmune del infante, salud mental, entre otros beneficios.

En una investigación reciente, Robert (2015) señala que la gestación de la yegua es única en comparación a las otras especies domésticas, debido principalmente a la gran cantidad de tiempo que transcurre entre la ovulación y la implantación uterina de aproximadamente 40 días. Este amplio periodo de tiempo de pre-implantación, resalta la necesidad de un aporte nutricional apropiado por parte del útero, donde las grasas y específicamente los ácidos grasos esenciales pueden tener un papel fundamental. Ya en otras especies, como los bovinos,

ha sido evaluado el planteamiento anterior, encontrando resultados muy positivos. En este sentido, Ribeiro (2018) señala la importancia de los lípidos en la leche uterina (histotrofo), la cual es fundamental para la implantación embrionaria una vez ocurrida la concepción en la vaca, siendo los derivados del ácido linoleico ω -6 (como el ácido araquidónico) cruciales para la sobrevivencia embrionaria temprana y la implantación, a través de la mejora en las síntesis de las PG por el concepto, o la activación de genes directos por parte de los ácidos grasos esenciales o sus derivados.

En el área de los equinos, Robert (2015) evaluó el efecto de incorporar en la dieta ácidos grasos omega 3 (DHA principalmente) sobre el ambiente uterino en yeguas y sobre la expresión de genes en embriones, provenientes de las yeguas suplementadas con omega 3. El autor reporta que la expresión de genes en el útero, responsables del transporte de nutrientes al embrión en desarrollo, mostró una tendencia a aumentar en las yeguas suplementadas con DHA (Figura 10). Esto puede indicar un útero con un ambiente post-ovulatorio más “hospitalario”, que podría mejorar el desempeño reproductivo, inclusive en aquellas yeguas con sobrepeso u obesidad.

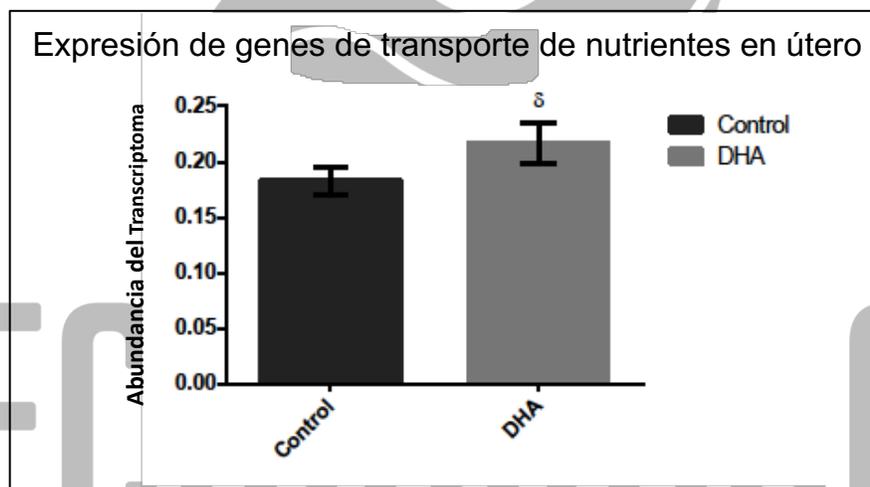


Figura 10. Expresión de genes relacionados con el transporte de nutrientes a nivel uterino en yeguas a los 12 días post-ovulación. Adaptado de Robert (2015).

Debido a la implantación tardía observada en el desarrollo embrionario equino, el medio hormonal y factores secretados por el endometrio juegan un papel fundamental en la modulación de la salud embrionaria. Estos aspectos han sido evaluados cuantificando la expresión de algunos genes por parte del embrión, los cuales están relacionados con el desarrollo temprano y su calidad. Robert (2015) menciona que los embriones recolectados de yeguas que eran suplementadas con DHA, mostraron una expresión diferencial de los genes relacionados con la diferenciación del trofoectodermo⁸ (Figura 11). Una interacción dinámica entre el endometrio de la yegua y el trofoectodermo del embrión, es fundamental

⁸ Es una capa de células epiteliales que son responsables de generar tejidos extra-embriónicos, tales como la placenta y los vasos endometriales exclusivos de la gestación equina.

para el establecimiento y mantenimiento de la gestación, lo que lleva al autor a hipotetizar que los cambios mostrados anteriormente, en la expresión de genes del útero y del embrión como resultado de la suplementación con omega 3, se traducen en la producción de embriones de mejor calidad, incrementando la probabilidad de implantarse exitosamente y lograr el establecimiento de la preñez.

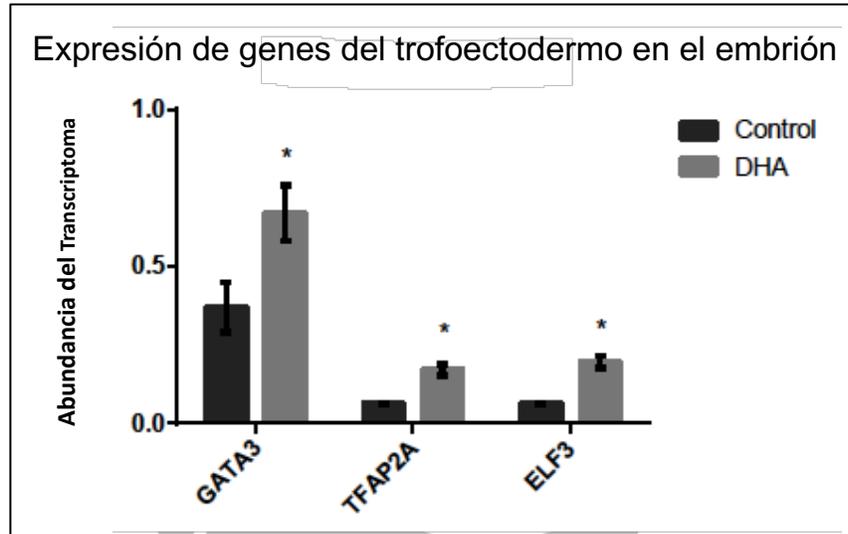


Figura 11. Expresión de genes del trofoectodermo en embriones obtenidos en yeguas de 12 días post-ovulación. Adaptado de Robert (2015).

Para el caso de los sementales se han obtenido resultados muy prometedores, mostrando en algunos casos un incremento notable en el número de espermatozoides con forma normal, en la motilidad post-congelación, reducción en el porcentaje de atipias, de los espermatozoides muertos y aumento de la concentración espermática. Estos resultados, al igual que en las yeguas, coinciden con lo reportado en otras especies domesticas como los bovinos. En este sentido, Cabrera *et al.* (2015) encontraron mayor calidad seminal en fresco y post-congelación, en toros suplementados con sales cálcicas con mayor contenido de omega 6 dos meses antes de las evaluaciones. Además, dichos autores reportan mejoras en la capacidad de desplazamiento y la motilidad en espermatozoides post-congelación provenientes de toros suplementados con altos niveles de LA.

Para el caso de equinos, Grady (2008) reporta un aumento de la motilidad total y la motilidad progresiva de los espermatozoides frescos y congelados durante 24 horas, cuando sementales fueron suplementados con fuentes de EPA y DHA. Asimismo, Brinsko *et al.* (2005) reportan que al enriquecer la dieta de sementales con DHA, se mejora el porcentaje de espermatozoides móviles, de células normales y con puntas acrosómicas normales, concluyendo que incorporar fuentes de omega 3 en la dieta de los caballos, puede tener efecto positivo sobre el semen fresco y congelado, particularmente en sementales con pobre fertilidad. Además, Henao *et al.* (2013) reportan mejoras evidentes en la concentración, la viabilidad y la morfología espermática en fresco, en sementales criollos colombianos

suplementados con una fuente de AG poliinsaturados que contenía EPA y DHA durante 60 días (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen de variables de calidad espermática evaluadas en caballos criollos colombianos suplementados con AG poliinsaturados que contenía EPA y DHA.
Adaptado de Henao et al. 2013.

Muestreo*	Valores promedio del grupo								
	Volumen inicial (ml)	pH	Motilidad progresiva (%)	Motilidad total (%)	Concentración del eyaculado**	Morfología espermática (%)			
						Vivos	Muertos	Normales	Anormales
Antes	59	7	32	76	167	72	28	53	49
Durante	54	7	36	76	182	89	11	67	34
Después	52	7	40	85	292	90	10	68	34

*Muestreos realizados en función a la suplementación. **Evaluado como millones de espermatozoides por ml.

Sobre la piel y el pelaje.

En cuanto al componente estético, las grasas y los aceites son ingredientes comunes de muchos productos destinados al embellecimiento del pelaje en los equinos. Si bien esto no ha sido evaluado científicamente, es de amplio conocimiento que los productos cosméticos en humanos se enriquecen principalmente con muchos aceites vegetales (de almendras, aguacate, etc.). En este particular tema, los ácidos grasos esenciales podrían jugar un papel fundamental, ya que se sabe que deficiencias de estos nutrientes generan manifestaciones clínicas que cursan con patologías de la piel en los mamíferos (Spector and Kim, 2015). En este sentido, para los caballos que sufren de alergias y afecciones de la piel, se ha demostrado que los ácidos grasos omega 3 ayudan con la piel y el pelo, en especial en casos como la hipersensibilidad asociada con picaduras de insectos y otras reacciones alérgicas (Kentucky Equine Research, 2016).

Además, la incorporación de la grasa adicional en la dieta puede favorecer la absorción de las vitaminas liposolubles como se mencionó previamente, donde la vitamina A tiene un papel importante en la síntesis y mantenimiento de los epitelios como la piel. Warren (2001) señala que en casos donde no existan fuentes de forrajes frescos para los equinos, se

recomienda la incorporación de vitamina E adicional, para fortalecer los efectos antioxidantes en el organismo, particularmente cuando se utilizan fuentes altas en ácidos grasos poliinsaturados. Los niveles de inclusión descritos son de 200 a 250 UI de vitamina E por cada taza de aceite.

5. Consideraciones finales y puntos a recordar

La administración de suplementos que contienen ácidos grasos omega 3, es una forma rápida y acertada de mejorar la relación de ácidos grasos omega 3: omega 6, cuando a los caballos se les suministran altas cantidades de alimento concentrados o cereales. Los granos y la mayoría de los aceites contienen bajos niveles de EPA y DHA y mayores cantidades de omega 6, de modo que a medida que se alimentan con más granos de cereal, el porcentaje de los ácidos grasos omega 3 en la dieta disminuye.

Efectos positivos se han reportado en los equinos al suplementar con grasa y en particular, con los ácidos grasos omega 3 EPA y DHA. Los principales efectos benéficos son sobre la reproducción y la fertilidad, la salud de las articulaciones, en la inflamación de las vías respiratorias y hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio (sangrado), durante y después del ejercicio, en patologías como la RER, DOD y en los aspectos cosméticos como son la condición corporal, la piel y el pelaje.

Hay que considerar un periodo de tiempo necesario para que los ácidos grasos comiencen a actuar. Es importante estar claro de que la velocidad de respuesta a la suplementación depende de varios factores como lo son: la dieta basal (por su aporte de otros ácidos grasos), dosis del suplemento, edad del animal, estado de salud y cuál es el tejido que se quiere afectar. Elevaciones de los niveles plasmáticos de los ácidos grasos esenciales, efectos sobre la piel y las acciones endocrinas (eicosanoides) son más rápidas que los efectos sobre semen o glóbulos rojos, por ejemplo. Toma alrededor de 60 días para que ocurra el proceso completo de espermatogénesis y el ciclo de vida de un eritrocito dura aproximadamente 120 días, por lo que es necesario que transcurran los periodos de tiempo descritos para ver algún efecto, esto quiere decir, que tiempos mayores de suplementación (al menos 30 días más) son requeridos.

En épocas recientes, el desarrollo de procesos tecnológicos en el área de fabricación de suplementos energéticos, ha permitido alcanzar la generación de suplementos lipídicos que logran modificar el perfil de los AG de los mismos. Lo anterior, no solo permite mejorar el valor nutricional de estos suplementos sino además, cambiar la forma física del mismo, generando productos muchos más estables a las condiciones ambientales y de más fácil manejo. Estas llamadas “grasas técnicas”, que incluyen a las sales de ácidos grasos, son básicamente producidas a través de un proceso industrial que permite transformar aceites en polvo, manteniendo su perfil de ácidos grasos. Esto facilita el mezclado en las raciones de los equinos, o su incorporación en los alimentos balanceados, particularmente cuando se desea incrementar el aporte de ácidos grasos como EPA y DHA omega 3.

El uso de aceites requiere un manejo adicional y en el caso de los aceites de pescado, fuente más común de AG omega 3, los problemas de palatabilidad pueden limitar su consumo, y adicionalmente, son muy susceptibles a enranciamiento, por lo que requieren condiciones particulares de almacenamiento. Las sales de AG permiten un manejo más adaptado a las condiciones rústicas del campo, típicas de los establos, garantizando menos susceptibilidad a daños oxidativos. Además, su forma en polvo permite el mezclado con saborizantes y/o otros compuestos químicos, para mejorar la palatabilidad, aspecto bien importante cuando se desea utilizar fuentes de EPA y DHA, como lo es el aceite de pescado. Este tipo de suplementos ha revolucionado la utilización de las grasas en la dieta de equinos, generando oportunidades de desarrollo en investigación y comerciales, llevando los beneficios de los ácidos grasos esenciales a los equinos de una manera más fácil y segura. Lo anterior, ha sido evaluado y certificado por múltiples profesionales del área (veterinarios, zootecnistas, nutricionistas, etc.), propietarios, entrenadores y personal relacionado con el mundo equino, quienes buscan mejorar la salud, reproducción, desempeño y bienestar general de sus equinos, a través de la incorporación de las grasas en la dieta, con énfasis en la incorporación de los ácidos grasos esenciales.

6. Agradecimientos

El autor desea agradecer al equipo técnico-comercial de Colombia, Venezuela y Panamá, por sus aportes y testimoniales que han permitido el desarrollo de este documento, en particular a la Medica Veterinaria Diana Arias, a la Administradora de Empresas Agropecuarias Mónica Alvis y a la Ingeniera Jhessica Rodríguez por las sugerencias en la edición del documento.

TECNIGRASAS
SUPLEMENTOS Y NUTRIENTES

7. Bibliografía

1. Babcock T.A., Novak T. And Ong E. 2002. Modulation of lipopolysaccharide stimulated macrophage tumor necrosis factor- α production by ω -3 fatty acid is associated with differential cyclooxygenase-2 protein expression and is independent of interleukin-10. *J. Surg. Res.* 107: 135–139.
2. Beynen A. and Hallebeek J. 2002. High-Fat diets for horses. Proceedings of the First European Equine Nutrition & Health Congress, Antwerp Zoo, Belgium. 1-13 pag.
3. Bolger Coby. 2010. the Omega. Oils in the horse's diet. We are learning about Omega 3 and 6. Waltham Equine Laboratory. Kentucky Equine Research.
4. Brinsko S., Varner D., Love C., Blanchard T., Day B. and Wilson M. 2005. Effect of feeding a DHA-enriched nutraceutical on the quality of fresh, cooled and frozen stallion semen. *Theriogenology* 63:1519-27.
5. Cabrera P., Hernández R., Vera O. y Díaz T. 2015. Efecto de la grasa sobrepasante sobre la calidad seminal de toros Brahman. Pag 23-54. En el XXIX cursillo sobre bovinos de carne. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Octubre. Maracay, Venezuela.
6. Calder P. 2009. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: New twists in an old tale. *Biochimie* 91:791–795
7. Campoy C., Cabero L., Sanjurjo P., Serra-Majen L., Anadón A., Morán J. y Fraga J. 2010. Actualización, recomendaciones y consenso sobre el papel de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga en la gestación, lactancia y primer año de vida. *Med Clin (Barc)*. 135(2):75–82.
8. Connor C., Lawrence L., St. Lawrence A., Janicki J., Warren L. and Hayes S. 2004. The effect of dietary fish oil supplementation on exercising horses. *Journal of Animal Science*. 82: 2978-2984.
9. Conchillo A., Valencia I., Puente A., Ansorena D. y Astiasarán. 2006. Componentes funcionales en aceite de pescado y algas. *Nutr. Hosp.* vol.21 no.3 Madrid may./jun.
10. Frappe D. 1994. Diet and exercise performance in the horse. *Proc. Nutr. Soc.* 53: 189-206.
11. Geelen S., Jansen, W., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan M., Breukink H. and Beynen A. 2001(a). Fat feeding increases equine heparin-released lipoprotein lipase activity. *J. Vet. Intern. Med.* 15: 478-481.
12. Geelen S., Blázquez C., Geelen M., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. and Beynen A. 2001(b). High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acids oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies. *Brit. J. Nutr.* 86: 31-36.
13. Grady S. 2008. Dietary supplementation of omega-3 fatty acids and subsequent effects on fresh, cooled, and frozen seminal characteristics of stallions. MSc Thesis. Texas A&M University. USA. Pag. 78.
14. Hallebeek J. and Beynen A. (2016). Dietary fats and lipid metabolism in relation to equine health, performance and disease. Department of Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, The Netherlands. Chapter 2. Pag 1-34.

15. Harking J., Morris G., Tulley R., Nelson A. and Kamerling S. 1992. Effect of added dietary fat on racing performance in thoroughbred horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 12: 123-129.
16. Hernández, R., Díaz, T. y Betancourt, R. 2011. Grasas en la alimentación de rumiantes en condiciones tropicales. Efectos de los ácidos grasos omega 6 y 3 sobre la respuesta productiva y reproductiva en rumiantes. Editorial Académica Española. Berlín, Alemania. 73 p.
17. Henao, L; Buriticá, M; Rodríguez O. 2013. Efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados sobre la calidad seminal de equinos de la raza criollo colombiano. Facultad de Ciencias agrarias, Universidad nacional de Colombia-Sede Medellín. Publicado en *Universo Equino*. N° 22. Pp 48-54
18. Hess T., Rexford J., Hansen D., Harris M., Schauer mann N., Ross T., Engle T., Allen K. and Mulligan C. 2012. Effects of two different dietary sources of long chain omega-3, highly unsaturated fatty acids on incorporation into the plasma, red blood cell, and skeletal muscle in horses. *J. Anim. Sci.* 90:3023-3031.
19. Holland J., Kronfeld D., Rich G., Kline K., Fontenot J., Meacham T., and Harris P. 1998. Acceptance of fat and lecithin containing diets by horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56: 91-96.
20. Holland J., Kronfeld D., and Meacham T. 1996. Behavior of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet. *J. Anim. Sci.* 74:1252–1255.
21. Lewis, L. 1995. *Equine clinical nutrition: feeding and care*. Williams and Wilkins. Philadelphia, PA- USA. Pag-587.
22. Klasing K., Roura E. y Korver D. 1995. Interacciones entre nutrición y sistema inmune. XI curso de especialización FEDNA. Barcelona-España. Pag 1-7.
23. Kentucky Equine Research. 2016. Health benefits from feeding omega-3 fatty acids. Published by Equestrian Australia. Pag. 1-8.
24. King S., AbuGhazaleh A., Webel S. and Jones K. 2008. Circulating fatty acid profiles in response to three levels of dietary omega-3 fatty acid supplementation in horses. *J Anim Sci.* 86(5):1114–23.
25. Kronfeld D., Holland J., Rich G., Custalow S., Fontenot J., Meacham T., Sklan D., and Harris P. 2001. Digestibility of fat. *Proc. 17th Equine Nutr. Physiol. Symp.*, pp 156-158.
26. Kronfeld D. 1997. Fat adaptation and exercise: less heat production and water loss, and an improved power:weight ratio. *American Association of Equine Practitioners Proceedings*. Vol 43. Pag. 413-414.
27. MacLeay J., Valberg S., Pagan J., et al. 2000. Effect of ration and exercise on plasma creatine kinase activity and lactate concentration in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *Am J Vet Res*; 61:1390–1395.
28. Mickleborough T. 2013. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 23:83-96.
29. Ribeiro E. 2018. Lipids as regulators of conceptus development: Implications for metabolic regulation of reproduction in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 101:1-12.

30. Robert J. 2015. Dietary supplementation of omega-3 fatty acids influences the equine maternal uterine environment and embryonic development. PhD Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. USA. Pag. 122.
31. Ross-Jones T., Hess T., Rexford J., Ahrens N., Engle T. and Hansen K. 2014. Effects of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid supplementation on equine synovial fluid fatty acid composition and prostaglandin E2. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34: 779–783.
32. Ruf T., Valencak T., Tataruch F. and Arnold W. 2006. Running speed in mammals increases with muscle n-6 polyunsaturated fatty acid content. *Plos ONE*. Issue 1/e65.
33. Spector A. and Kim H. 2015. Discovery of essential fatty acids. *Journal of Lipids Research*. 56:11-21.
34. Tocher D. and Glencross B. 2015. Lipids and fatty acids. In: *Dietary nutrients, Additives and Fish Health*. Chapter 3. Pag 47-94. New Jersey. USA.
35. Vasudevan D.M.; Sreekumari S. and Vaidyanathan K. 2011. Química de los lípidos. En *Texto de Bioquímica*. Sexta Edición, Editorial Jaypee- Highlights Medical Publishers, Inc. Capitulo 7. Pag 73-82. Nueva Delhi. India.
36. Valentine B., Hintz H., Freels K., Reynolds A. and Thompson K. 1998. Dietary control of exertional rhabdomyolysis in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 212: 1588-1593.
37. Vineyard K., Warren L. and Kivipelto J. 2010. Effect of dietary omega-3 fatty acid source on plasma and red blood cell membrane composition and immune function in yearling horses. *J. Anim. Sci*. 88:248-257.
38. Walser B., Giordano R. and Stebbins C. 2006. Supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids augments brachial artery dilation and blood flow during forearm contraction. *European Journal of Applied Physiology*. 97:347-354.
39. Warren L. 2011. The skinny on feeding fat to horses. Institute of Food and Agricultural Science Extension. University of Florida. Florida Equine Institute & Allied Trade Show. Pag. 19-24.

TECNIGRASAS
SUPLEMENTOS Y NUTRIENTES