

---

# Efectos derivados del potencial antioxidante de la suplementación con quercetina en deportistas

## Revisión Sistemática

*Propuesta de Trabajo Final de Máster  
Máster Universitario de Nutrición y Salud*

Autor/a: Daniel Vasile Popescu Radu  
Tutor/a del TFM: Miguel Ángel Méndez Pérez

---

Junio 2024



HYPERLINK "<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/>"

Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>)

# Índice

Resumen.....	3
Abstract .....	3
1. Introducción .....	4
1.1. Antioxidantes enzimáticos .....	4
1.2. Antioxidantes no enzimáticos.....	5
1.3. Antioxidantes exógenos.....	6
1.3.1. Quercetina .....	6
2. Objetivos .....	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	8
3. Preguntas investigables .....	8
4. Metodología.....	8
4.1. Fuentes de información .....	8
4.2. Estrategia de búsqueda.....	9
4.3. Selección de artículos.....	9
4.4. Calidad de los artículos seleccionados.....	11
5. Resultados .....	12
6. Discusión .....	20
6.1. Concentración de enzimas con actividad antioxidante .....	20
6.1.2. Peroxidación lipídica .....	20
6.2. Rendimiento deportivo y resistencia a la fatiga muscular .....	21
6.3. Efectos sobre la inflamación y la recuperación muscular .....	22
7. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación .....	22
7.1. Aplicabilidad.....	23
7.2. Nuevas líneas de investigación .....	23
7.3. Limitaciones .....	24
8. Conclusiones .....	24
9. Bibliografía .....	25

## Resumen

Existe un interés creciente en el potencial antioxidante de la suplementación con quercetina para mejorar la salud y el rendimiento en deportistas. La quercetina es un flavonoide bioactivo con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, presente en diversos alimentos. Esta revisión sistemática tiene como objetivo evaluar la eficacia de la quercetina en la mejora de la capacidad antioxidante del músculo esquelético, el rendimiento deportivo y la recuperación en deportistas. Se realizó una búsqueda exhaustiva en la base de datos Scopus, seleccionando 10 ensayos clínicos controlados y aleatorizados con humanos deportistas. Algunos ensayos indicaron mejoras modestas en la resistencia a la fatiga y la capacidad aeróbica, mientras que otros no encontraron diferencias significativas en la capacidad antioxidante, el rendimiento o la inflamación. Puede tener un efecto positivo en la capacidad antioxidante y el rendimiento físico en condiciones específicas en una población no entrenada pero activa físicamente, habiendo efectos más acusados tras la práctica de ejercicios excéntricos. La combinación de la quercetina con otros compuestos como la vitamina D podría potenciar su efecto antioxidante y antiinflamatorio. No se reportaron efectos secundarios adversos, lo que sugiere que la suplementación con quercetina es segura.

### *Palabras clave*

Quercetina, antioxidante, deporte, músculo esquelético

## Abstract

There is growing interest in the antioxidant potential of quercetin supplementation to improve health and performance in athletes. Quercetin is a bioactive flavonoid with antioxidant and anti-inflammatory properties, present in various foods. This systematic review aims to evaluate the efficacy of quercetin in enhancing the antioxidant capacity of skeletal muscle, sports performance, and recovery in athletes. An exhaustive search was conducted in the Scopus database, selecting 10 randomized controlled trials with human athletes. Some trials indicated modest improvements in fatigue resistance and aerobic capacity, while others found no significant differences in antioxidant capacity, performance, or inflammation. It can have a positive effect on antioxidant capacity and physical performance under specific conditions in an untrained but physically active population, with more pronounced effects after practicing eccentric exercises. The combination of quercetin with other compounds such as vitamin D could enhance its antioxidant and anti-inflammatory effect. No serious adverse effects were reported, suggesting that quercetin supplementation is safe.

### *Key words*

Quercetin, antioxidant, sport, skeletal muscle

## 1. Introducción

La regulación del equilibrio redox es esencial para la salud celular, por lo que todas las células de mamíferos poseen mecanismos para ajustar este equilibrio. El sistema antioxidante celular es un componente crucial en este control, definiéndose los antioxidantes como sustancias que pueden demorar o prevenir la oxidación de un sustrato <sup>(1)</sup>. Estos sistemas incluyen antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, formando un sistema que regula los niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS) y preserva el equilibrio redox tanto en orgánulos como en el citoplasma, y extendiéndose hasta el líquido intersticial y la sangre para eliminar las ROS extracelulares <sup>(1, 2)</sup>.

Existen tres estrategias antioxidantes primordiales para la protección celular frente al daño por ROS: la eliminación de ROS mediante moléculas de bajo peso molecular en espacios intracelulares y extracelulares; la conversión de ROS en compuestos menos reactivos por antioxidantes enzimáticos, reduciendo así la oxidación; y la secuestro de metales de transición prooxidantes, como el hierro y el cobre, por proteínas quelantes, evitando su participación en la generación de ROS <sup>(3)</sup>.

Se consideran deportistas aquellos individuos de ambos sexos que participan en entrenamientos regulares con una frecuencia mínima de tres veces por semana. Cada sesión de entrenamiento debe tener una duración mínima de 60 minutos y realizarse con una intensidad moderada a alta. Las sesiones de ejercicio de 60 minutos de duración con una intensidad moderada a alta elevan los niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS) en deportistas <sup>(4)</sup>.

### 1.1. Antioxidantes enzimáticos

Las células están protegidas del daño oxidativo por un conjunto de enzimas antioxidantes esenciales, entre las que destacan la superóxido dismutasa (SOD), la glutatión reductasa, la catalasa (CAT), la tiorredoxina (Trx), la peroxiredoxina (Prx), y la glutatión peroxidasa (GPX) <sup>(5)</sup>.

La SOD, actuando como la primera barrera contra el superóxido ( $O_2^-$ ), convierte esta molécula en peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y oxígeno <sup>(5)</sup>. Hay tres isoformas (SOD1, SOD2, SOD3) distribuidas entre el citosol, el espacio intermembrana mitocondrial, la matriz mitocondrial, y el espacio extracelular <sup>(5, 6, 7)</sup>.

Por su parte, la glutatión reductasa junto con la GPX, que se encuentra en cinco isoformas (GPX1-GPX5), catalizan la reducción de  $H_2O_2$  a agua, utilizando el glutatión reducido como donante de electrones <sup>(8)</sup>. La especificidad de sustrato y la distribución celular de las isoformas de GPX juegan un papel crítico en la disminución del estrés oxidativo.

La catalasa tiene como función descomponer el  $H_2O_2$  en agua y oxígeno sin necesitar un donante de electrones, diferenciándose de GPX en su exclusiva acción sobre el  $H_2O_2$  y su presencia en diversos compartimentos celulares, lo que subraya la importancia de una respuesta antioxidante diversificada y ubicua <sup>(9)</sup>.

El sistema Trx, integrado por las isoformas Trx1 y Trx2, y la Trx reductasa, es fundamental para mantener las proteínas celulares en su estado reducido, protegiéndolas así de la oxidación. Este

sistema no solo protege contra la oxidación de proteínas, sino que también regula la transcripción de factores y la apoptosis, demostrando su papel multifacético en la célula <sup>(10, 11)</sup>.

Las Prx, en tanto, con seis isoformas distintas, reducen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, hidroperóxidos de alquilo, y peroxinitrito, utilizando electrones de la Trx. Este grupo de enzimas no solo elimina peróxidos, sino que también influye en la señalización celular, destacando su contribución a funciones celulares más allá de la simple eliminación de ROS <sup>(12, 13)</sup>.

## 1.2. Antioxidantes no enzimáticos

El glutatión (GSH) juega un papel crucial en la protección contra el estrés oxidativo inducido por el ejercicio en el músculo esquelético, contribuyendo a la prevención del daño celular y promoviendo la recuperación y el rendimiento muscular. El ejercicio induce la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) en los músculos, lo que puede conducir a la oxidación de proteínas y lípidos celulares <sup>(14)</sup>.

El glutatión (GSH) es un antioxidante crucial que se encuentra en altas concentraciones en las células de los mamíferos, incluido el músculo esquelético. Este compuesto no solo actúa directamente contra los radicales libres, sino que también participa en reacciones que dependen de enzimas específicas para su función antioxidante <sup>(15)</sup>. La "alta actividad de enzimas dependientes del GSH" significa que muchas reacciones en el músculo esquelético requieren la presencia de GSH para neutralizar los radicales libres y otros compuestos oxidantes. Además, el músculo esquelético tiene la capacidad de sintetizar GSH, lo que indica que es un tejido activo en la producción y regulación de este antioxidante. Este papel activo del músculo en el manejo del GSH subraya su importancia en el mantenimiento de un equilibrio antioxidante no solo localmente sino también en todo el cuerpo <sup>(16)</sup>.

La fatiga muscular se refiere a la disminución de la capacidad de un músculo para generar fuerza o potencia. Este fenómeno puede surgir durante o después de la actividad física, especialmente si es intensa o prolongada. La fatiga puede aumentar el riesgo de lesiones ya que afecta la funcionalidad muscular <sup>(17)</sup>.

Durante el ejercicio, el aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS) puede intensificarse en función de la duración e intensidad del ejercicio <sup>(18)</sup>. Estas moléculas reactivas pueden alterar varios procesos celulares importantes. Por ejemplo, pueden afectar la función de la bomba de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPasa, que es crucial para mantener el equilibrio de electrolitos y la excitabilidad muscular. También pueden influir en el manejo del calcio dentro de las células musculares, que es fundamental para la contracción y relajación muscular, y en la interacción entre la actina y la miosina, que son las proteínas responsables de generar la contracción muscular <sup>(19)</sup>. Al interferir con estos procesos, los ROS y RNS pueden disminuir la capacidad del músculo para generar fuerza, contribuyendo así a la fatiga muscular.

La presencia y función del GSH en este contexto es vital, ya que ayuda a neutralizar los ROS y RNS, protegiendo así contra el daño oxidativo y ayudando a mitigar los efectos de la fatiga muscular. Por tanto, el GSH juega un papel protector en el músculo esquelético, ayudando a

mantener la funcionalidad muscular y reducir el riesgo de fatiga y lesiones durante el ejercicio <sup>(20)</sup>.

El GSH no solo actúa como un importante antioxidante eliminando ROS durante reacciones enzimáticas y no enzimáticas, sino que también regenera otros antioxidantes, como la vitamina C y E, participa en la reparación de proteínas, ácidos nucleicos y lípidos dañados en procesos de peroxidación y en el mantenimiento de grupos sulfhidrilo de proteínas en estado reducido <sup>(21)</sup>. En el contexto del deporte y el ejercicio físico, este equilibrio entre la producción de ROS y la defensa antioxidante como el GSH es esencial para la prevención del daño oxidativo, el retraso de la fatiga muscular y la mejora del rendimiento deportivo <sup>(22)</sup>.

### **1.3. Antioxidantes exógenos**

Además de las defensas antioxidantes endógenas, tanto enzimáticas como no enzimáticas, que combaten el aumento de radicales libres durante el estrés oxidativo y los mecanismos que eliminan o neutralizan las especies reactivas de oxígeno (ROS), las células se benefician de los antioxidantes obtenidos de la dieta, conocidos como antioxidantes exógenos <sup>(23)</sup>. Estos antioxidantes exógenos actúan, principalmente, neutralizando radicales libres y reduciendo la concentración de ROS.

El interés en los antioxidantes procedentes de la dieta ha aumentado debido a su potencial para prevenir o mitigar el estrés oxidativo, aliviar el dolor muscular y el desgaste físico, y potenciar el rendimiento deportivo <sup>(24)</sup>. Los polifenoles son un conjunto de compuestos de origen vegetal, solubles en agua y ricos en grupos fenólicos, y se clasifican en flavonoides y ácidos fenólicos <sup>(25)</sup>.

Específicamente, los flavonoides, que son pigmentos polifenólicos ampliamente distribuidos en el reino vegetal y presentes en flores, frutas y semillas, ofrecen numerosos beneficios para la salud y pueden influir en el rendimiento deportivo <sup>(26)</sup>. Los flavonoides abarcan subgrupos como los flavonoles (quercetina), flavonas (luteolina), flavanonas (naringenina), antocianidinas (cianidina) e isoflavonas (genisteína). Además de los flavonoides, existen otros compuestos no flavonoides que incluyen ácidos fenólicos de bajo peso molecular, estilbenos, chalconas, lignanos y cumarinas <sup>(27)</sup>.

#### **1.3.1. Quercetina**

La quercetina, conocida químicamente como 3,3',4',5,7-pentahidroxi-flavona, es un flavonoide bioactivo presente en una diversidad de fuentes vegetales y alimentos, incluyendo nueces, uvas, cebollas, brócoli, manzanas y té negro <sup>(28)</sup>. En los vegetales, su concentración generalmente no supera los 10 mg/kg, aunque en frijoles y manzanas puede llegar hasta los 40 mg/kg y en las cebollas alcanza hasta los 100 mg/kg <sup>(29)</sup>.

La eficiencia con que se absorbe el glucósido de quercetina, un compuesto derivado de la quercetina varía entre el 3% y el 17% en individuos sanos que consumen una dosis de 100 mg y la presencia de ácidos grasos durante su ingesta puede incrementar la biodisponibilidad de la quercetina <sup>(30)</sup>.

Esta sustancia tiene una vida media de varias horas, y su detección en plasma, orina, heces y aire exhalado después de la ingesta es considerablemente variable, dependiendo de factores individuales y de su estabilidad a distintas temperaturas <sup>(31)</sup>.

La quercetina destaca por su potente acción antioxidante, una cualidad que se debe a su estructura molecular, especialmente a la ubicación y presencia de grupos hidroxilo (-OH). Estos grupos son cruciales para contrarrestar el daño causado por los radicales libres mediante un proceso de neutralización <sup>(31)</sup>. Además, se ha identificado que la quercetina puede influir en la regulación del factor de transcripción AP-1, relacionado con la expresión génica vinculada al crecimiento celular y respuesta al estrés <sup>(32)</sup>. Investigaciones emergentes han revelado que la quercetina también promueve la activación y producción de Sirtuin-1 (SIRT1), un elemento asociado con la salud del músculo esquelético y el desarrollo de mitocondrias <sup>(33)</sup>.

La isoquercetina, que es la quercetina en su forma glicosilada, muestra una absorción más eficiente que la quercetina en su forma aglicona, probablemente debido a que los carbohidratos asociados al flavonoide aumentan su hidrofiliidad, facilitando así su absorción <sup>(34)</sup>. Se ha documentado que los seres humanos pueden asimilar cantidades considerables de quercetina provenientes de alimentos o suplementos, con una vida media que varía de 11 a 28 horas <sup>(30)</sup>.

Las estimaciones sobre la ingesta diaria de quercetina en dietas occidentales varían de 3 a 40 mg (medidos como equivalentes de aglicona), mientras que se estima que aquellos que consumen frutas y verduras regularmente pueden ingerir entre 50 y 800 mg de quercetina al día <sup>(35)</sup>. En los suplementos dietéticos, las dosis diarias de quercetina suelen estar entre 500 y 1000 mg <sup>(28)</sup>. Un análisis reciente enfocado en quercetina para tratar enfermedades prostáticas (con dosis de 1000 a 1500 mg) reportó que los efectos secundarios eran infrecuentes, aunque algunos pacientes experimentaron náuseas si consumían la sustancia en ayunas, pero no se identificaron efectos adversos significativos <sup>(36, 37)</sup>. Esto indica que dosis altas de quercetina son tolerables y no generan problemas secundarios graves.

Dada la producción elevada de ROS durante el ejercicio físico ejecutado a una moderada y alta intensidad y los beneficios antioxidantes potenciales de la quercetina, es necesario esclarecer si la suplementación con quercetina puede mitigar el estrés oxidativo en deportistas. Con esta revisión sistemática se pretende confirmar si la quercetina mejora la capacidad antioxidante del músculo esquelético, previniendo el consecuente daño celular, y mejorar el rendimiento deportivo. Un mayor rendimiento deportivo y una mejor recuperación tras el ejercicio podrían ser el resultado de la reducción del estrés oxidativo y la protección contra el daño celular.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficacia de la suplementación con quercetina en la mejora de la capacidad antioxidante en el músculo esquelético y su impacto en el rendimiento y recuperación de deportistas, considerando tanto los mecanismos biológicos subyacentes como los posibles efectos beneficiosos o adversos asociados.

## **2.2. Objetivos específicos**

1. Examinar cómo la suplementación con quercetina influye en la capacidad antioxidante en el músculo esquelético de deportistas.
2. Analizar la relación entre la suplementación con quercetina y la mejora del rendimiento deportivo.
3. Evaluar los efectos secundarios y la seguridad de la suplementación con quercetina en dosis comunes utilizadas por los deportistas.
4. Revisar el papel de la quercetina en la modulación de efectos biológicos adicionales relevantes para los deportistas, tales como propiedades antiinflamatorias y su potencial para mejorar la recuperación muscular.

## **3. Preguntas investigables**

Las preguntas PICO planteadas son las siguientes:

1. ¿Cómo afecta la suplementación con quercetina a las concentraciones de enzimas antioxidantes endógenas en deportistas?
2. ¿Cuál es el impacto de la suplementación con quercetina en la reducción de la peroxidación lipídica en deportistas antes y después del ejercicio físico?
3. ¿Existen diferencias significativas en el rendimiento deportivo y la resistencia a la fatiga muscular entre deportistas con suplementación con quercetina y los grupos control?
4. ¿Qué efectos secundarios se observan en deportistas que consumen suplementos de quercetina en el rango de dosis recomendadas para la mejora del rendimiento deportivo y la reducción del estrés oxidativo?
5. ¿De qué manera la suplementación con quercetina modula procesos biológicos adicionales, como la inflamación y qué implicaciones tiene esto para la recuperación postejercicio?

## **4. Metodología**

Se ha llevado a cabo una revisión sistemática basada en la búsqueda de artículos científicos en una base de datos electrónica especializada, siguiendo un proceso secuencial para determinar la relación existente entre la ingesta de quercetina y los efectos antioxidantes observados en deportistas.

### **4.1. Fuentes de información**

Para esta revisión, la bibliografía se recopiló de la base de datos Scopus durante abril de 2024. Aunque se exploraron otras bases de datos, incluyendo PubMed, Embase y Web of Science, estas fueron desestimadas ya que Scopus proporcionaba una cantidad más amplia de resultados, abarcando todos los hallazgos disponibles en las mencionadas fuentes.



## 4.2. Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda que se ha empleado en esta revisión sistemática ha consistido en la selección de artículos en inglés, sin límite temporal, que incluían los términos “quercetin” AND “oxidation” AND “sports”, “quercetin AND “skeletal muscle” AND “sports”, “quercetin” and “sports”, “quercetin” AND “skeletal muscle” en función del título, resumen (abstract) y palabras clave (keywords) siendo la clave de búsqueda “TITLE-ABS-KEY(quercetin AND oxidation AND sports)”, TITLE-ABS-KEY(quercetin AND “skeletal muscle” AND sports), TITLE-ABS-KEY(quercetin AND sports), TITLE-ABS-KEY(quercetin and “skeletal muscle”).

La búsqueda se ha limitado a artículos, incluyendo únicamente ensayos clínicos controlados y aleatorizados en humanos, como se indica en las tablas 1 y 2. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda han sido: “quercetin”, “skeletal muscle”, “controlled study”, “human”, “humans”, “antioxidant”, “antioxidants”, “oxidative stress”, “adult” y “antioxidants activity”.

## 4.3. Selección de artículos

En primer lugar, se ha llevado a cabo un cribado por pares para seleccionar los artículos según los criterios de elegibilidad descritos en la tabla 1 y los criterios de inclusión y exclusión descritos en la tabla 2. Para ello, se ha empleado el programa SR Accelerator confirmando si cumplen con los criterios especificados en las tablas 1 y 2. En el programa SR Accelerator se ha cargado un archivo en formato RIS descargado de la base de datos Scopus atendiendo al autor/autores de cada artículo, al título, año de publicación, resumen y palabras clave. Se han seleccionado los artículos en base al título y al resumen atendiendo a las especificaciones de la tabla 1 y 2.

Una vez realizado el cribado por pares, se han resuelto las discrepancias cargando ambos archivos (uno de cada revisor) en el programa SR Accelerator, en la sección “Disputatron”. Las discrepancias se han resuelto revisando los criterios de la tabla 2.

La tabla 1 se elaboró siguiendo la metodología PICOS para formular preguntas de investigación estructurada, facilitando la identificación y selección de estudios relevantes para esta revisión sistemática.

Componente	Descripción
<b>Población (P)</b>	Deportistas de ambos sexos, incluyendo tanto atletas profesionales como aficionados que participan en entrenamientos regulares (mínimo 3 veces por semana) con una duración de 60 minutos al día de entrenamiento y con una intensidad moderada a alta.
<b>Intervención (I)</b>	Suplementación con quercetina en dosis diarias definidas, administrada como suplemento nutricional.
<b>Comparación (C)</b>	Deportistas que no reciben suplementación con quercetina o que utilizan un placebo en lugar de la suplementación real.
<b>Outcomes Resultados (O)</b>	o Mejora de la capacidad antioxidante y reducción del estrés oxidativo, influencia en el rendimiento deportivo y la resistencia a la fatiga, efectos secundarios y seguridad de la suplementación e impacto en la recuperación muscular y en procesos biológicos adicionales

<b>Estudios (S)</b>	Ensayos clínicos controlados y aleatorizados.
---------------------	---

Tabla 1. Criterios de elegibilidad. Fuente: elaboración propia. [08]

Para una selección pormenorizada de los artículos obtenidos en la búsqueda bibliográfica se diseñó la plantilla presente en la tabla 2.

<b>Efectos antioxidantes observados tras la suplementación con quercetina en deportistas</b>			
<b>Elegibilidad</b>			
¿Cómo afecta la suplementación con quercetina a las concentraciones de enzimas antioxidantes endógenas en deportistas?			
¿Cuál es el impacto de la suplementación con quercetina en la reducción de la peroxidación lipídica en deportistas antes y después del ejercicio físico?			
¿Existen diferencias significativas en el rendimiento deportivo y la resistencia a la fatiga muscular entre deportistas con suplementación con quercetina y los grupos control?			
¿Qué efectos secundarios se observan en deportistas que consumen suplementos de quercetina en el rango de dosis recomendadas para la mejora del rendimiento deportivo y la reducción del estrés oxidativo?			
¿De qué manera la suplementación con quercetina modula procesos biológicos adicionales, como la inflamación y qué implicaciones tiene esto para la recuperación postejercicio?			
<b>Información</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>¿?</b>
Se analiza específicamente la suplementación con quercetina	X		
Considera cualquier forma de suplemento de quercetina	X		
Suplementación únicamente con quercetina	X		
Suplementación con quercetina y otro(s) compuesto(s)		X	
Considera el consumo esporádico e irregular con quercetina		X	
Considera daño muscular no relacionado con el ejercicio físico		X	
Considera sujetos con algún tipo de problema de salud diagnosticado		X	
Los sujetos no son adultos		X	
<b>Diseño</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>¿?</b>
Ensayos clínicos en humanos	X		
Metaanálisis		X	
Revisión sistemática		X	
Estudios observacionales		X	

Reporte y series de casos		X	
Estudios transversales		X	
Poblaciones		X	
Casos y controles		X	
Cohortes		X	
<b>Ensayos experimentales</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>¿?</b>
Ensayos aleatorizados, ciegos	X		
Ensayos aleatorizados, doble-ciegos	X		
No aleatorizados		X	
Estudios en animales (laboratorio)		X	
Estudios in vitro		X	
<b>El resumen será ACEPTADO si:</b>	Hay un Sí en la sección de información y un ¿? en el diseño.		
	O si dudamos (?) la información, pero el diseño tiene un Sí o ¿?		
	O si solo hay un título (Sin resumen) y no sabemos si es de interés o no (?)		
<b>En todos los demás casos, el Resumen NO SERÁ ACEPTADO en el cribado.</b>			

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión. Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Calidad de los artículos seleccionados

La calidad de los ensayos clínicos incluidos en esta revisión sistemática se ha evaluado siguiendo los criterios de la escala PEDro<sup>(38)</sup>, utilizada para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos en fisioterapia y medicina del deporte porque tiene una alta fiabilidad y validez<sup>(39,40)</sup>. La escala consta de 11 ítems, y por cada criterio cumplido, el estudio recibe una puntuación de 1 cuando el criterio se cumple o de 0 cuando el criterio no se cumple.

Los criterios incluidos en la Escala PEDro son:

- (1) Se especificaron los criterios de elegibilidad. Este criterio se puntúa 0.
- (2) Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a los grupos.
- (3) La asignación fue oculta.
- (4) Los grupos fueron similares al inicio del estudio en cuanto a los indicadores pronósticos más importantes.
- (5) Hubo cegamiento de todos los participantes del ensayo.

- (6) Hubo cegamiento durante el proceso de intervención.
- (7) Hubo cegamiento de todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave.
- (8) Medición de al menos un resultado clave en más del 85% de los sujetos.
- (9) Los datos fueron analizados considerando la asignación original, independientemente del cumplimiento del tratamiento.
- (10) Comparaciones estadísticas entre los grupos reportados.
- (11) El estudio proporciona tanto medidas puntuales como medidas de variabilidad para al menos un resultado clave.

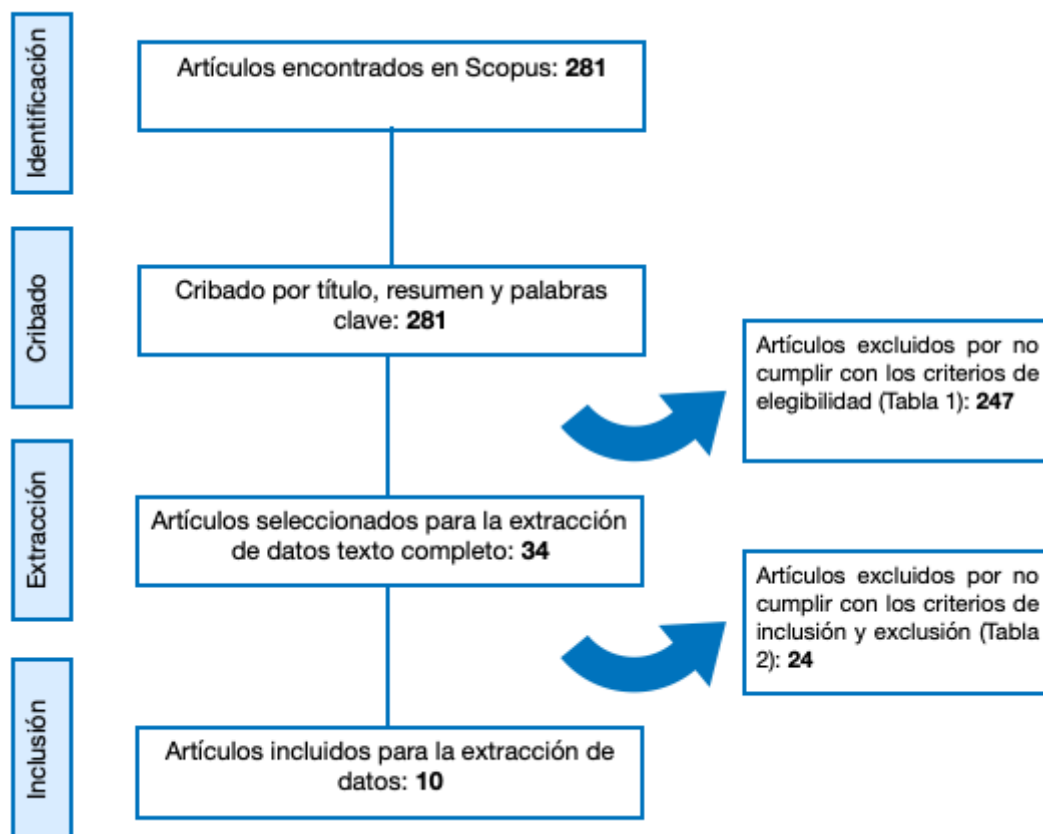
## 5. Resultados

Los resultados obtenidos en función de los criterios establecidos en la estrategia de búsqueda han sido los siguientes: “quercetin” AND “oxidation” AND “sports” (2 artículos), “quercetin AND “skeletal muscle” AND “sports” (0 artículos), “quercetin” AND “sports” (45 artículos), “quercetin” AND “skeletal muscle” (234 artículos), obteniéndose un total de 281 artículos.

En el cribado por pares y atendiendo a los criterios de elegibilidad de la tabla 1 se han descartado 247 artículos. Por tanto, se han seleccionado 34 artículos para la revisión completa del texto y proceder a la extracción de datos.

Durante la lectura en profundidad y atendiendo a los criterios de inclusión y exclusión presentes en la tabla 2, se han descartado 7 artículos por considerar el consumo esporádico e irregular con quercetina, 6 artículos por considerar la suplementación con quercetina y otro(s) compuesto(s), 3 por considerar la quercetina procedente de la dieta y no de la suplementación, 3 por no considerar un protocolo definido, 2 artículos por considerar el daño muscular no relacionado con el ejercicio físico, 2 porque los sujetos eran sedentarios y 1 artículo por considerar problemas de salud diagnosticados en los participantes. En consecuencia, se incluyeron un total de 10 artículos para la extracción de datos en esta revisión sistemática.

En la Figura 1 se refleja el diagrama de flujo PRISMA del cribado y selección de los artículos de manera sistematizada para la elaboración de esta revisión sistemática.



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA del cribado y selección de artículos. **Fuente:** elaboración propia.

La calidad de estos artículos se evaluó utilizando la escala PEDro<sup>(38)</sup>, lo que indicó que todos eran de alta calidad (Tabla 3).

Referencia	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criteria 11	Escala PEDro
MacRae et al. <sup>(41)</sup>	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9
Nieman et al. <sup>(42)</sup>	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9
Nieman et al. <sup>(43)</sup>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
McAnulty et al. <sup>(44)</sup>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Quindry et al. <sup>(45)</sup>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
Dumke et al. <sup>(46)</sup>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
Nieman et al. <sup>(47)</sup>	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	9
Davis et al. <sup>(48)</sup>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
Abbey et al. <sup>(49)</sup>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10

Konrad et al. <sup>(50)</sup>	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
-------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Tabla 3.** Análisis de la calidad de los artículos según la Escala PEDro. Por cada criterio cumplido, el estudio recibe una puntuación de 1 o 0 cuando el criterio no se cumple. **Fuente:** elaboración propia.

El artículo publicado en 2006 por MacRae et al., <sup>(41)</sup> investigó el efecto de la suplementación con antioxidantes y quercetina sobre el rendimiento en ciclismo de tiempo. El estudio incluyó a 12 ciclistas de élite masculinos que participaron en un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y de diseño cruzado. La intervención consistió en una suplementación diaria de 600 mg de quercetina, administrada en dos dosis de 300 mg cada una, acompañadas de comidas en la mañana y en la tarde o noche.

El estudio examinó específicamente el rendimiento en una prueba de ciclismo de 30 km y utilizó mediciones de gases expirados y la percepción subjetiva de esfuerzo para evaluar los efectos. Los resultados mostraron que la suplementación con quercetina mejoró significativamente el tiempo de realización de la prueba de 30 km, aumentando el poder de arrancada (watts) y la velocidad de los ciclistas, sin afectar significativamente la tasa de oxidación de carbohidratos y grasas, ni los indicadores de ritmo cardíaco y %VO<sub>2</sub>max. Además, no se reportaron efectos secundarios adversos, lo que sugiere que la suplementación fue bien tolerada.

El estudio realizado en 2007 por Nieman et al., <sup>(42)</sup> investigó el efecto de la suplementación de quercetina en ultramaratonistas que participaron en la Western States Endurance Run, una carrera de 160 km. El estudio involucró a 39 corredores, incluidos 32 hombres y 7 mujeres, quienes fueron asignados aleatoriamente a grupos de quercetina y placebo en un ensayo clínico doble ciego. Los participantes consumieron 1000 mg/día de quercetina durante tres semanas antes de la carrera y también en la mañana del evento.

El objetivo principal del estudio era evaluar el impacto de la quercetina sobre varios biomarcadores, incluyendo citocinas plasmáticas y mRNA de leucocitos, mediante análisis de sangre tomadas antes y después de la carrera. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el rendimiento entre los grupos de quercetina y placebo. Además, la suplementación no logró reducir significativamente la fatiga ni los marcadores de inflamación.

Aunque se administró una dosis alta de quercetina, esta no tuvo efectos apreciables en mitigar el daño muscular, las alteraciones en los niveles de citocinas plasmáticas, ni en la expresión de mRNA en leucocitos después de la ultramaratón. No se reportaron efectos secundarios adversos significativos, indicando que la suplementación fue bien tolerada.

Otro estudio realizado el mismo año por Nieman et al., <sup>(43)</sup> analizó los efectos de la suplementación con quercetina en 40 ciclistas entrenados masculinos. Los participantes fueron asignados aleatoriamente en un diseño doble ciego a grupos de quercetina o placebo. Durante tres semanas previas al período de ejercicio y durante los días de ejercicio, consumieron 1000 mg diarios de quercetina disuelta en agua antes de las comidas principales.

La intervención deportiva consistió en ciclismo durante tres horas diarias al 57% de su máxima potencia (W<sub>max</sub>) durante tres días consecutivos. Para evaluar los efectos de la suplementación, se recolectaron muestras de sangre y saliva antes y después del ejercicio. Estas muestras fueron

analizadas para determinar la actividad de las células Natural Killers (NK), la proliferación de linfocitos estimulada por actividad física, la actividad oxidativa de los polimorfonucleares, y la producción de IgA salival.

Los resultados del estudio no mostraron diferencias significativas en el rendimiento físico entre los grupos de quercetina y placebo. Además, no se observaron diferencias significativas en la fatiga ni en los marcadores de inflamación entre los grupos. Respecto a la seguridad, no se reportaron efectos secundarios adversos significativos asociados con la suplementación de quercetina.

El estudio realizado por McAnulty et al., en 2008 <sup>(44)</sup> investigó los efectos de la suplementación con quercetina en 40 ciclistas entrenados, todos hombres. El diseño del estudio fue un ensayo controlado con placebo, doble ciego. Durante seis semanas antes y durante los días de ejercicio, los participantes consumieron diariamente 1000 mg de quercetina en dos dosis de 500 mg cada una, disueltas en una bebida y tomadas antes de las comidas principales.

La intervención deportiva consistió en ciclismo a un 57% del trabajo máximo durante tres horas diarias a lo largo de tres días. Se realizaron análisis de sangre antes y después del ejercicio para evaluar varios biomarcadores de estrés oxidativo e inflamación, incluyendo F2-isoprostanes, la capacidad antioxidante del plasma (medida por FRAP y TEAC), proteína C-reactiva y nitritos.

Los resultados del estudio mostraron que, aunque los niveles de F2-isoprostanes, que indican peroxidación lipídica, y la proteína C-reactiva, un marcador de inflamación, aumentaron con el ejercicio, no hubo diferencias significativas entre los grupos que recibieron quercetina y los que recibieron placebo. De igual manera, la capacidad antioxidante del plasma no mostró mejoras significativas que pudieran atribuirse a la suplementación con quercetina. Además, no se reportaron mejoras significativas en el rendimiento ni se mencionaron efectos sobre la fatiga. Finalmente, no se reportaron efectos secundarios adversos asociados con la suplementación de quercetina.

El estudio realizado en 2008 por Quindry et al., <sup>(45)</sup> examinó la eficacia de la suplementación oral con quercetina como medida contra el estrés oxidativo en sangre durante una competición de ultramaratón. En este ensayo clínico doble ciego, 63 ultramaratonistas (15 mujeres y 48 hombres) participaron en la Western States Endurance Run, una carrera de 160 km. Los participantes recibieron quercetina en una dosis total de 1000 mg al día, administrada en forma de masticables suaves (250 mg, cuatro veces al día) durante tres semanas previas al evento y la mañana de la carrera.

La investigación se centró en medir la capacidad antioxidante del plasma y biomarcadores de daño oxidativo a través de análisis de sangre. Se evaluaron la capacidad de reducción del hierro del plasma (FRAP) y la capacidad antioxidante (TEAC), así como los isoprostanos F2 y proteínas carboniladas, indicadores de peroxidación lipídica y daño proteico, respectivamente.

Los resultados indicaron que la suplementación con quercetina no produjo cambios significativos en los marcadores evaluados. Tanto la FRAP como la TEAC, que miden la capacidad antioxidante del plasma, no mostraron alteraciones importantes que pudieran atribuirse a la suplementación con quercetina. Igualmente, los niveles de isoprostanos F2 y proteínas

carboniladas permanecieron inalterados, indicando que no hubo un impacto significativo en la peroxidación lipídica o el daño proteico debido a la suplementación. Además, el rendimiento de los atletas en la carrera no se vio afectado por la ingesta de quercetina. Tampoco se reportaron efectos secundarios adversos, demostrando que la quercetina es segura para su uso en este tipo de contextos, aunque su efectividad pueda ser limitada.

El estudio realizado en 2009 por Dumke et al., <sup>(46)</sup> evaluó los efectos de la suplementación con quercetina en 40 ciclistas entrenados masculinos. Este ensayo controlado, doble ciego, implicó la administración oral de 1000 mg de quercetina diarios, entregados en dos dosis de 500 mg mezclados en Tang, una bebida en polvo. Los participantes consumieron estas dosis antes de la primera y última comida del día durante tres semanas antes y durante el período del estudio.

La intervención deportiva consistió en ciclismo a un 57% de su máxima potencia durante tres horas al día, a lo largo de tres días consecutivos. Durante estas sesiones, se tomaron medidas metabólicas cada 30 minutos y se realizaron biopsias musculares del vasto lateral al inicio y al final del ejercicio en los días 1 y 3 para analizar el contenido de glucógeno muscular.

Los resultados del estudio indicaron que no hubo diferencias significativas en el rendimiento entre los grupos que recibieron quercetina y los que recibieron placebo. Además, no se observaron cambios significativos en los marcadores de inflamación ni en otros biomarcadores de estrés oxidativo como ROS o peroxidación lipídica. Tampoco se reportaron efectos secundarios adversos, lo que sugiere que la suplementación fue bien tolerada.

El estudio realizado en 2009 por Nieman et al., <sup>(47)</sup> investigó los efectos de la suplementación con quercetina, tanto sola como en combinación con epigallocatequina galato (EGCG), sobre el rendimiento deportivo, la biogénesis mitocondrial muscular y los cambios en medidas de inmunidad e inflamación en ciclistas entrenados antes y después de un período de ejercicio intenso de 3 días. En total, 39 ciclistas, incluyendo 32 hombres y 7 mujeres, participaron en este ensayo clínico controlado con placebo y doble ciego.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a grupos que recibieron placebo, quercetina (Q), o quercetina con EGCG (Q-EGCG) y consumieron los suplementos dos veces al día durante 2 semanas antes, durante, y una semana después del período de ejercicio. El régimen de ejercicio consistió en ciclismo durante 3 horas diarias al 57% de su capacidad máxima de trabajo (Wmax).

Los resultados del estudio mostraron que la suplementación de dos semanas resultó en un aumento significativo en los niveles plasmáticos de quercetina para los grupos Q y Q-EGCG. Inmediatamente después de la tercera sesión de ejercicio, se observaron disminuciones significativas en los niveles de proteína C-reactiva (CRP) y las interleucinas 6 y 10 (IL-6 e IL-10) en el grupo Q-EGCG en comparación con el grupo placebo. Además, se observaron reducciones en el factor estimulante de colonias de granulocitos y CRP en Q-EGCG 14 horas después del ejercicio.

No se encontraron diferencias grupales significativas en la expresión de mRNA muscular para los genes asociados con la biogénesis mitocondrial, como el receptor coactivador gamma activado por proliferadores de peroxisoma 1 alfa (PGC-1 $\alpha$ ), la citrato sintasa o el citocromo C.



En términos de seguridad, no se reportaron efectos secundarios adversos, indicando que la suplementación fue bien tolerada.

El estudio realizado en 2010 por Davis et al.,<sup>(48)</sup> evaluó los efectos de la suplementación con quercetina en la capacidad aeróbica y resistencia a la fatiga en individuos saludables, pero no altamente entrenados. La investigación involucró a 12 participantes, incluyendo 7 hombres y 5 mujeres, quienes fueron sometidos a un ensayo controlado, doble ciego, y con diseño crossover.

Durante el estudio, los participantes consumieron 500 mg de quercetina dos veces al día, antes del desayuno y de la cena, durante un período de 7 días. Se utilizaron pruebas de ejercicio graduado en bicicleta para medir el VO<sub>2</sub>max y también se evaluó el tiempo hasta la fatiga durante una prueba de resistencia en bicicleta.

Los resultados del estudio demostraron que la suplementación con quercetina estaba asociada con un incremento modesto del 3.9% en el VO<sub>2</sub>max y un aumento sustancial del 13.2% en el tiempo hasta la fatiga en comparación con el placebo. Estos hallazgos sugieren que incluso una corta duración de suplementación con quercetina puede mejorar significativamente la capacidad de resistencia en individuos no entrenados, sin requerir entrenamiento físico extenso. No se reportaron efectos secundarios adversos durante el estudio, lo que indica que la quercetina es segura para el consumo en las dosis administradas.

En 2011, Abbey et al.,<sup>(49)</sup> llevaron a cabo un estudio para evaluar los efectos de la suplementación con quercetina en el rendimiento de sprints repetidos y su impacto en la actividad de la xantina oxidasa (XO) y en los marcadores de inflamación. El estudio incluyó a 15 hombres jóvenes adultos entrenados en deportes de equipo, como el fútbol y el baloncesto.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a recibir quercetina o un placebo durante una semana, en un diseño de estudio doble ciego. La suplementación consistió en 1000 mg diarios de quercetina (500 mg dos veces al día), administrada en una bebida deportiva comercial que contenía 6% de carbohidratos. Se realizó un seguimiento de los efectos mediante pruebas de sprint repetidas, donde cada participante realizó 12 sprints de 30 metros.

Los resultados del estudio no mostraron mejoras significativas en el rendimiento de los sprints repetidos con la suplementación de quercetina. El porcentaje de decremento de fatiga fue mayor con la quercetina (5.1%) en comparación con el placebo (3.8%). Además, no se observaron diferencias significativas en la actividad de XO ni en los niveles del marcador inflamatorio IL-6 post-ejercicio. Tampoco se reportaron efectos secundarios adversos, indicando que la quercetina es segura en las dosis utilizadas, aunque su efectividad en este contexto específico de ejercicio es limitada.

El último estudio incluido en esta revisión sistemática se ha publicado en 2011 por Konrad et al.,<sup>(50)</sup>. Llevaron a cabo un estudio para evaluar los efectos antiinflamatorios y moduladores inmunitarios de una suplementación basada en quercetina en corredores de resistencia. Este estudio implicó a 22 corredores (11 hombres y 11 mujeres), quienes completaron dos carreras de 2 horas en cinta de correr al 70% de su VO<sub>2</sub>max, separadas por un intervalo de tres semanas.

Los participantes ingirieron cuatro chicles con 1000 mg de quercetina, o un placebo, 15 minutos antes del inicio de cada sesión de ejercicio. Además de quercetina, los chicles contenían 120 mg

de epigallocatequina 3-galato, 400 mg de isoquercetina, 400 mg de ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA), 1000 mg de vitamina C y 40 mg de niacinamida. Se tomaron muestras de sangre 30 minutos antes, inmediatamente después, y una hora después del ejercicio para analizar los niveles de quercetina en plasma, leucocitos totales, proteína C-reactiva, y nueve citocinas, así como la fagocitosis por granulocitos y monocitos y la actividad de estallido oxidativo.

Los resultados mostraron que la ingestión aguda de chicles de quercetina elevó significativamente los niveles de quercetina en plasma, pero no contrarrestó la inflamación postejercicio ni los cambios inmunes en comparación con el placebo. A pesar de los significativos aumentos en CRP, IL-1 $\beta$ , IL-2, IL-6, IL-8, IL-10, TNF $\alpha$ , y GM-CSF inducidos por el ejercicio, no se observaron diferencias en los patrones de cambio entre los ensayos con quercetina y placebo. Adicionalmente, no hubo diferencias en el rendimiento durante la prueba de tiempo realizada al final de la carga de ejercicio.

Este estudio concluye que, aunque la suplementación aguda con quercetina puede aumentar los niveles de plasma de este flavonoide, no proporciona beneficios inmediatos en términos de reducción de la inflamación o modificación de la respuesta inmune después del ejercicio intenso. No se reportaron efectos secundarios adversos, indicando que la quercetina es segura para el consumo bajo estas condiciones, pero su efectividad podría requerir un período de carga más largo o dosis repetidas para influir significativamente en la función inmune y la inflamación en atletas entrenados.

En la tabla 4 se detallan las características de los participantes incluidos en los artículos considerados para esta revisión sistemática, el tipo de ensayo clínico, el tipo de intervención y la información correspondiente a la dosis, forma de administración y pauta de administración de la quercetina.

Año de Publicación	Primer Autor	Número de Participantes (por sexo)	Tipo de Estudio	Tipo de Deportista	Tipo de Intervención Deportiva	Dosis de Quercetina	Forma de Administración	Pauta de Administración
2006	MacRae et al. <sup>(41)</sup>	12 ciclistas (todos hombres)	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego de diseño cruzado	Ciclistas de élite	Prueba de tiempo en ciclismo de 30 km	600 mg/día (300 mg por cada una de las dosis diarias).	Oral (bebida líquida)	Dos dosis diarias con comidas
2007	Nieman et al. <sup>(42)</sup>	39 (32 hombres, 7 mujeres)	Ensayo doble ciego controlado con placebo	Ultramaratonistas	Competencia de ultramaratón de 160 km	1000 mg/día	Oral	Tres semanas antes y la mañana del evento
2007	Nieman et al. <sup>(43)</sup>	40 ciclistas (todos hombres)	Ensayo controlado con placebo, doble ciego	Ciclistas	3 horas de ciclismo al 57% de Wmax por 3 días	1000 mg/día	Oral (mezcla en polvo)	Antes de las comidas durante 3 semanas
2008	McAnulty et al. <sup>(44)</sup>	40 ciclistas (todos hombres)	Ensayo controlado con placebo, doble ciego	Ciclistas	Ciclismo al 57% del trabajo máximo por 3 días	1000 mg/día	Oral (suplemento en polvo)	Dos dosis diarias antes de comidas
2008	Quindry et al. <sup>(45)</sup>	63 (15 mujeres y 48 hombres)	Ensayo clínico, doble ciego	Ultramaratonistas	Carrera de ultramaratón 160 Km	1000 mg/día (250 mg, 4 veces/día)	Oral (masticables)	3 semanas antes y la mañana del evento (2 masticables antes del desayuno y 2 antes de la cena).
2009	Dumke et al. <sup>(46)</sup>	40 ciclistas hombres	Ensayo clínico controlado, doble ciego	Ciclistas	Ciclismo durante 3 horas al día al 57% de Wmax	1000 mg/día	Oral	Dos veces al día, 3 semanas antes y después

2009	Nieman et al. <sup>(47)</sup>	39 (32 hombres, 7 mujeres)	Ensayo controlado, doble ciego	Ciclistas	Ciclismo durante 3 horas al día al 57% de Wmax	1000 mg/día	Oral (masticable)	Dos veces al día, 2 semanas antes, durante y 1 semana después
2010	Davis et al. <sup>(48)</sup>	12 (7 hombres y 5 mujeres)	Ensayo controlado, doble ciego	Deportistas	Pruebas de resistencia en bicicleta	500 mg/día	Oral	Dos veces al día, desayuno y cena, durante 7 días
2011	Abbey et al. <sup>(49)</sup>	15 hombres	Ensayo controlado con doble ciego	Deportes de equipo	Pruebas de sprint repetidas	1000 mg (500 mg 2 veces al día)	Oral (bebida)	2 veces al día durante una semana
2011	Konrad et al. <sup>(50)</sup>	22 corredores	Ensayo cruzado, controlado, con placebo y doble ciego	Corredores de resistencia	Carrera en cinta de correr durante 2 horas al 70% de VO2max	1000 mg/día repartidos en 4 chicles	Oral (masticables chicles)	15 minutos antes del ejercicio

**Tabla 4.** Características de los participantes, tipo de estudios, deportistas, intervención deportiva, y dosis, forma y pautas de administración de la quercetina en los estudios incluidos en la revisión bibliográfica. **Fuente:** elaboración propia.

En la tabla 5 se detallan los resultados obtenidos en cada ensayo clínico realizado y correspondiente a cada estudio considerado en esta revisión sistemática.

Año de Publicación	Primer Autor	Análisis realizados	Resultados Observados (Capacidad Antioxidante)	Efectos Moleculares y Celulares	Efectos sobre Rendimiento y Fatiga	Efetos sobre el Músculo
2006	MacRae et al. <sup>(41)</sup>	Medidas de rendimiento en ciclismo, análisis de gases expirados	N/A	N/A	Mejora en el tiempo de realización de 30 km en bicicleta	N/A
2007	Nieman et al. <sup>(42)</sup>	Análisis de sangre para evaluar citocinas plasmáticas y otras variables	N/A	No se observaron diferencias significativas en inflamación medida a través de IL-6	No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento	N/A
2007	Nieman et al. <sup>(43)</sup>	Análisis de sangre y saliva para medidas de estrés oxidativo e inflamación	N/A	No se atenuó la inflamación ni el estrés oxidativo significativamente	No mejora en el rendimiento; no reducción en la fatiga	N/A
2008	McAnulty et al. <sup>(44)</sup>	Análisis de sangre para biomarcadores de estrés oxidativo	No se observaron diferencias significativas	No se observaron diferencias significativas en capacidad antioxidante	No se observaron diferencias significativas en el rendimiento	N/A
2008	Quindry et al. <sup>(45)</sup>	Análisis de sangre para biomarcadores de estrés oxidativo	N/A	N/A	No mejoras significativas en el rendimiento	N/A
2009	Dumke et al. <sup>(46)</sup>	Análisis y biopsias musculares	N/A	No mejoras en marcadores inflamatorios o de estrés oxidativo	No mejoras en el rendimiento	N/A
2009	Nieman et al. <sup>(47)</sup>	Análisis de sangre y saliva y biopsias musculares	N/A	Reducción de proteína C reactiva, IL-6 e IL-10	N/A	N/A
2010	Davis et al. <sup>(48)</sup>	Medidas de VO2 Max y medida del tiempo de fatiga	N/A	N/A	Incremento en la resistencia a la fatiga un 13,2%. Incremento del VO2 Max del 3,9% comparado con placebo.	N/A
2011	Abbey et al. <sup>(49)</sup>	Análisis de sangre para medir actividad de xantina oxidasa y marcadores inflamatorios	No se han observado diferencias significativas	No se observaron diferencias significativas en la respuesta inmunológica ni inflamatoria	No se observaron diferencias significativas en el rendimiento. Decremento de fatiga del 5,1% en comparación con placebo (3,8%)	N/A
2011	Konrad et al. <sup>(50)</sup>	Análisis de sangre para citocinas,	Sin diferencias significativas	No reducción significativa en la inflamación o los	No se observaron diferencias	N/A

		actividad de fagocitosis.		marcadores de estrés oxidativo	significativas en el rendimiento	
--	--	---------------------------	--	--------------------------------	----------------------------------	--

**Tabla 5.** Principales resultados obtenidos en los artículos incluidos en la revisión sistemática.

**Fuente:** elaboración propia.

## 6. Discusión

### 6.1. Concentración de enzimas con actividad antioxidante

La suplementación con 1000 mg/día de quercetina en ultramaratonistas durante tres semanas no produjo diferencias significativas en la concentración de proteína C reactiva, IL-6 o IL-10 con respecto al grupo placebo <sup>(42)</sup>, al igual que en ciclistas entrenados <sup>(43, 47)</sup>. En otros estudios se ha observado un aumento en la peroxidación lipídica y la proteína C-reativa con el ejercicio, pero no hubo diferencias significativas entre el grupo de quercetina y el placebo en términos de capacidad antioxidante plasmática <sup>(44, 45)</sup>.

Por otro lado, se ha evaluado el impacto de la suplementación a corto plazo con quercetina en la sensibilidad a la insulina post-ejercicio, la capacidad antioxidante y el tiempo de agotamiento en adultos sanos no entrenados <sup>(51)</sup>. A los participantes se les ha administrado quercetina siete días y se ha observado una mejoría en la capacidad antioxidante total y la actividad de superóxido dismutasa (SOD), así como, una reducción en los marcadores de daño muscular (CK y mioglobina). Esto se ha traducido también en un mayor tiempo hasta la aparición de fatiga durante la práctica de ejercicio de alta intensidad. Estos hallazgos sugieren que la quercetina puede tener un efecto positivo en la capacidad antioxidante y el rendimiento físico en condiciones específicas en una población no entrenada pero activa físicamente <sup>(51)</sup>.

En modelos animales se observa que la quercetina puede potenciar las defensas antioxidantes endógenas y reducir el estrés oxidativo, aumentando significativamente la actividad de catalasa (CAT) y los niveles de glutatión (GSH), dos importantes enzimas antioxidantes, además de reducir los niveles de malondialdehído (MDA), un marcador de daño oxidativo <sup>(52)</sup>.

#### 6.1.2. Peroxidación lipídica

En general, los autores incluidos en esta revisión han empleado dosis bajas de máximo 1000 mg/día de quercetina, administradas durante periodos relativamente cortos, de máximo tres semanas <sup>(42 – 44, 47)</sup>, mostrando resultados heterogéneos en función de la dosis y la duración del estudio. La suplementación con quercetina no redujo significativamente la peroxidación lipídica, medida a través de biomarcadores como el malondialdehído (MDA), en comparación con el grupo placebo <sup>(42, 43, 47)</sup>. Por otro lado, evaluando los efectos de la quercetina en ciclistas entrenados se ha encontrado que, aunque los niveles de F2-isoprostanos (indicadores de peroxidación lipídica) aumentaron con el ejercicio, no hubo diferencias significativas entre el grupo de quercetina y el placebo <sup>(44)</sup>. En línea con estos hallazgos, tampoco se observaron cambios significativos en los niveles de F2-isoprostanos y proteínas carboniladas, otros marcadores de peroxidación lipídica y daño proteico, en ultramaratonistas tras la suplementación con quercetina <sup>(45)</sup>.

En contraste, otro estudio encontró que la suplementación con quercetina durante siete días mejoró significativamente la capacidad antioxidante total (TAC) y redujo los niveles de malondialdehído (MDA) en participantes sanos no entrenados, sugiriendo una reducción significativa de la peroxidación lipídica tras el ejercicio físico intenso <sup>(51)</sup>.

Por otro lado, los estudios incluidos en esta revisión evaluaron los efectos de la quercetina de forma aislada, lo que podría limitar su efectividad debido a la falta de sinergias con otros compuestos bioactivos. El análisis de los efectos de la suplementación con quercetina y vitamina D en el rendimiento físico y el estado antioxidante en adultos físicamente activos mostraron que, hubo una mejora significativa en los niveles de malondialdehído (indicador de estrés oxidativo) en el grupo de quercetina en comparación con el placebo, aunque esta mejora no se tradujo en un aumento significativo del rendimiento cardiorrespiratorio o la función muscular <sup>(53)</sup>. Esto sugiere que, si bien la quercetina puede reducir el estrés oxidativo, su impacto en el rendimiento físico puede ser limitado sin la combinación de otros suplementos. Por tanto, se deduce de este estudio que la combinación de quercetina con otros nutrientes, como la vitamina D, puede potenciar los efectos antioxidantes y antiinflamatorios <sup>(53)</sup>.

También, es probable que la población de cada estudio incluido en esta revisión tuviera un estado antioxidante diferente al inicio de este, lo que podría limitar el potencial de mejora con la suplementación de quercetina y conllevaría a resultados heterogéneos. Se ha propuesto que los beneficios de la quercetina pueden ser más pronunciados en individuos con deficiencias antioxidantes preexistentes, lo que sugiere que el estado inicial de los participantes juega un papel crucial en la efectividad de la suplementación <sup>(53)</sup>.

## **6.2. Rendimiento deportivo y resistencia a la fatiga muscular**

La suplementación con quercetina en individuos sanos, pero no altamente entrenados, aumentó un 3,9 % en el VO<sub>2</sub>max y un 13,2 % en el tiempo hasta la fatiga en comparación con el placebo, sugiriendo una mejora en la capacidad de resistencia <sup>(48)</sup>. Sin embargo, otros estudios no mostraron mejoras significativas en el rendimiento físico ni en la resistencia a la fatiga en comparación con el placebo <sup>(42-47)</sup>.

La suplementación con quercetina durante 14 días mejoró significativamente la recuperación de la función neuromuscular y redujo la pérdida de fuerza tras un ejercicio excéntrico intenso <sup>(54)</sup>. Esta investigación se ha centrado en ejercicios específicos como el daño muscular inducido por ejercicios excéntricos, lo que podría ser más sensible a las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de la quercetina <sup>(54)</sup>. Los participantes que recibieron quercetina mostraron una menor disminución en la fuerza muscular y una reducción en los biomarcadores de daño muscular comparados con el grupo placebo. Además, en otro estudio, los resultados indicaron que la quercetina mejoró significativamente el tiempo hasta la fatiga y aumentó la capacidad antioxidante total, sugiriendo también beneficios en la resistencia al ejercicio <sup>(51)</sup>.

Por otro lado, también se ha observado que la suplementación con quercetina no mejoró el rendimiento en esprints repetidos y fue peor que el placebo cuando se expresó como porcentaje de decremento de fatiga <sup>(49)</sup>. Además, no se observó atenuación de los indicadores de actividad de xantina oxidasa o IL-6, un marcador de la respuesta inflamatoria después del ejercicio de sprint.

También, se investigaron los efectos de seis semanas de suplementación con quercetina en el rendimiento físico durante el entrenamiento físico militar <sup>(55)</sup>. Los resultados mostraron que, aunque hubo algunas mejoras en el rendimiento y en la reducción de la fatiga, las diferencias no fueron significativamente superiores al placebo.

La cantidad de quercetina y el período de suplementación varían entre los estudios. Mientras algunos usaron dosis de 1000 mg/día durante periodos cortos (7-14 días), otros extendieron la suplementación hasta seis semanas o más, lo que puede influir en los resultados porque podría proporcionar un tiempo suficiente para observar efectos significativos <sup>(55)</sup>. Además, variaciones en la dosis diaria y el régimen de suplementación con o sin otros suplementos podrían influir en estos resultados.

### **6.3. Efectos sobre la inflamación y la recuperación muscular**

No se observaron diferencias significativas en los niveles de proteína C-reactiva y las interleucinas 6 y 10 (IL-6 e IL-10) entre los grupos que recibieron quercetina y placebo y la suplementación con quercetina no logró reducir la inflamación postejercicio <sup>(42, 43, 47)</sup>.

En otros estudios tampoco se han observado diferencias significativas entre los grupos de quercetina y placebo, sugiriendo que la quercetina no moduló significativamente la inflamación postejercicio <sup>(44, 45, 49)</sup>.

Por el contrario, otros autores sugieren una reducción en los biomarcadores de daño muscular junto a un efecto positivo en la modulación de la inflamación tras una suplementación con quercetina durante 14 días que mejoró la recuperación de la función neuromuscular <sup>(54)</sup>.

Cabe destacar que los estudios incluidos en esta revisión involucraron diferentes tipos de ejercicio y poblaciones, por tanto, la respuesta a la suplementación con quercetina puede variar según el tipo de ejercicio y la población estudiada.

Estos resultados se han observado también en otras revisiones sistemáticas y meta-análisis que recalcan que la suplementación con quercetina aceleró la recuperación de la función muscular y disminuyó significativamente el dolor muscular y los niveles de creatina quinasa (CK) después del ejercicio, aunque no tuvo un efecto significativo en los niveles de IL-6 <sup>(56)</sup> y que, aunque la quercetina tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, la evidencia sobre su efectividad para reducir la inflamación postejercicio y mejorar la recuperación es aún mixta y se necesitan más estudios clínicos para conclusiones definitivas <sup>(57)</sup>.

## **7. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación**

La quercetina se presenta como un suplemento prometedor para mejorar la capacidad antioxidante, reducir el daño muscular y acelerar la recuperación post-ejercicio, especialmente en individuos no entrenados o con bajo nivel de antioxidantes <sup>(51)</sup>. La combinación con otros suplementos también podría maximizar sus beneficios, ofreciendo una estrategia eficaz para mejorar la salud y el rendimiento físico.

## 7.1. Aplicabilidad

La quercetina podría mejorar significativamente la recuperación de la función neuromuscular y reducir la pérdida de fuerza tras ejercicios excéntricos intensos <sup>(54)</sup>. Esto puede ser particularmente útil para deportistas que participan en actividades físicas que implican un alto grado de esfuerzo muscular y que requieren una rápida recuperación para mantener su rendimiento. La suplementación con quercetina podría ser recomendada como parte de la estrategia de recuperación post-entrenamiento o post-competición.

Por otro lado, la combinación de quercetina con otros nutrientes, como la vitamina D, ha mostrado potencial para potenciar los efectos antioxidantes y antiinflamatorios <sup>(53)</sup>. Esto sugiere que la quercetina podría ser más efectiva cuando se utiliza en combinación con otros suplementos, proporcionando un enfoque más holístico para mejorar la salud y el rendimiento físico.

Dado que los beneficios de la quercetina pueden ser más pronunciados en individuos con deficiencias antioxidantes preexistentes, se podría considerar su uso en personas con una dieta deficiente en antioxidantes o con condiciones que aumenten el estrés oxidativo <sup>(51, 53)</sup>. La quercetina podría ser un complemento eficaz para mejorar su estado antioxidante y mitigar los efectos del estrés oxidativo.

## 7.2. Nuevas líneas de investigación

Los hallazgos de esta revisión sugieren que la quercetina puede tener un efecto positivo en la capacidad antioxidante y el rendimiento físico en condiciones específicas en una población no entrenada pero activa físicamente <sup>(51)</sup>. Por ello, sería conveniente investigar el impacto de la quercetina combinada con la vitamina D, para evaluar si esta combinación potencia los efectos antioxidantes y antiinflamatorios de manera más efectiva que la quercetina sola.

Además, es crucial considerar el estado antioxidante inicial de los participantes. Futuros estudios deberían estratificar a los participantes según sus niveles antioxidantes basales para determinar si aquellos con deficiencias antioxidantes preexistentes obtienen mayores beneficios de la suplementación con quercetina. Esto podría permitir identificar subgrupos de población que podrían beneficiarse más significativamente de los efectos antioxidantes de la quercetina.

Otra área prometedora para la investigación es el uso de quercetina en ejercicios específicos, como los ejercicios excéntricos, que inducen un alto grado de daño muscular <sup>(54)</sup>. Se deben realizar estudios para evaluar si estos ejercicios son más sensibles a las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de la quercetina.

Asimismo, la variabilidad en la dosis y la duración de la suplementación observada en estudios previos sugiere la necesidad de investigaciones que estandaricen estos parámetros. Estudios longitudinales con diferentes dosis y períodos de suplementación (a corto y largo plazo) permitirían determinar el régimen más efectivo para mejorar el rendimiento físico y la capacidad antioxidante.

Por último, algunos estudios han observado una reducción en los biomarcadores de daño muscular y una mejora en la recuperación de la función neuromuscular con la suplementación

de quercetina durante 14 días <sup>(54)</sup>. Sería pertinente realizar ensayos clínicos más extensos y con mayor número de participantes para confirmar estos efectos y entender mejor los mecanismos subyacentes. Estos ensayos podrían incluir medidas adicionales de rendimiento físico y recuperación muscular para proporcionar una comprensión más completa de los beneficios potenciales de la quercetina.

### **7.3. Limitaciones**

Los estudios incluidos en esta revisión sistemática abarcan diferentes metodologías lo que puede dificultar la comparación directa de los resultados y la extracción de conclusiones definitivas. La variabilidad en el número de participantes entre los estudios es otra limitación importante, ya que estudios con muestras pequeñas pueden no tener la potencia estadística necesaria para detectar efectos significativos.

Los diferentes protocolos de suplementación y las variadas modalidades deportivas incluidas en la revisión introducen otro nivel de complejidad. La respuesta a la suplementación con quercetina puede variar según el tipo de ejercicio y la intensidad del mismo, lo que sugiere que los resultados observados en un tipo de deporte pueden no ser aplicables a otros. Además, la inclusión de estudios que evalúan tanto a hombres como a mujeres sin diferenciar adecuadamente los resultados por sexo podría ocultar diferencias importantes en la respuesta a la quercetina. Las diferencias fisiológicas y hormonales entre hombres y mujeres pueden influir en cómo se metaboliza y se responde a la quercetina, y la falta de análisis desagregados por género limita la aplicabilidad de los resultados a cada grupo.

Por último, la heterogeneidad en el estado antioxidante inicial de los participantes podría limitar el potencial de mejora observado con la suplementación de quercetina. Estudios que no controlan adecuadamente esta variable pueden producir resultados heterogéneos, ya que los beneficios de la quercetina pueden ser más pronunciados en individuos con deficiencias antioxidantes preexistentes.

## **8. Conclusiones**

La quercetina puede tener un efecto positivo en la capacidad antioxidante y el rendimiento físico en una población no entrenada pero activa físicamente. Podría mejorar significativamente la capacidad antioxidante total en participantes sanos no entrenados, favoreciendo una reducción significativa de la peroxidación lipídica.

La combinación de quercetina con la vitamina D potencia los efectos antioxidantes y antiinflamatorios de la quercetina, mejorando con ello el rendimiento deportivo, aunque hay que realizar ensayos clínicos diseñados para ello.

No se han observado efectos tóxicos en las dosis administradas de quercetina durante los ensayos clínicos en deportistas, por tanto, se considera que este compuesto es seguro.

La quercetina podría mejorar significativamente la recuperación de la función neuromuscular y reducir la pérdida de fuerza tras ejercicios excéntricos intensos, aunque no se han visto resultados concluyentes en otro tipo de ejercicios.



## 9. Bibliografía

1. Chai YC., et al. Glutathione and Glutaredoxin—Key Players in Cellular Redox Homeostasis and Signaling. *Antioxidants*. 2023; 12(8): 1553. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/antiox12081553>
2. Hong Y., et al. Reactive Oxygen Species Signaling and Oxidative Stress: Transcriptional Regulation and Evolution. *Antioxidants*. 2024; 13(3): 312. Doi: 10.3390/antiox13030312
3. Remigante A., et al. Redox Homeostasis and Antioxidant Strategies in the Pathophysiology. *Antioxidants*. 2024; 13(3): 281. Doi: 10.3390/antiox13030281
4. Sawada Y., et al. Effects of High-Intensity Anaerobic Exercise on the Scavenging Activity of Various Reactive Oxygen Species and Free Radicals in Athletes. *Nutrients*. 2023; 15(1): 222. Doi: <https://doi.org/10.3390/nu15010222>
5. Balasaheb Nimse S., et al. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *Royal Society of Chemistry*. 2015; 5: 27986 – 28006. Doi: 10.1039/C4RA13315C
6. Broxton CN., et al. SOD Enzymes and Microbial Pathogens: Surviving the Oxidative Storm of Infection. *PLOS Pathogens*. 2016; 12(1): e1005295. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005295>
7. Tirichen H., et al. Mitochondrial Reactive Oxygen Species and Their Contribution in Chronic Kidney Disease Progression Through Oxidative Stress. *Frontiers*. 2021; 12. Doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.627837>
8. Lou W., et al. Overexpression of GPX3, a potential biomarker for diagnosis and prognosis of breast cancer, inhibits progression of breast cancer cells in vitro. *Cancer Cell International*. 2020; 20:378. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12935-020-01466-7>
9. Nandi A., et al. Role of Catalase in Oxidative Stress- and Age-Associated Degenerative Diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2019; 9613090. Doi: 10.1155/2019/9613090
10. Shcholak T., et al. Insights into the Multifaceted Roles of Thioredoxin-1 System: Exploring Knockout Murine Models. *Biology*. 2024; 13(3): 180. Doi: <https://doi.org/10.3390/biology13030180>
11. Oberacker T., et al. The Importance of Thioredoxin-1 in Health and Disease. *Antioxidants*. 2023; 12(5): 1078. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12051078>
12. Perkins A., et al. Peroxiredoxins: Guardians Against Oxidative Stress and Modulators of Peroxide Signaling. *Trends Biochem Sci*. 2015; 40(8): 435 – 445. Doi: 10.1016/j.tibs.2015.05.001
13. Poole LB., et al. Overview of Peroxiredoxins in oxidant defense and redox regulation. *Curr Protoc Toxicol*. 2011; Unit 7.9. Doi: 10.1002/0471140856.tx0709s49

14. Simioni C., et al. Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. *Oncotarget*. 9(24): 17181–17198. Doi: 10.18632/oncotarget.24729
15. Averill-Bates DA. The antioxidant glutathione. *Vitam Horm*. 2023; 121: 109-141. Doi: 10.1016/bs.vh.2022.09.002.
16. McDermott GP., et al. Determination of intracellular glutathione and glutathione disulfide using high performance liquid chromatography with acidic potassium permanganate chemiluminescence detection. *Analyst*. 2011; 136, 2578. Doi: 10.1039/c1an00004g
17. Wan JJ., et al. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med*. 2017; 49(10): e384. Doi: 10.1038/emm.2017.194
18. He F., et al. Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise. *Frontiers in Physiology*. 2016; 7: 486. Doi: 10.3389/fphys.2016.00486
19. Clausen T. Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> Pump Regulation and Skeletal Muscle Contractility. *Physiological Reviews*. 2003; 83(4): 1269 – 1324. Doi: <https://doi.org/10.1152/physrev.00011.2003>
20. Di Meo S., et al. Mediators of Physical Activity Protection against ROS-Linked Skeletal Muscle Damage. *Int J Mol Sci*. 2019; 20(12): 3024. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20123024>
21. He L., et al. Antioxidants Maintain Cellular Redox Homeostasis by Elimination of Reactive Oxygen Species. *Cellular Physiology and Biochemistry*. 2017; 44(2): 532 – 553. Doi: <https://doi.org/10.1159/000485089>
22. Supruniuk E., et al. Endogenous and Exogenous Antioxidants in Skeletal Muscle Fatigue Development during Exercise. *Antioxidants*. 2023; 12(2): 501. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12020501>
23. Bouayed J., et al. Exogenous antioxidants—Double-edged swords in cellular redox state. *Oxid Med Cell Longev*. 2010; 3(4): 228 – 237. Doi: 10.4161/oxim.3.4.12858
24. Clemente-Suárez VJ., et al. Antioxidants and Sports Performance. *Nutrients*. 2023; 15(10): 2371. Doi: 10.3390/nu15102371
25. Rudrapal M., et al. Dietary Polyphenols and Their Role in Oxidative Stress-Induced Human Diseases: Insights Into Protective Effects, Antioxidant Potentials and Mechanism(s) of Action. *Frontiers*. 2022; 13. Doi: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.806470>
26. Roy A., et al. Flavonoids a Bioactive Compound from Medicinal Plants and Its Therapeutic Applications. *Biomed Res Int*. 2022; 2022: 5445291. Doi: 10.1155/2022/5445291

27. Mutha RE., et al. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview. *Futur J Pharm Sci.* 2021; 7(1): 25. Doi: 10.1186/s43094-020-00161-8
28. Mirza MA., et al. Quercetin as a Therapeutic Product: Evaluation of Its Pharmacological Action and Clinical Applications—A Review. *Pharmaceuticals (Basel).* 2023; 16(11): 1631. Doi: 10.3390/ph16111631
29. Petersen B., et al. Bioavailability of quercetin in humans and the influence of food matrix comparing quercetin capsules and different apple sources. *Food Research International.* 88(Pt A). Doi: 10.1016/j.foodres.2016.02.013
30. Li Y., et al. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients.* 2016; 8(3): 167. Doi: 10.3390/nu8030167
31. Qi W., et al. Quercetin: Its Antioxidant Mechanism, Antibacterial Properties and Potential Application in Prevention and Control of Toxipathy. *Molecules.* 2022; 27(19): 6545. Doi: 10.3390/molecules27196545
32. Giuliani C. The Flavonoid Quercetin Induces AP-1 Activation in FRTL-5 Thyroid Cells. *Antioxidants(Basel).* 2019; 8(5): 112. Doi: 10.3390/antiox8050112
33. Wicinski M., et al. Natural Phytochemicals as SIRT Activators—Focus on Potential Biochemical Mechanisms. *Nutrients.* 2023; 15(16): 3578. Doi: 10.3390/nu15163578
34. Slámová K., et al. “Sweet Flavonoids”: Glycosidase-Catalyzed Modifications. *Int J Mol Sci.* 2018; 19(7): 2126. Doi: 10.3390/ijms19072126
35. Ullah H., et al. In Vitro Bioaccessibility and Anti-Inflammatory Activity of a Chemically Characterized *Allium cepa* L. Extract Rich in Quercetin Derivatives Optimized by the Design of Experiments. *Molecules.* 2022; 27(24): 9065. Doi: 10.3390/molecules27249065
36. Aghababaei F., et al. Recent Advances in Potential Health Benefits of Quercetin. *Pharmaceuticals.* 2023; 16(7): 1020. Doi: 10.3390/ph16071020
37. Andres S., et al. Safety Aspects of the Use of Quercetin as a Dietary Supplement. *Mol Nutr Food Res.* 2018; 62(1). Doi: 10.1002/mnfr.201700447.
38. Sherrington C., et al. PEDro. A database of randomized trials and systematic reviews in physiotherapy. *Physiotherapy.* 2000;86(12):537-541. Disponible en: <https://pedro.org.au/>
39. De Morton N.A. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: A demographic study. *Aust. J. Physiother.* 2009;55:129–133. doi: 10.1016/S0004-9514(09)70043-1.

40. Maher C.G., Sherrington C., Herbert R.D., Moseley A.M., Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Phys. Ther.* 2003;83:713–721. doi: 10.1093/ptj/83.8.713.
41. MacRae SH., et al. Dietary Antioxidant Supplementation Combined with Quercetin Improves Cycling Time Trial Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2006. 16(4): 405 – 419. Doi: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.16.4.405>
42. Nieman DC, et al. Quercetin Ingestion Does Not Alter Cytokine Changes in Athletes Competing in the Western States Endurance Run. *Journal of Interferon & Cytokine Research.* 2007;27(11):1003–1011. DOI: 10.1089/jir.2007.0050.
43. Nieman DC, et al. Quercetin Reduces Illness but Not Immune Perturbations after Intensive Exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(9):1561-1569. DOI: 10.1249/mss.0b013e318076b566.
44. McAnulty SR, et al. Chronic quercetin ingestion and exercise-induced oxidative damage and inflammation. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33:254-262. DOI: 10.1139/H07-177.
45. Quindry JC, et al. Oral Quercetin Supplementation and Blood Oxidative Capacity in Response to Ultramarathon Competition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2008;18(6):601-616. Doi: doi: 10.1123/ijsnem.18.6.601.
46. Dumke CL, et al. Quercetin's Effect on Cycling Efficiency and Substrate Utilization. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34:993–1000. DOI: 10.1139/H09-099.
47. Nieman DC, et al. Quercetin and EGCG on Mitochondrial Biogenesis and Immunity. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(7):1467-1475. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318199491f.
48. Davis JM, et al. Quercetin Increases VO<sub>2</sub>max and Endurance Capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2010;20(1): 56-62. Doi: 10.1123/ijsnem.20.1.56
49. Abbey EL, et al. Effect of Quercetin Supplementation on Repeated-Sprint Performance, Xanthine Oxidase Activity, and Inflammation. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2011;21:91-96. Doi: 10.1123/ijsnem.21.2.91
50. Konrad M, et al. The Acute Effect of Ingesting a Quercetin-Based Supplement on Exercise-Induced Inflammation and Immune Changes in Runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2011;21(4) :338-346. Doi: 10.1123/ijsnem.21.4.338
51. Tsao JP., et al. Short-Term Oral Quercetin Supplementation Improves Post-exercise Insulin Sensitivity, Antioxidant Capacity and Enhances Subsequent Cycling Time to

- Exhaustion in Healthy Adults: A Pilot Study. *Frontiers*. 2022; 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.875319>
52. Zhu C., et al. Effect of quercetin on muscle growth and antioxidant status of the dark sleeper *Odontobutis potamophila*. *Frontiers*. 2022; 13. Doi: <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.938526>
53. Scholten SD. Vitamin D and Antioxidant Quercetin Effects on Muscular and Cardiorespiratory Performance in Physically Active Adults. South Dakota State University. 2015. Disponible en: <https://openprairie.sdstate.edu/etd/1884/>
54. Bazzucchi I., et al. Quercetin Supplementation Improves Neuromuscular Function Recovery from Muscle Damage. *Nutrients*. 2020; 12(9). Doi: <https://doi.org/10.3390/nu12092850>
55. Bigelman KA., et al. Effects of 6 Weeks of Quercetin Supplementation on Energy, Fatigue, and Sleep in ROTC Cadets. *Military Medicine*. 2011; 176(5): 565 – 572. Doi: <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-09-00230>
56. Rojano-Ortega D., et al. Quercetin supplementation promotes recovery after exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biology of Sport*. 2023; 40(3): 813 – 825. Doi: [10.5114/biolsport.2023.121320](https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.121320)
57. O'Connor E., et al. Nutritional Compounds to Improve Post-Exercise Recovery. *Nutrients*. 2022; 14(23). Doi: <https://doi.org/10.3390/nu14235069>