TRABAJO DE GRADO
Opción Revisión de tema

EFECTO DE LA CREATINA Y EL IMPACTO DE ANTIOXIDANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CABALLO ATLETA

Laura Alejandra Murcia Gonzàlez[1]

Resumen

El caballo atleta es sometido a elevadas demandas fisiológicas durante el entrenamiento y la competencia, lo que genera una significativa producción de radicales libres y un elevado consumo de sustratos energéticos. La creatina, ampliamente utilizada en medicina deportiva humana como agente ergogénico, ha despertado interés creciente en la medicina equina por su potencial para incrementar los depósitos de fosfocreatina muscular y mejorar la resíntesis del trifosfato de adenosina (ATP) durante el ejercicio de alta intensidad. De manera paralela, los antioxidantes incluyendo la vitamina E, la vitamina C, el selenio, la coenzima Q10 y los polifenoles han sido investigados por su capacidad para mitigar el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, preservar la integridad muscular y favorecer la recuperación post-esfuerzo. La presente revisión sistemática de la literatura tiene como objetivo analizar y sintetizar la evidencia científica disponible acerca del efecto de la suplementación con creatina y antioxidantes sobre el rendimiento del caballo atleta. Se consultaron las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar, incluyendo publicaciones entre 2004 y 2024 en idiomas español e inglés. Los resultados sugieren que la suplementación con creatina en equinos produce beneficios limitados, pero potencialmente relevantes en disciplinas de alta intensidad y corta duración, mientras que los antioxidantes demuestran mayor consistencia en la reducción de biomarcadores de daño oxidativo. Sin embargo, la heterogeneidad metodológica de los estudios y la falta de estandarización en los protocolos de suplementación dificultan la emisión de recomendaciones definitivas. Se concluye que la combinación de los antioxidantes en la suplementación de los equinos deportistas, constituye una hipótesis de investigación, no una estrategia cuya eficacia ya esté demostrada.
Palabras Clave: *antioxidantes; caballo atleta; creatina; estrés oxidativo; rendimiento deportivo equino; suplementación nutricional.*

Abstract

The athletic horse is subjected to high physiological demands during training and competition, generating significant free radical production and elevated consumption of energy substrates. Creatine, widely used in human sports medicine as an ergogenic agent, has attracted growing interest in equine medicine due to its potential to increase muscle phosphocreatine stores and improve adenosine triphosphate (ATP) resynthesis during high-intensity exercise. In parallel, antioxidants —including vitamin E, vitamin C, selenium, coenzyme Q10, and polyphenols— have been investigated for their capacity to mitigate exercise-induced oxidative stress, preserve muscle integrity, and promote post-exertion recovery. This systematic literature review aims to analyze and synthesize the available scientific evidence on the effect of creatine and antioxidant

Laura Alejandra Murcia González[1], Uniremington, Estudiante Especialización En Medicina Deportiva Equina, laura.murcia.9208@miremington.edu.co

supplementation on athletic horse performance. PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases were consulted, including publications from 2004 to 2024 in Spanish and English. Results suggest that creatine supplementation in equines produces limited but potentially relevant benefits in high-intensity, short-duration disciplines, while antioxidants demonstrate greater consistency in reducing oxidative damage biomarkers. However, methodological heterogeneity among studies and lack of standardization in supplementation protocols hinder the issuance of definitive recommendations. It is concluded that the strategic combination of both compounds, adapted to the discipline and individual conditions of the equine, represents a promising field of research with relevant clinical and zootechnical applications.

Keywords: *antioxidants; athletic horse; creatine; equine sports performance; nutritional supplementation; oxidative stress.*

Introducción.

El caballo doméstico (*Equus caballus*) posee una elevada capacidad atlética y ha sido seleccionado durante generaciones para desarrollar características morfológicas, musculares, metabólicas y cardiorrespiratorias relacionadas con diferentes modalidades deportivas, entre ellas las carreras, el salto, la doma y las pruebas de resistencia. La respuesta al entrenamiento involucra modificaciones en la expresión génica, la composición y función del músculo esquelético y la capacidad metabólica del organismo, lo que permite al equino adaptarse a demandas de ejercicio de diferente intensidad y duración (Denham et al., 2021; Latham et al., 2021). Estudios recientes también muestran que el entrenamiento induce modificaciones en la capacidad oxidativa y mitocondrial del músculo esquelético, aunque la magnitud de estas adaptaciones depende de factores como la edad, el nivel de entrenamiento y las características individuales del animal (Latham et al., 2021; Cocioba et al., 2026).

El músculo esquelético del caballo presenta una composición heterogénea de fibras musculares que desempeña un papel fundamental en la determinación de su capacidad y tipo de rendimiento atlético (Rivero, 2008). En el equino atleta se reconocen principalmente fibras tipo I, caracterizadas por una contracción lenta y elevada capacidad oxidativa, fibras tipo IIA, de contracción rápida y metabolismo oxidativo-glucolítico y fibras tipo IIX/IIB, de contracción rápida, alta capacidad glucolítica y mayor fatigabilidad; la proporción de estas fibras varía de acuerdo con la raza y la disciplina deportiva, condicionando la adaptación del caballo a ejercicios de velocidad, potencia o resistencia (Rivero & Piercy, 2008; Valberg, 2008), por ejemplo, los Pura Sangre Inglés de carrera presentan una mayor proporción de fibras de tipo IIX, lo que les confiere velocidad explosiva pero mayor susceptibilidad a la fatiga, mientras que los caballos de endurance exhiben predominio de fibras tipo I con alta densidad mitocondrial (Valberg, 2008).

La producción de energía durante el ejercicio equino involucra la activación secuencial y simultánea de tres sistemas metabólicos:

- Sistema fosfagénico, basado en la hidrólisis de ATP preformado y la resíntesis mediante la reacción creatina quinasa (ATP + creatina

⇌ ADP + fosfocreatina), el cual provee energía de forma casi instantánea durante los primeros 8-10 segundos del ejercicio máximo.

- La glucólisis anaeróbica, mediante la degradación de glucógeno hasta piruvato y su reducción a lactato, proporciona energía durante esfuerzos de 30 segundos a 3 minutos.
- Fosforilación oxidativa mitocondrial, que utiliza grasas, carbohidratos y aminoácidos como sustratos, predomina en ejercicios de intensidad submáxima y larga duración (Geor et al., 2007).

La capacidad aeróbica máxima del equino, expresada como consumo máximo de oxígeno (VO_2max), puede alcanzar valores de 160-200 mL O_2/kg/min en equinos deportistas elite (Boffi, 2007), esta capacidad aeróbica se sustenta en la elevada capacidad de transporte de oxígeno (hemoglobina, eritrocitos almacenados en el bazo) y en la alta densidad mitocondrial del músculo locomotor, no obstante, cuando la intensidad del ejercicio supera el umbral anaeróbico, se produce una acumulación progresiva de lactato, una disminución del pH intracelular y una depleción de glucógeno y fosfocreatina, fenómenos que contribuyen de manera conjunta al establecimiento de la fatiga muscular (Boffi, 2007).

Las demandas energéticas del caballo atleta varían considerablemente según la disciplina deportiva, los ejercicios de alta intensidad y corta duración requieren una participación importante de los sistemas anaeróbicos y del metabolismo de la fosfocreatina, mientras que las actividades prolongadas dependen en mayor medida de la fosforilación oxidativa y de la capacidad mitocondrial para utilizar diferentes sustratos energéticos. La investigación reciente sobre metabolismo y ejercicio equino señala que la caracterización de los cambios metabólicos asociados al entrenamiento permite comprender mejor las demandas energéticas y los procesos fisiológicos relacionados con el rendimiento deportivo (Klein et al., 2021; Cocioba et al., 2026).

Durante el ejercicio, el incremento de la actividad metabólica y del consumo de oxígeno puede modificar el equilibrio redox del organismo, ya que la producción de especies reactivas de oxígeno forma parte de la respuesta fisiológica normal al ejercicio y puede participar en procesos de señalización y adaptación; sin embargo, cuando su producción supera la capacidad de los sistemas antioxidantes, puede producirse un estado de estrés oxidativo capaz de afectar lípidos, proteínas y otras estructuras celulares; en equinos, se han documentado modificaciones de diferentes marcadores de estrés oxidativo asociadas al ejercicio y al entrenamiento, y se reconoce que factores como la intensidad del ejercicio, el estado de entrenamiento y la disponibilidad de nutrientes antioxidantes pueden modificar esta respuesta (White & Warren, 2017; Ceja et al., 2022; Bahena et al., 2023).

En este contexto, la nutrición desempeña un papel relevante en el mantenimiento de la función muscular y de los mecanismos antioxidantes del caballo atleta, donde se han estudiado nutrientes como la vitamina E, el selenio y, en menor medida, la vitamina C, la coenzima Q10 y diferentes compuestos bioactivos de origen vegetal,

indicando que la respuesta a la suplementación depende tanto del estado nutricional basal como de la forma química, la dosis y las características del ejercicio, por ejemplo, diferentes formas de vitamina E pueden producir respuestas distintas en las concentraciones séricas de α-tocoferol y en determinados marcadores de estrés oxidativo e inflamación (Fagan et al., 2020; Ceja et al., 2022).

La vitamina E y el selenio han recibido especial atención debido a su participación en los mecanismos de defensa antioxidante, ya que en caballos jóvenes sometidos a entrenamiento, se ha observado que el ejercicio regular mejora determinadas respuestas antioxidantes y reduce algunos indicadores de daño muscular inducido por el ejercicio, mientras que modificaciones en el aporte de selenio y vitamina E pueden influir sobre la función mitocondrial del músculo esquelético (White & Warren, 2017; Owen et al., 2022). Por otra parte, la creatina constituye un compuesto relacionado directamente con el metabolismo energético muscular a través del sistema creatina-fosfocreatina y su importancia radica en la capacidad de este sistema para contribuir a la resíntesis rápida de ATP durante esfuerzos de elevada intensidad.

La presente revisión tiene como objetivo analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre el papel de la creatina y de diferentes antioxidantes en el caballo atleta, considerando los mecanismos relacionados con el metabolismo energético, la función muscular, el estrés oxidativo y las respuestas al entrenamiento. Se pretende identificar los posibles beneficios de estas estrategias nutricionales, sus limitaciones y las principales brechas de conocimiento existentes en la literatura científica equina reciente.

Materiales y métodos.

La presente investigación corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica, orientada a sintetizar y analizar críticamente la evidencia disponible sobre el efecto de la creatina y los antioxidantes en el rendimiento del caballo atleta. Para ello, se consultaron las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science (WoS) y Google Scholar. La búsqueda bibliográfica se orientó a publicaciones científicas comprendidas entre septiembre de 2016 y septiembre de 2026, con el propósito de garantizar que las referencias utilizadas cumplieran el criterio de actualidad establecido para la presente revisión, sin embargo, hay referencias con más antigüedad. Se consideraron publicaciones en español e inglés y se priorizaron artículos científicos originales, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas y estudios experimentales realizados en equinos.
Las palabras clave utilizadas incluyeron: “equine exercise”, “horse performance”, “creatine supplementation horses”, “equine antioxidants”, “oxidative stress horse”, “vitamin E equine”, “selenium horse athlete”, “coenzyme Q10 equine”, “polyphenols horse”, “muscle fatigue horse”, “phosphocreatine equine”, “ergogenic aid horse” y “exercise-induced oxidative stress equine”, entre otras combinaciones.
Los criterios de inclusión fueron: (1) publicaciones científicas recientes; (2) estudios realizados en equinos de cualquier raza, sexo o disciplina atlética; (3) publicaciones que evaluaran creatina,

antioxidantes o mecanismos relacionados con el metabolismo energético y el estrés oxidativo; y (4) estudios que incluyeran variables relacionadas con rendimiento, recuperación, bioquímica sanguínea, función muscular, metabolismo energético o marcadores de estrés oxidativo.

Los estudios seleccionados fueron organizados en matrices temáticas y analizados de manera narrativa, agrupando los hallazgos en tres ejes principales: (1) metabolismo energético muscular y papel potencial de la creatina; (2) estrés oxidativo inducido por el ejercicio en caballos atletas; y (3) efecto de la suplementación antioxidante sobre variables relacionadas con la salud, recuperación y rendimiento equino.

Desarrollo Del Tema

1. Creatina: metabolismo en el equino.

La creatina es un compuesto nitrogenado relacionado con el metabolismo energético del músculo y participa, junto con la fosfocreatina y la creatina quinasa, en un sistema de transferencia rápida de energía que contribuye a mantener la disponibilidad de ATP durante esfuerzos de elevada intensidad; este sistema resulta particularmente relevante cuando la demanda energética aumenta rápidamente y la producción aeróbica de ATP no puede satisfacer de manera inmediata las necesidades del músculo.

Desde el punto de vista fisiológico, la creatina puede encontrarse en forma libre o fosforilada como fosfocreatina y la reacción reversible catalizada por la creatina quinasa permite utilizar la fosfocreatina como reservorio energético para favorecer la resíntesis rápida de ATP. Debido a esta función, la suplementación con creatina ha sido ampliamente estudiada en el ámbito de la medicina deportiva humana; sin embargo, los resultados obtenidos en humanos no pueden extrapolarse directamente al caballo debido a las diferencias interespecíficas en fisiología muscular, metabolismo y respuesta al ejercicio.

En el caballo atleta, la evidencia científica reciente sobre suplementación con creatina es limitada; la literatura histórica ha evaluado diferentes protocolos de administración y ha descrito modificaciones en variables metabólicas, pero estos estudios se encuentran fuera del intervalo temporal establecido para la presente revisión.

La investigación equina más reciente disponible incluye un estudio preliminar publicado en 2026 en el que se evaluó un suplemento comercial que contenía creatina en combinación con electrolitos y glicerol. Los autores evidenciaron modificaciones favorables en la ingesta de agua, la expansión del volumen plasmático y la recuperación de la masa corporal después del ejercicio, sin embargo, debido a que la formulación contenía varios componentes activos, estos resultados no permiten atribuir los efectos observados exclusivamente a la creatina (Peterson & Dietrich, 2026), por lo tanto, el interés actual de la creatina en medicina deportiva equina debe considerarse principalmente como una hipótesis nutricional que requiere mayor investigación experimental, son necesarios estudios controlados en caballos atletas que evalúen de manera aislada la suplementación con creatina, utilizando dosis estandarizadas y variables objetivas de rendimiento,

metabolismo muscular, recuperación y seguridad.

La absorción intestinal de la creatina oral en equinos ha sido objeto de debate, ya que, a diferencia de lo que ocurre en humanos y perros, el tracto gastrointestinal equino, con su gran cámara de fermentación cecal y colónica, podría favorecer la degradación bacteriana de la creatina a creatinina antes de su absorción, reduciendo la biodisponibilidad del compuesto (van Loon et al., 2004). Este fenómeno explicaría, al menos en parte, la inconsistencia de los resultados de suplementación en la especie y plantea la necesidad de investigar formas de administración alternativas o protegidas que mejoren la biodisponibilidad intestinal.

Desde el punto de vista de la seguridad, la suplementación con creatina en equinos no ha evidenciado efectos adversos significativos en los estudios publicados, no obstante, la elevación transitoria de la CK sérica y la creatinina plasmática reportada en algunos trabajos requiere una monitorización bioquímica prudente, especialmente en animales con función renal comprometida (Teixeira et al., 2015). Es importante destacar que la elevación de CK sérica observada en algunos estudios puede reflejar tanto daño muscular como una mayor actividad metabólica, y debe interpretarse en conjunto con otros biomarcadores de integridad muscular como la lactato deshidrogenasa (LDH) y la aspartato aminotransferasa (AST).

2. <u>Estrés oxidativo inducido por el ejercicio en el equino</u>

El ejercicio produce modificaciones importantes en el metabolismo oxidativo y en el equilibrio redox del organismo, ya que, durante la actividad física, aumenta la demanda energética del músculo y, consecuentemente, la actividad mitocondrial y el consumo de oxígeno; como parte de esta respuesta pueden generarse especies reactivas de oxígeno y otros productos oxidantes que participan en los mecanismos normales de señalización y adaptación al ejercicio. Cuando la producción de especies reactivas supera la capacidad de los sistemas antioxidantes para controlarlas, puede producirse un desequilibrio redox denominado estrés oxidativo (White & Warren, 2017; Ceja et al., 2022).

En el caballo atleta, la respuesta oxidativa al ejercicio depende de múltiples factores, entre ellos la intensidad y duración del esfuerzo, el estado de entrenamiento, la edad, la composición de la dieta y la disponibilidad de nutrientes antioxidantes; existen estudios realizados en caballos jóvenes que han demostrado que el entrenamiento puede incrementar la actividad de enzimas antioxidantes y disminuir determinados indicadores de daño muscular después de ejercicios prolongados, evidenciando que la adaptación al entrenamiento puede mejorar la capacidad de respuesta frente al estrés oxidativo (White & Warren, 2017).

White y Warren (2017) mostró que los caballos entrenados presentaron mayor actividad basal de glutatión peroxidasa muscular y menor actividad de creatina quinasa después de una prueba de ejercicio submáximo en comparación con animales no entrenados; estos resultados sugieren que el entrenamiento constituye un

estímulo importante para mejorar las defensas antioxidantes y reducir algunos indicadores de daño muscular; por otro lado, en el mismo estudio, el incremento del aporte dietario de selenio por encima del nivel utilizado como control no produjo una mejora adicional consistente de la respuesta antioxidante, lo que resalta la importancia de diferenciar entre corregir una deficiencia nutricional y suplementar nutrientes por encima de los requerimientos.

En caballos sometidos a ejercicio, la forma y cantidad de vitamina E administrada pueden modificar las concentraciones circulantes de α-tocoferol y determinados marcadores oxidativos e inflamatorios. Fagan et al. (2020) observaron que los caballos que recibieron RRR-α-tocoferol natural alcanzaron mayores concentraciones séricas de α-tocoferol y presentaron algunas respuestas favorables en biomarcadores oxidativos, inflamatorios y funcionales después del ejercicio.

La evidencia disponible indica, por tanto, que el estrés oxidativo asociado al ejercicio no debe considerarse exclusivamente como un proceso perjudicial, ya que las especies reactivas también participan en las señales necesarias para la adaptación al entrenamiento y, en consecuencia, el objetivo de la suplementación antioxidante no debería ser eliminar completamente la producción de especies reactivas, sino mantener un equilibrio adecuado entre producción oxidante y capacidad antioxidante, especialmente cuando existen deficiencias nutricionales o condiciones que incrementen el estrés oxidativo (Ceja et al., 2022; Owen et al., 2022).

3. Antioxidantes y su efecto sobre el rendimiento del equino atleta

- *Vitamina E (α-tocoferol).*

La vitamina E, particularmente el α-tocoferol, constituye uno de los principales antioxidantes liposolubles de importancia nutricional en el caballo, su función está relacionada con la protección de las membranas celulares frente a procesos de oxidación lipídica y en el caballo atleta, el interés por la suplementación con vitamina E se relaciona principalmente con el mantenimiento del estado antioxidante y la protección frente a alteraciones asociadas con el ejercicio.

La respuesta a la suplementación depende de la concentración basal de vitamina E, la cantidad administrada, la forma química utilizada y las características del ejercicio. Un estudio realizado en caballos sometidos a entrenamiento encontró que la administración de RRR-α-tocoferol natural produjo concentraciones séricas de α-tocoferol superiores a las observadas con determinadas formas sintéticas y se asoció con algunas modificaciones favorables de biomarcadores de estrés oxidativo e inflamación después del ejercicio (Fagan et al., 2020).

Duberstein et al. (2017) también evaluaron diferentes formas de suplementación con vitamina E en caballos adultos y observaron que el RRR-α-tocoferol micelizado podía producir concentraciones séricas de α-tocoferol superiores a las obtenidas con otras formulaciones, estos resultados sugieren

que la biodisponibilidad de la vitamina E debe considerarse al interpretar la respuesta a la suplementación y al diseñar estrategias nutricionales para caballos atletas.

- *Vitamina C (ácido ascórbico)*

La vitamina C es un antioxidante hidrosoluble que participa en diferentes mecanismos de defensa frente a especies reactivas y puede interactuar con otros componentes del sistema antioxidante; a diferencia del ser humano, el caballo posee capacidad endógena para sintetizar ácido ascórbico, por lo que la suplementación dietaría no constituye necesariamente un requerimiento general en animales sanos.

En el contexto del ejercicio equino, la investigación sobre suplementación con vitamina C es menos consistente que la disponible para vitamina E y selenio. La revisión de Ceja et al. (2022) señala que las respuestas a la suplementación con vitaminas E y C y β-caroteno son variables y dependen de las condiciones experimentales, el estado nutricional y las características del ejercicio, por lo tanto, la vitamina C no debe considerarse actualmente un suplemento ergogénico de eficacia demostrada en el caballo atleta. Su utilización puede plantearse en situaciones específicas en las que exista una justificación nutricional o fisiológica, pero se requieren estudios recientes y controlados que permitan establecer dosis, indicaciones y efectos sobre el rendimiento deportivo.

- *Selenio*

El selenio es un oligoelemento esencial que ejerce su función antioxidante principalmente a través de la glutatión peroxidasa (GPx), selenoproteína que cataliza la reducción de peróxidos de hidrógeno y peróxidos lipídicos utilizando glutatión reducido como cofactor (Owen et al., 2022).

White y Warren (2017) evaluaron el efecto del entrenamiento y de diferentes niveles dietarios de selenio en caballos jóvenes y evidenciaron que los animales sometidos a entrenamiento presentaron una mayor actividad basal de glutatión peroxidasa muscular y menores concentraciones de creatina quinasa después de determinadas pruebas de ejercicio en comparación con los animales no entrenados, sin embargo, el incremento del aporte de selenio por encima del nivel de referencia no produjo una mejora adicional consistente en los indicadores de daño oxidativo, lo que indica que el entrenamiento puede desempeñar un papel más importante que la suplementación cuando los requerimientos nutricionales ya están cubiertos.

La relación entre selenio y vitamina E también ha sido investigada en caballos jóvenes sometidos a ejercicio, Owen et al. (2022) observaron que una mayor disponibilidad dietaría de selenio podía prevenir determinadas alteraciones de la capacidad mitocondrial asociadas con una reducción del aporte de vitamina E, estos resultados sugieren una interacción funcional entre ambos nutrientes en el mantenimiento de la función muscular y mitocondrial. Una revisión publicada por Bahena et al. (2023) destaca que el selenio interviene en la regulación del estrés oxidativo en el caballo principalmente a través de las selenoproteínas y de enzimas como la glutatión peroxidasa, no obstante, debido al estrecho margen entre

requerimientos y toxicidad del selenio, la suplementación debe realizarse con precaución y considerando el aporte total proveniente de la dieta y de otros suplementos.

- *Coenzima Q10 (ubiquinona)*

La coenzima Q10 (CoQ10) es un componente lipofílico de la cadena de transporte electrónico mitocondrial que, además de su función en la producción de ATP, actúa como potente antioxidante al neutralizar radicales libres en su forma reducida (ubiquinol). La CoQ10 es sintetizada endógenamente en todos los tejidos con alta demanda energética y también puede obtenerse a través de la dieta, principalmente de carnes y pescados (Bhagavan & Chopra, 2009); en el músculo esquelético de equinos atletas, la concentración de CoQ10 se ha correlacionado positivamente con la capacidad oxidativa mitocondrial y con los niveles de rendimiento aeróbico.

En equinos, la evidencia sobre suplementación con coenzima Q10 continúa siendo limitada, Nemec Svete et al. (2021) evaluaron la suplementación combinada con vitamina E y coenzima Q10 en caballos de ocio sometidos a ejercicio moderado y observaron modificaciones favorables en algunos parámetros relacionados con el estrés oxidativo. sin embargo, debido al diseño combinado de la intervención, no es posible atribuir todos los efectos exclusivamente a la coenzima Q10, por esta razón, aunque existe una base fisiológica para considerar la coenzima Q10 como un componente potencial de estrategias antioxidantes, todavía son necesarios estudios controlados en caballos atletas que evalúen de manera específica sus efectos sobre el rendimiento, la recuperación y los marcadores de estrés oxidativo.

- *Polifenoles y extractos de origen vegetal*

Los compuestos polifenólicos representan una familia química diversa de antioxidantes naturales presentes en frutas, vegetales, semillas y subproductos de la industria alimentaria, que incluye flavonoides, antocianinas, catequinas, resveratrol, quercetina y ácidos fenólicos, entre otros. Su actividad antioxidante se basa en la captación de radicales libres, la quelación de metales de transición pro-oxidantes (hierro, cobre), la inhibición de enzimas pro-oxidantes y la modulación de las vías de señalización inflamatoria (Fraga et al., 2019).

En la especie equina, el extracto de semilla de uva (rico en proantocianidinas oligoméricas) y la quercetina han recibido mayor atención en la literatura. El resveratrol, un estilbeno presente en la piel de la uva, ha mostrado capacidad para activar la vía SIRT1/PGC-1α, promoviendo la biogénesis mitocondrial y mejorando la eficiencia oxidativa en modelos experimentales, aunque los estudios en equinos son aún limitados.

La incorporación de polifenoles en los programas de suplementación equina presenta ventajas prácticas, como su disponibilidad en presentaciones comerciales, su buen perfil de seguridad y la ausencia de restricciones en el deporte equino (salvo excepciones reglamentarias específicas), no obstante, la variabilidad en la composición química de los extractos comerciales, la influencia del microbioma

intestinal en el metabolismo de los polifenoles y la escasez de estudios con diseños metodológicos robustos en equinos limitan actualmente la emisión de recomendaciones definitivas.

4. Consideraciones reglamentarias y éticas en la suplementación equina

El uso de suplementos nutricionales en caballos de competición debe considerar las reglamentaciones vigentes de la Federación Ecuestre Internacional (FEI) y de las organizaciones deportivas correspondientes, debido a que las listas de sustancias prohibidas, sustancias controladas y disposiciones sobre medicación pueden modificarse, la utilización de cualquier suplemento en caballos de competencia debe verificarse de acuerdo con la normativa vigente al momento de la participación deportiva (FEI, 2023).

Desde una perspectiva ética y de bienestar animal, la suplementación nutricional debe estar orientada a cubrir necesidades fisiológicas y nutricionales reales y no debe sustituir una adecuada planificación del entrenamiento, alimentación, descanso, hidratación, manejo sanitario y recuperación; la utilización de suplementos debe fundamentarse en evidencia científica y realizarse bajo supervisión profesional, especialmente cuando se pretende modificar el metabolismo energético o la respuesta antioxidante del animal.

Discusión de resultados.

La revisión de la literatura reciente evidencia que el conocimiento sobre el efecto de la creatina y los antioxidantes en el caballo atleta presenta importantes diferencias en cuanto a cantidad y calidad de evidencia disponible, mientras que los antioxidantes, como la vitamina E y el selenio, han sido evaluados en diferentes modelos de ejercicio equino, la evidencia reciente sobre suplementación aislada con creatina en caballos atletas continúa siendo escasa, ya que la literatura reciente no permite establecer de manera concluyente que su suplementación mejore el rendimiento deportivo del caballo. El estudio más reciente identificado en equinos corresponde a una investigación preliminar publicada en 2026 que evaluó un suplemento compuesto por electrolitos, glicerol y creatina, donde los autores observaron modificaciones favorables en variables relacionadas con la hidratación, la ingesta voluntaria de agua y la recuperación de la masa corporal después del ejercicio; sin embargo, debido a que la intervención contenía varios componentes, no es posible atribuir estos efectos exclusivamente a la creatina (Peterson & Dietrich, 2026). Esta situación contrasta con la amplia literatura disponible en medicina deportiva humana, donde la creatina ha sido investigada principalmente por su relación con el sistema fosfocreatina-ATP y el rendimiento durante esfuerzos de alta intensidad, no obstante, extrapolar estos resultados al caballo requiere precaución, debido a las diferencias entre especies en metabolismo muscular, composición de fibras, dieta y respuesta fisiológica al ejercicio.

En contraste, la evidencia reciente relacionada con antioxidantes es más amplia; la vitamina E constituye uno de los nutrientes antioxidantes mejor estudiados en el caballo atleta. Fagan et al. (2020)

observaron que la suplementación con RRR-α-tocoferol natural produjo concentraciones séricas superiores de α-tocoferol y algunas respuestas favorables en biomarcadores oxidativos e inflamatorios después de pruebas de ejercicio, en comparación con determinadas formas sintéticas, estos resultados sugieren que no solamente la cantidad administrada, sino también la forma de vitamina E utilizada, puede modificar la respuesta biológica a la suplementación.

En relación con el selenio, White y Warren demostraron que el entrenamiento submáximo produjo adaptaciones antioxidantes y una reducción del daño muscular inducido por el ejercicio en caballos jóvenes. En particular, los caballos entrenados presentaron mayor actividad de determinadas enzimas antioxidantes y menores concentraciones de creatina quinasa después del ejercicio; el aumento del aporte de selenio por encima del nivel de referencia, sin embargo, no produjo una mejora adicional consistente de estas adaptaciones. Esto sugiere que el entrenamiento puede ejercer un efecto más importante sobre la capacidad antioxidante que la suplementación con selenio cuando los requerimientos nutricionales ya están cubiertos (White & Warren, 2017; White & Warren, 2020).

Por otro lado, en caballos jóvenes sometidos a ejercicio submáximo, la reducción del aporte de vitamina E produjo alteraciones en determinados parámetros de capacidad mitocondrial, mientras que un aporte elevado de selenio permitió prevenir algunas de estas alteraciones; estos resultados resaltan la importancia de considerar conjuntamente los nutrientes antioxidantes y su relación con la función energética del músculo, pero no deben interpretarse como evidencia de que dosis elevadas de selenio sean necesarias para todos los caballos atletas (Owen et al., 2022).

La vitamina E también ha sido estudiada en conjunto con la coenzima Q10, Nemec Svete et al. (2021)**,** en 40 caballos de ocio sometidos a ejercicio moderado agudo, observaron que la suplementación con vitamina E, sola o combinada con coenzima Q10, evitó el incremento de la peroxidación lipídica observado en los animales placebo, sin embargo, los suplementos no modificaron de manera significativa todos los parámetros de estrés oxidativo, ni las concentraciones plasmáticas de vitamina E y coenzima Q10 en la forma esperada, por lo tanto, los resultados sugieren un posible efecto protector de la vitamina E frente a la peroxidación lipídica, pero no permiten concluir que la combinación vitamina E–CoQ10 produzca una mejora general del rendimiento deportivo.

En conjunto, estos hallazgos indican que la respuesta antioxidante del caballo atleta depende de múltiples factores y que la suplementación debe individualizarse, ya que los beneficios parecen ser más consistentes cuando existe una necesidad nutricional o una condición que incremente el estrés oxidativo, mientras que la administración indiscriminada de dosis elevadas no necesariamente genera mejoras adicionales. Respecto a la posible interacción entre creatina y antioxidantes, la evidencia equina reciente continúa siendo insuficiente, el entrenamiento

adecuado, la dieta equilibrada, el aporte suficiente de energía y proteína, la hidratación, el descanso y el manejo sanitario continúan siendo los principales determinantes de la adaptación y del rendimiento del caballo atleta. Los suplementos antioxidantes y la creatina pueden constituir herramientas complementarias en determinadas circunstancias, pero su utilización debe fundamentarse en el estado nutricional del individuo y en la evidencia científica disponible.

Conclusiones.

- ✓ La suplementación antioxidante debe individualizarse de acuerdo con el estado nutricional, la dieta basal, la disciplina deportiva, la intensidad y duración del ejercicio, el nivel de entrenamiento y las condiciones ambientales.
- ✓ No existe evidencia reciente suficiente para establecer que la administración conjunta de creatina y antioxidantes produzca un efecto sinérgico sobre el rendimiento deportivo del caballo, en consecuencia, esta combinación debe considerarse una línea de investigación y no una estrategia nutricional cuya eficacia se encuentre demostrada.
- ✓ Una de las principales limitaciones identificadas en la literatura reciente es la escasez de ensayos controlados específicamente diseñados para evaluar la creatina en caballos atletas. Esta limitación es especialmente relevante debido a que gran parte de la evidencia histórica sobre creatina en equinos se encuentra fuera del intervalo temporal establecido para esta revisión, y por ello se requieren investigaciones con mayor tamaño muestral, protocolos estandarizados, dosis claramente definidas y variables objetivas de rendimiento, metabolismo muscular y recuperación.
- ✓ Finalmente, la suplementación nutricional debe considerarse una herramienta complementaria dentro de un programa integral de medicina deportiva equina. La alimentación equilibrada, el entrenamiento progresivo, la recuperación, la hidratación, el manejo sanitario y el bienestar del animal constituyen los elementos fundamentales para optimizar el rendimiento y reducir el riesgo de alteraciones asociadas al ejercicio.

Declaración de conflictos de intereses.

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses económicos, comerciales o académicos que puedan haber influido en el diseño, análisis o presentación de los resultados de la presente revisión de literatura.

Uso de inteligencia artificial

Para la construcción del presente manuscrito se empleó asistencia de herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo en la organización estructural del texto y la mejora del estilo de redacción académica. Toda la síntesis, interpretación crítica de la literatura y las conclusiones son responsabilidad exclusiva de los autores. Las referencias bibliográficas fueron verificadas

manualmente en las bases de datos primarias.

Referencias.

1. Bahena, E., Elghandour, M., Adegbeye, M., Barbabosa, A. & Salem, A. (2023). Influence of dietary selenium on the oxidative stress in horses. Biological Trace Element Research, 201(4), 1695–1703. https://doi.org/10.1007/s12011-022-03270-y
2. Bhagavan, H. & Chopra, R. K. (2009). Coenzyme Q10: Absorption, tissue uptake, metabolism and pharmacokinetics. Free Radical Research, 40(5), 445-453. doi.org/10.1080/10715760600617843
3. Boffi, F. (2007). Fisiología del ejercicio en equinos. Metabolismos energéticos y ejercicio. Páginas 3-4. Editorial Intermedica. Buenos Aires.
4. Ceja, E., Elghandour, M., Khusro, A., Alcala-Canto, Y., Tirado-González, D., Barbabosa-Pliego, A. & Salem, A. (2022). Dietary supplements of vitamins E, C, and β-carotene to reduce oxidative stress in horses: An overview. Journal of Equine Veterinary Science, 110, 103863. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.103863
5. Cocioba, V., Nistor, P., Bratu, D., Blaga, Ș., Zanfira, B., Mircu, C. & Huțu, I. (2026). Mitochondrial Adaptations to Exercise Training in Equine Skeletal Muscle: A Narrative Review. Life, 16(6), 1008.https://doi.org/10.3390/life16061008
6. Denham, J., McCluskey, M., Denham, M., Sellami, M. & Davie, A. (2021). Epigenetic control of exercise adaptations in the equine athlete: Current evidence and future directions. Equine Vet J; 53: 431–450. https://doi.org/10.1111/evj.13320
7. Duberstein, K., Pazdro, R., Lee, K., Abrams, A., Kane, E., & Stuart, R. (2017). Effect of supplemental vitamin E form on serum α-tocopherol levels and blood oxidative stress parameters in response to a novel exercise challenge. Journal of Equine Veterinary Science, 57, 61–66. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.06.012
8. Fagan, M., Harris, P., Adams, A., Pazdro, R., Krotky, A., Call, J., & Duberstein, K. (2020). Form of vitamin E supplementation affects oxidative and inflammatory response in exercising horses. Journal of Equine Veterinary Science, 91, 103103. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103103

9. FEI (Federación Ecuestre Internacional). (2023). FEI Equine Anti-Doping and Controlled Medication Regulations (EADCMRs).
10. Fraga, C., Croft, K., Kennedy, D. & Barberán, F. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. Food & Function, 10(2), 514-528. https://doi.org/10.1039/C8FO01997E
11. Geor, R., Harris, P. & Coenen, M. (2007). Equine Applied and Clinical Nutrition. Saunders Elsevier.
12. Klein, D., Anthony, T. & McKeever, K. (2021). Metabolomics in equine sport and exercise. J Anim Physiol Anim Nutr; 105: 140–148. https://doi.org/10.1111/jpn.13384
13. Latham, C., Owen, R., Dickson, E., Guy, C. & White, S. (2021) Skeletal Muscle Adaptations to Exercise Training in Young and Aged Horses. Front. Aging 2:708918. doi: 10.3389/fragi.2021.708918
14. Nemec, A., Vovk, T., Bohar Topolovec, M., & Kruljc, P. (2021). Effects of vitamin E and coenzyme Q10 supplementation on oxidative stress parameters in untrained leisure horses subjected to acute moderate exercise. Antioxidants, 10(6), 908. https://doi.org/10.3390/antiox10060908
15. Owen, R., Semanchik, P., Latham, C., Brennan, K. & White-Springer, S. (2022). Elevated dietary selenium rescues mitochondrial capacity impairment induced by decreased vitamin E intake in young exercising horses. Journal of Animal Science, 100(8), doi.org/10.1093/jas/skac172
16. Peterson, R. & Dietrich, J. (2026). Post exercise hydration responses to an electrolyte, glycerol, and creatine supplement in horses: A preliminary study. BMC Veterinary Research, 22(1), 324. https://doi.org/10.1186/s12917-026-05493-w
17. Rivero, J. & Piercy, R. (2008). Muscle physiology: Responses to exercise and training. En K. W. Hinchcliff, R. J. Geor, y A. J. Kaneps (Eds.), Equine Exercise Physiology (pp. 55-106). Saunders Elsevier.
18. Teixeira, F., Araújo, A. & Ramalho, L. (2015). Oral creatine supplementation on performance of Quarter Horses used in barrel racing. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. https://doi.org/10.1111/jpn.12411
19. Valberg, S. J. (2008). Skeletal muscle function. En J. J. Kaneko, J. W. Harvey, y M. L. Bruss (Eds.), Clinical Biochemistry of Domestic Animals (6th ed., pp. 459-484). Academic Press.

20. van Loon, L. J. C., Oosterlaar, A. M., Hartgens, F., Hesselink, M. K. C., Snow, R. J., y Wagenmakers, A. J. M. (2004). Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. Clinical Science, 104(2), 153-162. https://doi.org/10.1042/CS20020159
21. White, L. & Warren, L. (2017). Submaximal exercise training, more than dietary selenium supplementation, improves antioxidant status and ameliorates exercise-induced oxidative damage to skeletal muscle in young equine athletes, Journal of Animal Science, Volume 95, Issue 2, Pages 657–670, https://doi.org/10.2527/jas.2016.1130
22. White, S. & Warren, L. (2020). Submaximal exercise training, more than dietary selenium supplementation, improves antioxidant status and ameliorates exercise-induced oxidative damage to skeletal muscle in young equine athletes. Journal of Animal Science, 98(7), skaa065. https://doi.org/10.1093/jas/skaa065