



UNIVERSIDAD  
**SAN SEBASTIAN**  
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
CARRERA MEDICINA VETERINARIA  
SEDE CONCEPCIÓN**

**SUPLEMENTACIÓN CON ANTIOXIDANTES Y SU INFLUENCIA SOBRE  
MARCADORES DE ESTRÉS EN CABALLOS DE ENDURANCE.  
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

Memoria para optar al título de Médica Veterinaria.

Profesor tutor: MCs. Javier Neumann Vásquez, MV.

**Estudiante: Soledad Andrea Campos Parada.**

© Soledad Andrea Campos Parada, Javier Agustín Neumann Vásquez.

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya cita bibliográfica del documento.

Concepción, Chile

2025

## CALIFICACIÓN DE LA MEMORIA

En Concepción, el día 09 de Julio del año 2025, los abajo firmantes dejan constancia que la estudiante Soledad Andrea Campos Parada de la Carrera de Medicina Veterinaria ha aprobado la memoria para optar al título de Médico Veterinario con una nota de 6,1.-



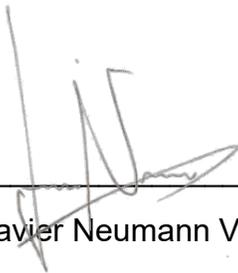
---

DCs Juana Paola Correa MV  
Presidente Comisión



---

MCs Mónica Araya MV  
Profesor Evaluador



---

MCs Javier Neumann Vásquez MV  
Profesor Patrocinante

## TABLA DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS .....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS .....	6
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	7
3.1. Obtención y selección del material bibliográfico.....	7
3.2. Criterios de búsqueda .....	7
3.3. Criterios de inclusión: .....	8
3.4. Criterios de exclusión: .....	8
3.5. Análisis de datos: .....	9
3.6. Presentación de los resultados:.....	10
3.7. Valorización de las referencias:.....	10
4. RESULTADOS .....	11
5. DISCUSIÓN.....	20
6. CONCLUSIONES.....	25
7. REFERENCIAS .....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Términos y combinaciones empleadas en la búsqueda en bases de datos... 11

**Tabla 2:** Datos publicados sobre el efecto de la suplementación de Selenio, Vitamina E y Ácido Ascórbico sobre marcadores de estrés oxidativo, Superóxido Dismutasa y Glutación Peroxidasa según diversos autores..... 12

**Tabla 3:** Efecto de la suplementación con antioxidantes según vía de administración sobre marcadores moleculares en equinos de deporte..... 18

## RESUMEN

El ejercicio extenuante en equinos induce diversas alteraciones fisiológicas, entre ellas un aumento del estrés oxidativo debido a la generación de radicales libres y mediadores inflamatorios, como resultado del impacto de la actividad física sobre el organismo. Ante esta situación, la suplementación con antioxidantes como la vitamina E, vitamina C y selenio ha sido considerada como una posible estrategia para controlar y/o minimizar estas consecuencias negativas. Si bien se conoce el rol de los antioxidantes en la modulación de marcadores enzimáticos del estrés oxidativo, como la glutatión peroxidasa (GPx) y la superóxido dismutasa (SOD), es relevante profundizar en la comprensión del efecto específico de cada uno de estos compuestos a través de su medición sérica, así como determinar la vía de administración más eficaz para maximizar sus beneficios y favorecer la recuperación post ejercicio. En esta revisión bibliográfica se planteó como objetivo general evaluar, con base en la evidencia disponible, el impacto de la suplementación con antioxidantes en el balance oxidativo en caballos deportivos (*Equus ferus caballus*), mediante el análisis y comparación de variables que permitan dilucidar y reconocer sus efectos reales, donde finalmente se presentan los hallazgos mediante una descripción cualitativa a través de tablas desarrolladas para aquello. Los resultados encontrados son poco concluyentes, debido principalmente a la heterogeneidad metodológica de los estudios revisados y a la falta de seguimiento a largo plazo que permita evaluar un beneficio sostenido en el tiempo. Aún así, algunos autores respaldan el uso de antioxidantes como un factor protector frente al daño oxidativo en equinos sometidos a ejercicios intensos como en la disciplina de enduro, lo cual sugiere incorporar moléculas antioxidantes en su dieta basal con el fin de prevenir lesiones inducidas por daño oxidativo.

**Palabras clave:** suplementación, antioxidantes, estrés oxidativo, vitamina E, Vitamina C, Selenio.

## ABSTRACT

Strenuous exercise in horses induces various physiological alterations, including an increase in oxidative stress due to the generation of free radicals and inflammatory mediators, as a result of the impact of physical activity on the organism. In response to this situation, antioxidant supplementation—such as vitamin E, vitamin C, and selenium has been considered a potential strategy to manage and/or minimize these negative consequences. Although the role of antioxidants in modulating enzymatic markers of oxidative stress, such as glutathione peroxidase (GPx) and superoxide dismutase (SOD), is known, it is important to deepen the understanding of the specific effect of each of these compounds through serum measurement, as well as to determine the most effective route of administration to maximize their benefits and support post-exercise recovery. This literature review aimed to evaluate, based on available evidence, the impact of antioxidant supplementation on oxidative balance in sport horses (*Equus ferus caballus*) by analyzing and comparing variables that help clarify and recognize their actual effects. The findings are presented through a qualitative description using developed summary tables. The results found are inconclusive, mainly due to methodological heterogeneity across the reviewed studies and the lack of long-term follow-up that would allow for the assessment of sustained benefits over time. Nevertheless, some authors support the use of antioxidants as a protective factor against oxidative damage in horses subjected to intense exercise, such as in endurance disciplines. This suggests the incorporation of antioxidant molecules into the basal diet as a preventive strategy against oxidative stress-induced injuries.

**Keywords:** supplementation, antioxidants, oxidative stress, Vitamin E, Vitamin C, Selenium.

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el caballo (*Equus ferus caballus*) ha tenido gran influencia en el desarrollo de la humanidad, representa el animal doméstico que más impactó la historia humana, proporcionando un transporte rápido, lo que ha cambiado considerablemente la velocidad y magnitud de la circulación de bienes y personas, así como sus culturas y enfermedades (Librado et al., 2016). En diferentes culturas y épocas se han utilizado con fines laborales, de espectáculo, en rituales culturales, de consumo, terapéuticos y de compañía, y siguen cumpliendo muchas de estas funciones en la actualidad (Brubaker & Udell, 2016).

Es así que, debido a las características de la especie, en especial a su conformación músculo esquelética, el ser humano ha explorado el potencial deportivo de los caballos, este aspecto representativo de ellos es el resultado de una evolución natural, y las exigencias del entorno que encauzaron gradualmente el desarrollo de propiedades locomotoras mejoradas (Cano et al., 2001) y también, potenciar el rendimiento de los caballos que han llevado a la excelencia en su uso deportivo (Dzięgielewska & Dunislawska, 2022).

En la actualidad, la Federación Ecuestre Internacional (FEI) reconoce ocho disciplinas para la competición en las que el caballo se puede desempeñar (doma, salto, vaulting, endurance, reining, enganche combinado, concurso completo y equitación paraecuestre) (Bull et al., 2019).

El Enduro es una competencia diseñada para poner a prueba la resistencia y la forma física del deportista (jinete) y del caballo en función de la pista, distancias, el terreno, el clima y tiempo, sin comprometer el bienestar del caballo. Un principio clave de este deporte es completar con éxito un recorrido de resistencia, incluyendo todas las fases del curso y las inspecciones veterinarias obligatorias, que en según el reglamento de la FEI, constan de cinco a seis inspecciones veterinarias, con el objetivo de controlar el estado el caballo y garantizar su bienestar. El Médico Veterinario evalúa el estado general y metabólico del caballo, teniendo en cuenta el tiempo de recuperación del caballo,

frecuencia y constantes fisiológicas, la actividad intestinal (ruidos intestinales), el estado de hidratación estimado y el comportamiento, además de lesiones y alteraciones musculoesqueléticas (FEI, 2020).

Sin embargo, la actividad física vigorosa conduce a diversos cambios y adaptaciones que pueden afectar la salud y el rendimiento de los caballos (Dzięgielewska & Dunislawska, 2022). Las exigencias físicas de estos deportes y los programas de entrenamiento para ellos suponen episodios estresantes para el caballo, sobre todo en deportes de alto rendimiento como el endurance, el ejercicio es estresante para todos los animales, pero la intensidad de la respuesta a este depende de la intensidad y duración del ejercicio, así como la condición del animal (Nogueira & Barnabe, 1997).

El ejercicio, como factor estresante habitual y como actividad aeróbica, provoca que el suministro de oxígeno no pueda satisfacer un rápido aumento de la demanda de oxígeno del organismo; entonces, muchos tejidos y órganos producen moléculas altamente reactivas, como las especies reactivas del nitrógeno (RNS) y las especies reactivas del oxígeno (ROS) (Wang et al., 2021). Se ha demostrado que el estrés oxidativo y los cambios en el estado antioxidante se producen durante el ejercicio de resistencia e intensidad y en las competiciones de concurso completo en caballos (Williams, 2016). Los radicales libres se elaboran de forma normal durante el metabolismo celular, estos contienen un electrón desapareado en su órbita exterior (Kirschvink et al., 2008), lo que les confiere la característica de poder reaccionar frente a otras moléculas a fin de obtener electrones y conseguir estabilidad electroquímica.

Cuando los sistemas de defensa antioxidantes son insuficientes o cuando la acumulación de especies reactivas al oxígeno (ROS) se vuelve crónica, los procesos oxidativos pueden dañar el ADN, los lípidos y las proteínas (Williams, 2016), lo que favorece cambios degenerativos, considerando que el ejercicio puede provocar la liberación de grandes cantidades de radicales libres. Todos estos factores contribuyen a la disfunción mitocondrial, que puede conducir de forma constante a respuestas inflamatorias, daño tisular, disfunción orgánica y una serie de enfermedades. Las funciones de las mitocondrias y las consecuencias de su alteración pueden ser de gran importancia en la cría y el uso de caballos (Dzięgielewska & Dunislawska, 2022).

Para detectar un desequilibrio oxidante-antioxidante en el animal, se pueden medir algunos biomarcadores enzimáticos, tales como:

Glutación Peroxidasa (GPx): es una de las enzimas que participan en las transformaciones de especies reactivas del oxígeno, catalizando la reducción del peróxido o lipoperóxido, para lo cual utiliza como agente reductor al glutati6n reducido (Cisneros et al., 1997). La enzima glutati6n peroxidasa, contiene selenio (Se) como grupo prost6tico. El papel del Se es de hecho transferir el hidr6geno a las especies reactivas de oxígeno. La actividad s6rica de la enzima glutati6n peroxidasa y la concentraci6n de Se en suero son considerados excelentes indicadores del estado del Se en el organismo (Quisirumbay-Gaibor & Vílchez 2019).

Super6xido Dismutasa (SOD): actúan como defensas antioxidantes enzimáticas que catalizan la dismutaci6n de iones super6xido en oxígeno y peróxido de hidr6geno (Lamprecht & Williams, 2012). El cobre (Cu) y el Zinc (Zn) son cofactores de la super6xido dismutasa, la cual se encarga de la remoci6n de los radicales super6xido producidos en la cadena transportadora de electrones en la mitocondria, convirtiéndolos en peróxido de hidr6geno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), el cual participa como segundo mensajero en m6ltiples procesos celulares como la proliferaci6n celular, la sntesis y la secreci6n de hormonas, la regulaci6n y la activaci6n de c6lulas inmunes, la angi6genesis y los procesos apopt6ticos, es asÍ que el aumento de este segundo mensaje genera un desbalance en el estado 6xido-reducci6n de las c6lulas, lo que resulta en el daño celular a trav6s de la oxidaci6n de las proteÍnas, los lípidos, los carbohidratos y los ácidos nucleicos; al contribuir en el desarrollo y la progresi6n de enfermedades degenerativas y metab6licas (Ulloa et al., 2023).

Los antioxidantes incluyen vitaminas, minerales, enzimas y proteÍnas que deben sintetizarse en el cuerpo u obtenerse de la dieta. Por lo tanto, el nivel de ejercicio y la dieta son factores que influyen en el estr6s oxidativo y el estado antioxidante del atleta equino (Williams, 2016). El papel principal de los antioxidantes estÁ implícito en la inactivaci6n o transformaci6n de oxidantes, que pueden ser transformados por enzimas antioxidantes en formas menos reactivas o que pueden reaccionar con mol6culas antioxidantes que son quÍmicamente estables (Kirschvink et al., 2008), se puede

considerar que los antioxidantes exógenos actúan como moléculas suicidas, ya que se oxidan al neutralizar al radical libre, por lo que la reposición de ellos debe ser continua, mediante la ingestión de los nutrientes que los contienen (Venereo, 2002), parte de este grupo de antioxidantes lo compone la Vitamina C, Vitamina E y Selenio, los cuales son el foco de estudio de esta revisión bibliográfica.

El selenio (Se) es un micronutriente mineral, que cumple con funciones importantes en el organismo, una de ellas es favorecer el equilibrio oxidativo al formar parte de la enzima glutatión peroxidasa. Este oligoelemento permite mantener el balance oxidativo a través de las selenoproteínas, distribuidas en el organismo (Díaz-Sánchez et al., 2019).

Existen antecedentes que indican que en equinos de Sudamérica, incluyendo Chile, se han descrito enfermedades en bovinos y equinos asociadas a la carencia de Se y/o vitamina E, entre las cuales están la miodegeneración nutricional, enfermedad degenerativa no inflamatoria que afecta la musculatura esquelética y cardíaca y la esteatosis o enfermedad de la grasa amarilla (Rioseco et al., 2013), debido a las características de las praderas del país, se debe considerar la suplementación de Selenio y Vitamina E.

La vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), vitamina liposoluble, se encuentra exclusivamente en alimentos de origen vegetal, siendo las mayores fuentes los aceites y grasas vegetales. Tiene un papel importante en el balance oxidativo, dado que su ubicación en la membrana celular aumenta su eficacia para eliminar los radicales libres procedentes de la membrana interna mitocondrial (Ji, 1995). Se describe que la deficiencia de vitamina E puede aumentar la lesión tisular inducida por radicales libres a niveles comparables a los encontrados tras el ejercicio, por lo que un estado un estado adecuado de vitamina E es importante para mantener la integridad de las membranas durante el ejercicio (Sacheck & Blumberg, 2001).

Ácido Ascórbico o vitamina C, corresponde a una vitamina hidrosoluble, uno de sus roles es proteger los componentes celulares contra los radicales libres que se forman habitualmente durante el metabolismo (Każmierczak-Barańska et al., 2020). Es un potente reductor, perdiendo con facilidad átomos de hidrógeno transformándose en ácido deshidroascórbico, que también posee actividad de vitamina C. Al ser hidrosoluble se

comporta como el mayor captador de elementos oxidantes en la fase acuosa del organismo, antes de que se produzca el ataque sobre otros elementos como los lípidos de las membranas celulares (Valdés, 2006). Debido a esto, es que se reconoce la importancia de su papel a nivel celular, ya que sólo el ácido ascórbico es lo suficientemente reactivo como para interceptar eficazmente los oxidantes en la fase acuosa antes de que puedan atacar y causar daños oxidativos detectables en los lípidos. (Frei, 1991).

La evaluación de los efectos de determinados programas de entrenamiento sobre los cambios inducidos por el ejercicio en los biomarcadores de estrés oxidativo y el sistema de defensa antioxidante puede proporcionar una mejor comprensión de los cambios adaptativos de los caballos en respuesta a las cargas de entrenamiento, lo que puede ser útil para el seguimiento periódico de su bienestar, estado de salud y nivel de entrenamiento (Andriichuk et al., 2015).

Para caballos deportistas se debe tener en consideración requisitos nutricionales que propicien un óptimo rendimiento y una buena recuperación posterior al ejercicio, siendo este un factor verdaderamente importante de evaluar en la disciplina del enduro, por lo que es necesario contemplar la suplementación según el individuo lo requiera. En base a la literatura, se conoce la importancia de los antioxidantes, pero ¿Cuál es el impacto de la suplementación con antioxidantes en el balance oxidativo en caballos deportivos y cómo influye en la salud y performance deportiva del equino?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general:**

Evaluar el impacto que tiene la suplementación con antioxidantes en la salud deportiva de caballos (*Equus ferus caballus*) de enduro, basado en la evidencia científica.

### **2.2. Objetivos específicos:**

1.- Comparar el efecto de la suplementación de Selenio, Vitamina E y Ácido Ascórbico sobre marcadores de estrés oxidativo, Superóxido Dismutasa y Glutación Peroxidasa a través de la revisión de estudios científicos.

2.- Evaluar el efecto que tiene la suplementación con antioxidantes en caballos de deporte según la vía de administración a través de la revisión de estudios científicos.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

Esta investigación se desarrolla bajo el formato de Memoria de Título, modalidad revisión bibliográfica sistemática, permitiendo recopilar, analizar y comparar el material bibliográfico y sus resultados publicados sobre la suplementación con antioxidantes en caballos de deporte.

#### 3.1. Obtención y selección del material bibliográfico:

El material que se utiliza para el desarrollo de esta revisión bibliográfica se obtiene de la búsqueda en las siguientes bases de datos que provee la Universidad San Sebastián Science Direct, Elsevier, Dialnet, EBSC; y los Metabuscadore PubMed, Web of science (WOS); además del motor de búsqueda Google Académico.

#### 3.2. Criterios de búsqueda:

Para obtener los artículos en las bases de datos anteriormente mencionadas se utilizan los siguientes términos de búsqueda:

Búsqueda en español:	Búsqueda en inglés:
* Estrés oxidativo	* Oxidative stress
* Caballos de deporte	* Sport horses
* Caballos de endurance	* Endurance horses
* Equinos	* Mitochondrial Dysfunction
* Disfunción mitocondrial	* Antioxidant supplementation
* Suplementación antioxidante	* Selenium
* Vitamina E	* Vitamin E

* Alfa tocoferol	* Alfa tocoferol
* Selenio	* Ascorbic acid
* Ácido ascórbico	* Superoxid disutase activity
* Desbalance oxidativo	* Glutation peroxidase activity
* Superóxido Dismutasa	
* Glutación Peroxidasa	

Dichos términos son utilizados con los siguientes operadores booleanos para optimizar y mejorar la búsqueda de publicaciones y obtener los resultados adecuados: AND y OR.

### 3.3. Criterios de inclusión:

Se incluyen publicaciones en idioma español, inglés y portugués, encontradas en las fuentes de información que se establecieron con anterioridad. Publicaciones que sean afín al tema suplementación con antioxidantes en equinos o en su defecto, sobre estrés oxidativo, orientadas a la especie equina (*Equus ferus caballus*), en los cuales se mida la actividad enzimática de marcadores de estrés oxidativo como SOD y GPx, sin distinción de raza, sobre deportes ecuestres de alta intensidad como Enduro, donde también se consideran estudios realizados en ejemplares equinos que practiquen Cross-Country y jumping, además de entrenamientos de Treadmill, publicados entre los años 2000 y 2024.

### 3.4. Criterios de exclusión:

Se excluye toda información que no concuerde con los objetivos establecidos para el desarrollo de la revisión bibliográfica, artículos que no estén publicados en los idiomas anteriormente mencionados o que hayan sido publicados anterior al año 2000. No se incluye información de libros o publicaciones de estudios en especies distintas a *Equus ferus caballus*, o estudios en los que se suplemente con antioxidantes a los caballos, pero que no midan a nivel sérico marcadores de estrés oxidativo para orientar sus resultados. No se consideran estudios que no se ciñan a deportes de alta intensidad como es el

Enduro, donde también se consideran estudios realizados en ejemplares equinos que practiquen Jumping o Cross-Country, además de entrenamientos en Treadmill.

### **3.5. Análisis de datos:**

Los documentos son seleccionados preliminarmente con la lectura de resumen y conclusiones para orientar y dilucidar si concuerdan con lo establecido en criterios de inclusión, posteriormente se realiza la lectura de estos para determinar cuáles componen y sustentan la presente revisión bibliográfica.

Los datos obtenidos durante la revisión bibliográfica se someten a un análisis descriptivo, donde se busca comparar distintas variables para cada objetivo utilizando tablas para dicho propósito, es decir:

Objetivo específico 1: Comparar el efecto de la suplementación de Selenio, Vitamina E y Ácido Ascórbico sobre marcadores de estrés oxidativo, Superóxido Dismutasa y Glutatión Peroxidasa a través de la revisión de estudios científicos.

Se consideran las siguientes variables en base a el suplemento administrado (vitamina E, vitamina C, Selenio): vía/dosis administrada y tiempo (periodo en el cual se aplicó al animal), actividad de marcadores de estrés oxidativo (SOD y GPx), entendiendo que estos pueden aumentar o disminuir permitiendo su análisis y posterior conclusión respecto a su efecto.

Objetivo específico 2: Evaluar el efecto que tiene la suplementación con antioxidantes en caballos de deporte según la vía de administración a través de la revisión de estudios científicos.

Se consideran las siguientes variables en base a la vía de suplementación de antioxidantes: suplemento administrado, vía de administración (vía oral, endovenosa, intramuscular, etc), efecto en la actividad de marcadores de estrés oxidativo (SOD y GPx) identificando si dicha actividad aumenta o disminuye con la administración de

antioxidantes exógenos, con el fin de reconocer cuáles son las vías idóneas para cada suplemento.

### **3.6. Presentación de los resultados:**

La información recabada se ordena en tablas comparativas diseñadas para cada objetivo específico de forma particular y para la finalidad que se describe en cada uno, estas son elaboradas y trabajadas en Excel. Los resultados que deriven de las comparaciones en cada objetivo específico se presentan bajo una descripción cualitativa.

### **3.7. Valorización de las referencias:**

Para efectos de la revisión bibliográfica, todas las referencias seleccionadas se consideran por igual peso en la valorización de las referencias, siempre que estas se ciñan a los criterios de inclusión y exclusión anteriormente establecidos.

## 4. RESULTADOS

En la tabla 1 se detalla el resultado de artículos encontrados, clasificados por los buscadores utilizados, las combinaciones de términos aplicadas y la cantidad de resultados obtenidos por cada término de búsqueda.

A pesar del extenso volumen de publicaciones encontradas en algunas fuentes, el proceso de selección consistió en la lectura de resumen y conclusiones para orientar y dilucidar si concuerdan con lo establecido en criterios de inclusión que se establecieron para esta investigación.

**Tabla 1:** Términos y combinaciones empleadas en la búsqueda en bases de datos.

<b>Temas y combinaciones:</b>	<b>Resultados por buscador:</b>
Antioxidant supplementation in horses	258 (Base de datos USS)
Antioxidant supplementation in sport horses	12 (Pubmed); 15 (Dialnet); 13 (Web of Science)
Antioxidant supplementation in endurance horses	4 (Pubmed); 17 (Base de datos USS); 11 (Web of Science); 5500 (Google Scholar); 196 (Science direct)
Oxidative stress in endurance horses	20 (Pubmed); 36 (Web of Science)
Vitamin E in horses/endurance horses	54 (Pubmed); 6 (Web of Science)
Vitamin C in horses/endurance horses	24 (Pubmed); 8 (Web of Science)
Selenium in horses/endurance horses	36 (Pubmed); 3 (web of Science)

De esta primera búsqueda se preseleccionaron 20 documentos. Posteriormente, y luego de aplicar de manera estricta los criterios de inclusión y exclusión definidos, 12 artículos cumplieron con los requisitos necesarios para ser incorporados en el análisis final de esta revisión bibliográfica, permitiendo así obtener información necesaria para abordar los objetivos que se plantearon.

Los estudios científicos revisados permiten evaluar el efecto de la suplementación con moléculas antioxidantes sobre marcadores de estrés oxidativo. De estos, solo cinco reportaron cambios, los cuales coinciden con un aumento en la actividad del sistema de

glutación peroxidasa (GPx), aunque no se relacionan directamente con el uso de un suplemento específico. En los siete estudios restantes no se observan modificaciones en la actividad de los sistemas antioxidantes.

**Tabla 2:** Datos publicados sobre el efecto de la suplementación de Selenio, Vitamina E y Ácido Ascórbico sobre marcadores de estrés oxidativo, Superóxido Dismutasa y Glutación Peroxidasa según diversos autores.

Referencia:	Raza:	N de estudio:	Duración del estudio:	Protocolo de suplementación:	Observaciones sobre la actividad enzimática:
<b>De Moffarts et al., 2005</b>	Pura sangre	20 yeguas, 17 potros. 3 caballos	3 meses	a- tocoferol oral 7.000 mg; Ácido Ascórbico oral 11.500; grupo control	Actividad de GPx sanguínea grupo control disminuyó significativamente, la del grupo con antioxidante se mantuvo sin cambios en la semana 6 y aumentó significativamente en semana 12, El aumento de la actividad de GPx fue acompañado por un aumento de la concentración plasmática de Selenio.
<b>Williams&amp; Carlucci, 2006</b>	Pura sangre	12 yeguas	3 semanas	Tres grupos, grupo moderado (MOD) recibió 5000 UI/día. El grupo alto (HI) recibió 10 000 UI/día y el grupo control (CON) no recibió suplementos adicionales de vit. E (1 a 20 UI al día en la dieta basal).	Los caballos suplementados con vitamina E no experimentaron menor estrés oxidativo en comparación con los caballos control. El protocolo de ejercicio utilizado sí tuvo efecto sobre el alfa tocoferol, el Retinol y la GPx; sin embargo, no se observaron diferencias entre los tratamientos, excepto niveles más bajos de betacaroteno observados en el grupo HI. Esto podría indicar que la vitamina E posiblemente compitió con el betacaroteno por su absorción. Este estudio no

					demostró que la suplementación por encima de los niveles basales de 120 UI/día sea más beneficiosa para el estado antioxidante del equino.
<b>White &amp; Warren, 2017.</b>	Cuarto de milla	18 potrancas, 12 caballos castrados	14 semanas	Se asignaron aleatoriamente para recibir 0,1 o 0,3 mg Se/kg MS y colocados en un grupo sin entrenamiento o con entrenamiento, dividido en dos fases: La fase 1 (semanas 1 a 8) consistió en 4 tratamientos: entrenado y alimentado con 0,1 mg Se/kg MS hasta la semana 14 (CON-TR; n = 10), entrenado y alimentado con 0,3 mg Se/kg MS hasta la semana 14 (HIGH-TR; n = 10), no entrenado y alimentado con 0,1 mg Se/kg MS hasta la semana 14 (CON-UN; n = 5), o no entrenado y alimentado con 0,3 mg Se/kg MS hasta la semana 14 (HIGH-UN; n = 5). Para la fase 2 en los caballos entrenados se invirtió la administración de selenio.	En ambas fases, el Se sérico fue mayor cuando los caballos recibieron una dieta con 0,3 que con 0,1 mg Se/kg MS. A lo largo del estudio, las actividades en reposo de la glutatión peroxidasa y la superóxido dismutasa musculares fueron mayores en los caballos entrenados que en los no entrenados. Los resultados indican que el entrenamiento reduce el daño muscular y mejora las defensas antioxidantes tras una sesión aguda de ejercicio prolongado, y que no se vio reforzado por una alimentación con Se superior a los requisitos del National Research Council.
<b>Deaton, et al., 2010</b>	Pura sangre	6 caballos	2 periodos de 4 semanas	La dieta antioxidante consistía en Vitamina E 458 iu/kg, Vitamina C 525 mg/kg y Selenio 0.31 mg/kg	La actividad de Glutatión no fue significativamente diferente después de la suplementación con antioxidante o placebo, o con ejercicio. No se observaron efectos

				(suplemento Winergy ventilate). Se separaron en 2 grupos de 3 caballos cada uno, 4 semanas uno recibió la dieta antioxidante y luego por 4 semanas más el otro grupo recibió esta dieta.	beneficiosos ni perjudiciales significativos de la suplementación sobre la función pulmonar, los índices de estrés oxidativo ni el daño muscular durante una prueba de ejercicio estandarizada submáxima
<b>Williams, et al., 2004</b>	Árabes	46 caballos	3 semanas	Se agruparon en base a sus rendimientos anteriores y se asignaron aleatoriamente a dos grupos de 23 cada uno para recibir suplementación durante 3 semanas antes de la carrera. Un grupo (E) recibió 5000 UI de vitamina E por vía oral al día; el otro grupo (E+C) recibió esa dosis de vitamina E más 7 g/día de vitamina C.	En la medición, GPx (hasta 56 km de competencia) y GSH-T en eritrocitos disminuyeron con la distancia (recorrido en km) y la GPx de glóbulos blancos aumentó durante la recuperación. En contraste con los cambios en los glóbulos rojos, los hallazgos novedosos aquí fueron los cambios en el sistema de glutación de los glóbulos blancos. En comparación con los glóbulos rojos, la mayor concentración de GPx en los glóbulos blancos y la menor concentración de GSH-T en los glóbulos blancos pueden afectar a la explosión oxidativa de los fagocitos y a otras funciones inmunitarias durante el ejercicio prolongado.
<b>White et al., 2016</b>	Pura sangre	6 yeguas, 6 caballos.	36 días	Suplementación con selenio, grupo de control (CON: n=6) 0,1mg/kg MS, grupo suplementado (SEL: n=6) 0,3mg/kg MS. 0,3 mg/kg MS (SEL; n = 6).	En contraste con los cambios en los glóbulos rojos, los hallazgos novedosos aquí fueron los cambios en el sistema de glutación de los glóbulos blancos. En comparación con los glóbulos rojos, la mayor concentración de GPx en los glóbulos blancos y la menor

					concentración de GSH-T en los glóbulos blancos pueden afectar a la explosión oxidativa de los fagocitos y a otras funciones inmunitarias durante el ejercicio prolongado.
<b>Taylor et al., 2024</b>	Cuarto de milla, Pura sangre, Pinto	5 yeguas, 2 caballos castrados, 1 semental	4 semanas	Cada caballo recibió 4 tratamientos intravenosos de Ácido Ascórbico a 25, 50 y 100 mg/kg diluidos en 500ml de solución salina, y 500ml de solución salina de placebo, cada tratamiento separado por $\geq 1$ semana.	La capacidad antioxidante plasmática no se vio afectada por la administración de AA en ninguna dosis ni momento.
<b>White et al., 2001</b>	Pura sangre	44 caballos	Previo a la carrera	Se administraron 5 g de ascorbato, intravenoso de 20 ml de una solución acuosa al 23% a 14 caballos, midiendo PAOC antes de la competencia sin suplemento, antes de la competencia con suplemento y post competencia.	La concentración plasmática de ascorbato como la PAOC aumentó inmediatamente después de la administración de este, pero no se modificaron después de la carrera. Estos resultados sugerirían que la administración de ascorbato podría anular el estrés oxidativo producido por el ejercicio en los caballos de carreras pura sangre, pero no podría prevenir el daño muscular
<b>Rey et al., 2013</b>	Pura sangre	6 machos, 4 hembras	2 semanas	Los grupos fueron los siguientes: 1) Control: sin suplementación oral de vitamina E antes ni durante el protocolo; 2) ST-VitE: recibieron un día 1400 UI de vitamina E, administradas en dos dosis de 700 UI (70 UI/ml) administradas 12	La vitamina E natural micelizada a 1400 UI/día durante 8 días aumentó eficazmente la concentración plasmática de $\alpha$ -tocoferol en caballos de carreras sometidos a condiciones de entrenamiento intenso y mantuvo el estado oxidativo general, mas no afectó las concentraciones

				y 1 h antes del entrenamiento; y 3) LT-VitE recibieron las mismas dos dosis de 700 UI de vitamina E natural administradas 12 y 1 hora antes del entrenamiento durante una semana. Por lo tanto, cada caballo sirvió como su propio control.	totales de GSht inmediatamente antes o después del ejercicio ni 8 h después.
<b>Deaton et al., 2004</b>	No específica	4 caballos castrados y 1 yegua	3 meses	Por 4 semanas, tres caballos recibieron un suplemento antioxidante oral (Winergy Ventilante) y dos recibieron un placebo. Tras un período de reposo farmacológico de 4 semanas, se invirtió la distribución de los grupos.El suplemento incluía vitamina E (10 g de acetato de $\alpha$ -tocoferol/kg de suplemento), vitamina C (57 g de ascorbil monofosfato de calcio/kg de suplemento) y selenio (4 mg/kg de suplemento).	La suplementación oral con antioxidantes elevó significativamente las concentraciones plasmáticas de ácido ascórbico y $\alpha$ -tocoferol en caballos afectados por RAO (recurrent airway obstruction). Curiosamente, la concentración de GSH se correlacionó con la concentración de GSSG (disulfuro de glutatión) en el BALF (líquido de lavado broncoalveolar) de caballos afectados por RAO, lo que podría reflejar un mecanismo compensatorio protector ante la carga oxidativa.
<b>Richardson et al., 2006</b>	Cuarto de milla, Pinto	11 potrancas, 7 caballos castrados	56 días	Se dividieron en 3 grupos: control (CTRL, sin suplemento de Selenio, 0,15 mg de Se/kg de MS total de la dieta basal); Selenio inorgánico (INORG, CTRL + 0,45 mg de Se/kg de MS total de la dieta a partir de	Los resultados de Se plasmático sugieren que la zinc-L-selenometionina es más eficaz para aumentar el estado de Se a corto plazo (entre el día 0 a 28) que el selenito sódico; sin embargo, en el día 56 las concentraciones plasmáticas de Se eran similares en los

				NaSeO <sub>3</sub> ); o Se orgánico [ORG, CTRL+ 0,45 mg de Se/kg de MS total de la dieta a partir de zinc-L-selenometionina.	caballos alimentados con cualquiera de las dos fuentes suplementarias de Se. La actividad de GPx-3 en plasma, la actividad de GPx-1 en Glóbulos Rojos y las concentraciones de Se en músculo fueron no concluyentes para diferenciar las fuentes de Se.
<b>Marañón et al., (2008)</b>	No específica.	24 (2 potros, 13 castrados, 9 yeguas)	5 semanas	Se dividieron en tres grupos de forma aleatoria, Grupo control (sin suplementación), MSM (Methyl Sulphonyl Methane) 8 mg/kg y suplementos combinados (MSM 8 mg/kg + Vit-C 5 mg/kg).	La actividad Glutathion Reductasa se redujo por el ejercicio de forma dependiente del tiempo, no se observaron cambios en las actividades GPx y GST (glutathion transferasa) a lo largo del tiempo. Estos efectos fueron parcialmente prevenidos por el MSM, aunque los niveles son inferiores a los observados en la semana 0, antes de comenzar la competición. Pero en los grupos con MSM+VIT C si aumentó la actividad enzimática de GPx, GR, GST, esta potenció el efecto del MSM, sugieren que el MSM y la vitamina C tienen objetivos comunes o trabajan sinérgicamente para proteger a las células del daño oxidativo.

(Elaboración propia, 2025).

Con el propósito de evaluar si la vía de administración de moléculas exógenas supone ser un factor influyente en el estado antioxidante del organismo, se abordaron igualmente estos 12 trabajos de investigación identificando la vía utilizada. Los estudios reportaron efectos variables, en algunos casos beneficiosos y en otros no, sobre la actividad

enzimática y el rendimiento fisiológico del equino. En diez de estas investigaciones la administración de suplementos fue por vía oral, de los cuales cinco reportaron algún cambio en la actividad enzimática de los sistemas antioxidantes y los cinco restantes no precisan cambios significativos. Por otra parte, dos investigaciones utilizaron la vía intravenosa, ambos no reportan cambios beneficiosos en actividad enzimática.

**Tabla 3:** Efecto de la suplementación con antioxidantes según vía de administración sobre marcadores moleculares en equinos de deporte.

<b>Referencia:</b>	<b>Suplemento administrado:</b>	<b>Vía de administración:</b>	<b>Observaciones:</b>
<b>De Moffarts et al., 2005.</b>	Vitamina E y Vitamina C	oral	Aumento de GPx en la semana 12, aumento de concentración de Selenio.
<b>Williams &amp; Carlucci, 2006.</b>	Vitamina E	oral	Este estudio no demostró que la suplementación por encima de los niveles basales de 120 UI/día sea más beneficiosa para el estado antioxidante del equino
<b>White &amp; Warren, 2017.</b>	Selenio	oral	Los resultados indican que el entrenamiento reduce el daño muscular y mejora las defensas antioxidantes tras una sesión aguda de ejercicio prolongado, y que no se vio reforzado por una alimentación con Se superior a los requisitos del National Research Council.
<b>Deaton, et al., 2010.</b>	Vitamina E, Vitamina C y Selenio	oral	No se observaron efectos beneficiosos ni perjudiciales significativos de la suplementación sobre la función pulmonar, los índices de estrés oxidativo ni el daño muscular durante una prueba de ejercicio estandarizada submáxima
<b>Williams et al., 2004.</b>	Vitamina E y Vitamina C	oral	GPx y GSH-T disminuyó en eritrocitos (medición en competencia de 56km), pero actividad de GPx aumentó en glóbulos blancos posterior al ejercicio.
<b>White et al., 2016.</b>	Selenio	oral	Los animales que reciben mayores niveles de Se en la dieta utilizan el sistema GPx en respuesta al estrés oxidativo con preferencia al sistema de SOD, mientras que aquellos con dietas marginales en Se dependen más del sistema de SOD.
<b>Taylor et al., 2024.</b>	Vitamina C	Intravenoso	La capacidad antioxidante plasmática no se vio afectada por la administración de AA en ninguna dosis ni momento.
<b>White et al., 2001.</b>	Vitamina C	Intravenoso	la administración de ascorbato podría anular el estrés oxidativo producido por el ejercicio en los caballos de carreras pura sangre, pero no podría prevenir el daño muscular

<b>Rey et al., 2013.</b>	Vitamina E	oral	La vitamina E natural micelizada a 1400 UI/día durante 8 días aumentó eficazmente la concentración plasmática de $\alpha$ -tocoferol en caballos de carreras sometidos a condiciones de entrenamiento intenso y mantuvo el estado oxidativo general, mas no afectó las concentraciones totales de GSHT inmediatamente antes o después del ejercicio
<b>Deaton et al., 2004.</b>	Vitamina E, Vitamina C y Selenio	oral	La concentración de GSH se correlacionó con la concentración de GSSG (disulfuro de glutatión) en el BALF (líquido de lavado broncoalveolar) de caballos afectados por RAO, lo que podría reflejar un mecanismo compensatorio protector ante la carga oxidativa.
<b>Richardson et al., 2006.</b>	Selenio	oral	La actividad de GPx-3 en plasma, la actividad de GPx-1 en Glóbulos Rojos y las concentraciones de Se en músculo fueron no concluyentes para diferenciar los beneficios de las distintas fuentes de Se que se administraron.
<b>Marañón et al., 2008.</b>	MSM (Methyl Sulphonyl Methane) y Vitamina C	Oral	Los grupos con MSM+VIT C si aumentó la actividad enzimática de GPx, GR, GST, esta potenció el efecto del MSM, sugieren que el MSM y la vitamina C tienen objetivos comunes o trabajan sinérgicamente para proteger a las células del daño oxidativo.

*(Elaboración propia, 2025).*

## 5. DISCUSIÓN

Durante la revisión bibliográfica, uno de los principales hallazgos que se obtuvo a partir del análisis de la literatura científica fue que, en general, los autores no reportaron cambios sustanciales en la actividad de los sistemas antioxidantes endógenos tras la administración de moléculas antioxidantes exógenas. Estos resultados se pueden explicar por el hecho de que los ejemplares utilizados no presentaban carencias nutricionales durante el periodo de estudio, siendo equinos considerados sanos (Taylor et al., 2024) por lo que su sistema antioxidante basal ya funcionaba adecuadamente, dificultando así la detección objetiva de posibles mejoras asociadas al uso de antioxidantes exógenos. Esto sugiere que, aunque se esperaba una potenciación de los mecanismos antioxidantes internos, la suplementación exógena no siempre genera una respuesta fisiológica significativa a nivel de los sistemas antioxidantes naturales del organismo equino. Pues los sistemas antioxidantes del organismo son increíblemente dinámicos y es probable que respondan de forma diferente a estímulos como la intensidad del ejercicio, el nivel de nutrientes antioxidantes en la dieta y el entrenamiento (White & Warren 2017).

A la luz del papel potencialmente perjudicial de la producción excesiva de ROS y la evidencia de que el estrés oxidativo inducido por el ejercicio ocurre en los caballos atletas, la suplementación antioxidante con el objetivo de restaurar o mantener el equilibrio oxidante/antioxidante parece ser una perspectiva prometedora para el bienestar y el rendimiento equino (De Moffarts et al., 2005). Por tanto, es indispensable desarrollar programas de entrenamiento y dietas estratégicas para el bienestar del caballo deportivo y su óptima recuperación, y un entrenamiento controlado y los suplementos dietéticos pueden ser medios para conseguirlo (Avellini et al., 1999).

Se ha indicado que los caballos que reciben suplementos dietéticos y entrenan tienen mayores defensas antioxidantes, demostradas por una mayor resistencia al estrés peroxidativo eritrocitario y una mayor actividad Glutatión Peroxidasa (GPx) en linfocitos

(Avellini et al., 1999), así también, se ha descrito que la actividad de GPx de glóbulos blancos podría aumentar durante la recuperación post ejercicio (Williams et al., 2004), en equinos suplementados con Vitamina E. Por otra parte, se observó que la administración de suplementos de vitamina E con niveles 10 veces superiores a los recomendados actualmente (2 UI/Kg según National Council Research) puede ser perjudicial para la absorción del Betacaroteno y debe evitarse. Esto podría indicar que la vitamina E posiblemente compite con el Betacaroteno por su absorción (Williams et al., 2004), lo cual sugiere tener en consideración la interacción y los efectos deletéreos que podría tener un exceso de suplementación en equinos.

En general, la mayoría de las investigaciones revisadas utilizaron la suplementación con moléculas antioxidantes en equinos sanos alimentados con dietas balanceadas. Este factor podría influir en la limitada respuesta fisiológica observada en algunos casos, donde no se detectaron cambios significativos en la actividad enzimática de los sistemas antioxidantes. Diversos autores han señalado que los efectos de los suplementos antioxidantes pueden volverse evidentes solo cuando la dieta base es deficiente en estos compuestos, cuando la intensidad o duración del ejercicio es mayor, o en presencia de enfermedades o condiciones de estrés adicional (Deaton et al., 2010).

Un ejemplo representativo es el caso de los equinos que padecen obstrucción recurrente de las vías respiratorias (RAO, por sus siglas en inglés), una enfermedad respiratoria inflamatoria crónica caracterizada por episodios de obstrucción reversible de las vías aéreas, provocada por la acumulación de neutrófilos, secreción excesiva de moco y broncoespasmos (Ainsworth & Hackett, 2004). En trabajos que evaluaron la suplementación con antioxidantes en caballos con RAO, se evidenció un aumento significativo en las concentraciones plasmáticas de ácido ascórbico y  $\alpha$ -tocoferol (vitaminas C y E, respectivamente). Asimismo, se observó una correlación entre los niveles de glutatión reducido (GSH) y glutatión oxidado (GSSG) en el líquido de lavado broncoalveolar (BALF), lo que sugiere la activación de un mecanismo compensatorio frente al estrés oxidativo. Esta respuesta adaptativa podría indicar que, en presencia de una carga oxidativa elevada, como ocurre en patologías respiratorias crónicas, el

organismo incrementa la producción de GSH para contrarrestar el daño oxidativo (Deaton et al., 2004).

Los ejercicios agudos y el transporte en remolque entre competiciones o instalaciones de entrenamiento pueden causar un aumento de la producción mitocondrial de especies reactivas de oxígeno (ROS), que pueden ser perjudiciales para la salud del músculo esquelético si no son secuestradas adecuadamente por enzimas antioxidantes (Latham et al., 2021), por tanto, se debe tener en consideración estrategias para mejorar la capacidad antioxidantes en los caballos de uso deportivo, aunque algunos autores indican que no es de utilidad adicionar antioxidantes, y más bien que se mejora el equilibrio antioxidante a través del deporte, pues hay resultados indican que el entrenamiento reduce el daño muscular y mejora las defensas antioxidantes tras una sesión aguda de ejercicio prolongado, y que no se ve reforzado por una alimentación con Selenio (White & Warren 2017).

En contraposición, otros autores indican que la capacidad antioxidante plasmática en caballos podría mejorarse mediante la administración de antioxidantes exógenos (White et al., 2001) como con vitamina C y la relevancia que cobra la suplementación de Vitamina E en mantener el equilibrio antioxidante en caballos de carreras sometidos a un entrenamiento diario intenso. (Rey et al., 2013). Es decir, la suplementación y un adecuado programa de entrenamiento potencian el sistema antioxidante.

Por otra parte, se describe una potencial sinergia entre moléculas antioxidantes, considerando que se observó un aumento de la actividad de GPx, acompañado por un aumento de la concentración plasmática de Selenio, lo que indica que la suplementación con Vitamina E y Vitamina C contrarrestó eficazmente la disminución de Se (De Moffarts et al., 2005), por tanto dichas moléculas podrían ayudar a mantener en el tiempo concentraciones de Se, el cual funciona como co-factor para la enzima GPx.

También es posible dilucidar que los animales que reciben mayores niveles de Se en la dieta utilizan el sistema GPx en respuesta al estrés oxidativo en lugar del sistema SOD, mientras que los que dietas pobres en Se recurren más al sistema SOD (White et al., 2016).

En los estudios utilizados para esta revisión la administración de suplementos antioxidantes fue por vía oral en su mayoría, en general junto a su alimento diario, pero también se describe el uso de la vía intravenosa (IV) para administrar ácido ascórbico (AA) diluido con suero fisiológico, esta formulación se eligió debido a la ausencia de efectos adversos al administrarse IV a caballos en un estudio previo. Destacando que no se observaron efectos adversos de la administración IV de AA durante todo el período del estudio, ni siquiera con la dosis más alta (Taylor et al., 2024). La vía en la que se administró el suplemento no demostró diferencias sustanciales que nos permitan pensar en que una vía pudiera ser más beneficiosa que otra. Sin embargo, los resultados no permiten establecer conclusiones definitivas respecto al papel modulador de los antioxidantes administrados por distintas vías, debido a la heterogeneidad en los diseños experimentales, dosis utilizadas, tipo de antioxidante, y características individuales de los animales, por lo demás, en todos los ensayos el tiempo en los que se desarrollan estas pruebas son limitados y no se proyectan más de 4 meses en el caso del estudio más extenso que se utilizó en esta revisión (White & Warren 2017). En consecuencia, no es posible afirmar con certeza que una vía de administración sea superior a otra en términos de efectividad antioxidante y apoyo a la recuperación post ejercicio.

La producción excesiva de ROS intramusculares o extramusculares inducida por el ejercicio intensivo, como el ejercicio supramáximo, podría desempeñar un papel importante en el aumento de la inflamación muscular (Tsubone et al., 2013), un factor relevante en el desempeño deportivo de caballos atletas, ya que una de las disciplinas más exigentes para el metabolismo equino son las carreras de enduro, en las que el caballo debe recorrer distancias de hasta 160 km. (Pakula et al., 2023), en los estudios los resultados tienden a demostrar que la suplementación con antioxidantes puede tener efectos beneficiosos en los deportistas al prevenir las deficiencias de antioxidantes y los efectos nocivos de los radicales libres en los tejidos, en particular los daños musculares (Finaud et al., 2006), si consideramos que la enzima glutatión peroxidasa reduce la producción de radicales hidroxilo, la vitamina E elimina los radicales libres y la vitamina C ayuda reduciendo los radicales tocoferoxilo que se forman durante este proceso de eliminación. Además, la vitamina E ayuda a bloquear la peroxidación lipídica y también puede formar parte importante de la estructura de las membranas.

En una gran mayoría de estudios, la suplementación con antioxidantes no mejora el rendimiento en el ejercicio ni la capacidad física en atletas, pero ayuda a los estos a mantener un estado de salud óptimo, que es una condición clave para alcanzar el mejor rendimiento (Finaud et al., 2006), es así que una nutrición adecuada durante el periodo de entrenamiento y la carrera puede ayudar a minimizar los problemas metabólicos. Además, el entrenamiento pudiera generar en el equino adaptaciones que resulten en una mejor respuesta de los sistemas antioxidantes, se observa que GPx muscular es mayor en caballos entrenados que en caballos no entrenados, lo que sugiere que el entrenamiento mejora el sistema GPx en el músculo donde más se necesita durante el ejercicio (White & Warren 2017), lo que mejoraría la recuperación post ejercicio.

## 6. CONCLUSIONES

La suplementación con antioxidantes, según la evidencia disponible, no demuestra una mejora directa en el rendimiento deportivo de los caballos de enduro, ya que no se evidenció una mejoría en los tiempo de competencia, ni en su recuperación post ejercicio u algún otro aspecto. Sin embargo, sí representa un factor preventivo frente al daño oxidativo, por lo que su inclusión en la dieta basal de estos animales resulta relevante.

Los estudios actuales presentan diversas limitaciones donde en muchos casos no se mide de manera sistemática la actividad enzimática antioxidante ni se realiza un seguimiento prolongado que permita evaluar el impacto real de la suplementación a lo largo de la vida deportiva del caballo. Tampoco se ha profundizado en la comparación de distintas moléculas antioxidantes administradas en la dieta, ni en la evaluación de diferentes vías de administración y sus efectos relativos. Esta falta de información restringe la comprensión integral sobre los beneficios a largo plazo que podría aportar la suplementación antioxidante en el atleta equino.

Así también, que los estudios en general se hayan aplicado en caballos sanos, sin carencias nutricionales, vuelve difícil evaluar de manera objetiva si existe o no un efecto positivo en su uso y mantenimiento en el tiempo.

## 7. REFERENCIAS

- Ainsworth, D. M., & Hackett, R. P. (2004). Chapter 7- Disorders of the Respiratory System. En S.M. Reed, W.M. Bayly, D.C. Sellon (Eds.), *Equine Internal Medicine* (Second Edition, pp. 289–353). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/b0-72-169777-1/50009-3>
- Andriichuk, A., Tkachenko, H., & Tkachova, I. (2015). Oxidative Stress Biomarkers and Erythrocytes Hemolysis in Well-Trained Equine Athletes Before and After Exercise. *Journal of Equine Veterinary Science*, 36, 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.09.011>
- Avellini, L., Chiaradia, E., & Gaiti, A. (1999). Effect of exercise training, selenium and vitamin E on some free radical scavengers in horses (*Equus caballus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B Biochemistry and Molecular Biology*, 123(2), 147-154. [https://doi.org/10.1016/s0305-0491\(99\)00045-0](https://doi.org/10.1016/s0305-0491(99)00045-0)
- Bull, J., Bas, F., Silva-Guzmán, M., Wentzel, H.H., Keim, J.P., & Gandarillas, M. (2019). Characterization of Feeding, Sport Management, and Routine Care of the Chilean Corralero Horse during Rodeo Season. *Animals*, 9(9), 697. <https://doi.org/10.3390/ani9090697>
- Brubaker, L., & Udell, M.A. (2016). Cognition and learning in horses (*Equus caballus*): What we know and why we should ask more. *Behavioural Processes*, 126, 121-131. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.03.017>
- Cano, M.R., Vivo, J., Miró, F., Morales, J., & Galisteo, A. (2001). Kinematic characteristics of Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses: a comparative study. *Research in Veterinary Science*, 71(2), 147-153. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2001.0504>
- Cisneros, E., Pupo, J., & Céspedes, E. (1997). Enzimas que participan como barreras fisiológicas para eliminar los radicales libres: III. Glutatión peroxidasa. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 16(1), 10-15.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03001997000100002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03001997000100002&lng=es&tlng=es).

- Deaton, C.M., Marlin, D.J., Smith, N.C., Harris, P.A., Schroter, R.C., & Kelly, F.J. (2004). Antioxidant Supplementation in Horses Affected by Recurrent Airway Obstruction. *Journal Of Nutrition*, 134(8), 2065S-2067S. <https://doi.org/10.1093/jn/134.8.2065s>
- Deaton, C.M., Marlin, D.J., Roberts, C.A., Smith, N., Harris, P.A., Kelly, F.J., & Schroter, R.C. (2010). Antioxidant supplementation and pulmonary function at rest and exercise. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 58-65. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05392.x>
- De Moffarts, B., Kirschvink, N., Art, T., Pincemail, J., & Lekeux, P. (2005). Effect of oral antioxidant supplementation on blood antioxidant status in trained thoroughbred horses. *The Veterinary Journal*, 169(1), 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2003.12.012>
- Díaz-Sánchez, V., Olazábal-Fenochio, A., & Ibarra-Gudiño, C. (2019). Selenio, selenoproteínas y estrés oxidativo en pequeños rumiantes. *Revisión. Abanico Agroforestal*, 1(1). <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2019.1>
- Dzięgielewska, A., & Dunislawska, A. (2022). Mitochondrial Dysfunctions and Potential Molecular Markers in Sport Horses. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8655. <https://doi.org/10.3390/ijms23158655>
- Federation Equestre Internationale [FEI]. (2020). Endurance Rules 11th. Edition. En Federacion Internacional Ecuestre. Recuperado 15 de abril de 2025, de <https://fedech.cl/wp-content/uploads/2023/08/FEI-Endurance-Rules.pdf>
- Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative stress. *Sports Medicine*, 36(4), 327-358. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00004>
- Frei, B. (1991). Ascorbic acid protects lipids in human plasma and low-density lipoprotein against oxidative damage. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54(6), 1113S-1118S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.6.1113sa>

- Ji, L. (1995). Oxidative stress during exercise: Implication of antioxidant nutrients. *Free Radical Biology and Medicine*, 18(6), 1079-1086. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)00212-3](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)00212-3)
- Kaźmierczak-Barańska, J., Boguszewska, K., Adamus-Grabicka, A., & Karwowski, B. T. (2020). Two Faces of Vitamin C—Antioxidative and Pro-Oxidative Agent. *Nutrients*, 12(5), 1501. <https://doi.org/10.3390/nu12051501>
- Kirschvink, N., De Moffarts, B., & Lekeux, P. (2008). The oxidant/antioxidant equilibrium in horses. *The Veterinary Journal*, 177(2), 178-191. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.07.033>
- Lamprecht, E.D., & Williams, C.A. (2012). Biomarkers of Antioxidant Status, Inflammation, and Cartilage Metabolism Are Affected by Acute Intense Exercise but Not Superoxide Dismutase Supplementation in Horses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012(1), 1-15. <https://doi.org/10.1155/2012/920932>
- Latham, C.M., Dickson, E.C., Owen, R.N., Larson, C.K., & White-Springer, S.H. (2021). Complexed trace mineral supplementation alters antioxidant activities and expression in response to trailer stress in yearling horses in training. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86478-7>
- Librado, P., Fages, A., Gaunitz, C., Leonardi, M., Wagner, S., Khan, N., Hanghøj, K., Alquraishi, S. A., Alfarhan, A. H., Al-Rasheid, K. A., Sarkissian, C. D., Schubert, M., & Orlando, L. (2016). The Evolutionary Origin and Genetic Makeup of Domestic Horses. *Genetics*, 204(2), 423-434. <https://doi.org/10.1534/genetics.116.194860>
- Marañón, G., Muñoz-Escassi, B., Manley, W., García, C., Cayado, P., De la Muela, M. S., Olábarri, B., León, R., & Vara, E. (2008). The effect of methyl sulphonyl methane supplementation on biomarkers of oxidative stress in sport horses following jumping exercise. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50(1), 45. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-45>
- Nogueira, G., & Barnabe, R. (1997). Is the Thoroughbred race-horse under chronic stress?. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 30(10), 1237-1239. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x1997001000016>

- Pakula, P.D., Halama, A., Al-Dous, E.K., Johnson, S.J., Filho, S.A., Suhre, K., & Vinardell, T. (2023). Characterization of exercise-induced hemolysis in endurance horses. *Frontiers In Veterinary Science*, *10*, 1115776. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1115776>
- Quisirumbay-Gaibor, J.R., & Vílchez, C. (2019). Selenio y glutatión peroxidasa en la nutrición porcina. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *14*(1), 57-69. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.5>
- Rey, A.I., Segura, J., Arandilla, E., & López-Bote, C.J. (2013). Short- and long-term effect of oral administration of micellized natural vitamin E (D- $\alpha$ -tocopherol) on oxidative status in race horses under intense training<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*, *91*(3), 1277-1284. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5125>
- Richardson, S.M., Siciliano, P.D., Engle, T.E., Larson, C.K., & Ward, T.L. (2006). Effect of selenium supplementation and source on the selenium status of horses. *Journal of Animal Science*, *84*(7), 1742-1748. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-413>
- Rioseco, M., Noro, M., Chihuailaf, R., Wittwer, F. (2013). Estatus de selenio en equinos Criollo-Chileno a pastoreo y su respuesta a la suplementación. *Rev MVZ Córdoba* *18*, 3822-3828.
- Sacheck, J.M., & Blumberg, J.B. (2001). Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition*, *17*(10), 809-814. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00639-6](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00639-6)
- Taylor, S.D., Hart, K.A., Vaughn, S., Giancola, S.C., Serpa, P.B.S., & Santos, A.P. (2024). Effects of intravenous administration of ascorbic acid (vitamin C) on oxidative status in healthy adult horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *38*(1), 460-468. <https://doi.org/10.1111/jvim.16934>
- Tsubone, H., Hanafusa, M., Endo, M., Manabe, N., Hiraga, A., Ohmura, H., & Aida, H. (2013). Effect of Treadmill Exercise and Hydrogen-rich Water Intake on Serum Oxidative and Anti-oxidative Metabolites in Serum of Thoroughbred Horses. *Journal of Equine Science*, *24*(1), 1-8. <https://doi.org/10.1294/jes.24.1>

- Ulloa, M., Macías, F., De la Escalera, G.M., & Arnold, E. (2023). Acciones del peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) como señalizador redox y como agente de estrés oxidante en la diabetes mellitus. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 26. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.597>
- Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 97(9), 557-568. [https://doi.org/10.1016/s0001-7310\(06\)73466-4](https://doi.org/10.1016/s0001-7310(06)73466-4)
- Venereo, J.R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar* 31(2), 126-133. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es).
- Wang, F., Wang, X., Liu, Y., & Zhang, Z. (2021). Effects of Exercise-Induced ROS on the Pathophysiological Functions of Skeletal Muscle. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 3846122. <https://doi.org/10.1155/2021/3846122>
- White, A., Estrada, M., Walker, K., Wisnia, P., Filgueira, G., Valdés, F., Araneda, O., Behn, C., & Martínez, R. (2001). Role of exercise and ascorbate on plasma antioxidant capacity in thoroughbred race horses. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 128(1), 99–104. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(00\)00286-5](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(00)00286-5)
- White, S.H., Johnson, S.E., Bobel, J.M., & Warren, L.K. (2016). Dietary selenium and prolonged exercise alter gene expression and activity of antioxidant enzymes in equine skeletal muscle. *Journal of Animal Science*, 94(7), 2867-2878. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0348>
- White, S.H., & Warren, L.K. (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*, 95(2), 657-670. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1130>
- Williams, C.A. (2016). Horse species symposium: The effect of oxidative stress during exercise in the horse. *Journal of Animal Science*, 94(10), 4067-4075. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9988>

Williams, C.A., & Carlucci, S.A. (2006). Oral vitamin E supplementation on oxidative stress, vitamin and antioxidant status in intensely exercised horses. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 617-621. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05614.x>

Williams, C.A., Kronfeld, D.S., Hess, T.M., Saker, K.E., Waldron, J.N., Crandell, K.M., Hoffman, R.M., & Harris, P.A. (2004). Antioxidant supplementation and subsequent oxidative stress of horses during an 80-km endurance race. *Journal of Animal Science*, 82(2), 588-594. <https://doi.org/10.2527/2004.822588x>