



## TÍTULO

**EJERCICIO FÍSICO, RADICALES LIBRES Y ESTRÉS OXIDATIVO.  
SUPLEMENTACIÓN CON ANTIOXIDANTES NATURALES DERIVADOS  
DEL CONSUMO DE ARÁNDANOS**

## AUTORA

**María del Mar Godoy Martínez**

	<b>Esta edición electrónica ha sido realizada en 2024</b>
<b>Tutor</b>	Dr. D. Miguel Cabezas Andreu
<b>Instituciones</b>	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad Pablo de Olavide
<b>Curso</b>	<i>Máster Oficial Interuniversitario en Actividad Física y Salud (2014/15)</i>
©	María del Mar Godoy Martínez
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
<b>Fecha documento</b>	2023



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas  
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



**EJERCICIO FÍSICO, RADICALES LIBRES Y ESTRÉS OXIDATIVO.  
SUPLEMENTACIÓN CON ANTIOXIDANTES NATURALES  
DERIVADOS DEL CONSUMO DE ARÁNDANOS**

Trabajo de Fin de Master presentado para optar al Título de Master Universitario en Actividad Física y Salud por María del Mar Godoy Martínez, siendo el tutor del mismo D. Miguel Cabezas Andreu.

07/09/2023

**MÁSTER OFICIAL INTERUNIVERSITARIO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y SALUD**  
**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO 2014-2015**

**TITULO:**

**EJERCICIO FÍSICO, RADICALES LIBRES Y ESTRÉS OXIDATIVO. SUPLEMENTACIÓN CON ANTIOXIDANTES NATURALES DERIVADOS DEL CONSUMO DE ARÁNDANOS**

**AUTOR:**

MARÍA DEL MAR GODOY MARTÍNEZ

**TUTOR ACADEMICO:**

Dr. D. MIGUEL CABEZAS ANDREU

**RESUMEN:**

El consumo de antioxidantes naturales, produce una reducción del estado de estrés oxidativo. Es sabido que, la práctica regular de ejercicio físico de forma moderada o intensa, aumenta los beneficios para la salud de la población, pero esto favorece la producción de radicales libres. Es por ello que el estudio ha evaluado la eficacia de la ingesta de antioxidantes naturales provenientes del arándano, para contrarrestar los efectos negativos de la práctica de ejercicio. En esta revisión sistemática se han analizado 7 ensayos aleatorizados, obteniendo resultados positivos en cuanto a protección frente al estrés oxidativo, mejoras en el sistema inmunológico, cambios en los factores de riesgo cardiometabólicos y aceleración de la recuperación muscular. Sin embargo, se requiere más investigación para optimizar las estrategias de dosificación, persiguiendo la dosis óptima y determinar los modos, intensidades y duraciones de ejercicio específicos con los que se pueden lograr efectos ergogénicos.

**PALABRAS CLAVE:**

Ejercicio físico- estrés oxidativo- radicales libres- arándano- polifenoles-antocianinas

**ABSTRACT:**

The consumption of natural antioxidants produces a reduction in the state of oxidative stress. It is known that regular physical exercise, moderate or intense, increases the health benefits of the population, but this favors the production of free radicals. It is for them that the study has evaluated the effectiveness of ingesting natural antioxidants from blueberries, to counteract the negative effects of exercising. In this

systematic review, 7 randomized trials have been analyzed, obtaining positive results in terms of protection against oxidative stress, improvements in the immune system, changes in cardiometabolic risk factors and acceleration of muscle recovery. However, more research is required to optimize dosing strategies, pursuing optimal dosing, and determining the specific modes, intensities, and durations of exercise with which ergogenic effects can be achieved

**KEYWORDS:**

Physical exercise- oxidative stress- free radicals- cranberry- polyphenols-anthocyanins

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Actividad física, radicales libres y estrés oxidativo</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Arándano</b>	<b>3</b>
<b>2.2.1 Polifenoles</b>	<b>4</b>
<b>2.2.2 Antocianinas</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Efectos de la suplementación con polifenoles presentes en el arándano en deportistas</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVO PRINCIPAL</b>	<b>8</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Diagrama de flujo</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Calidad metodológica en función de la escala de JADAD</b>	<b>11</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>12</b>
<b>6. DISCUSIÓN</b>	<b>18</b>
<b>7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO</b>	<b>20</b>
<b>8. CONCLUSIÓN</b>	<b>20</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUCCIÓN.

Aunque son bastante conocidos los beneficios del ejercicio físico sobre la salud, existe también evidencia de que su práctica de forma moderada o intensa, provoca el aumento de la producción de radicales libres, especies reactivas de oxígeno (ROS) en el organismo, debido a los elevados requisitos metabólicos necesarios para llevarlo a cabo, (Brandeburgo y Giles, 2021), que en pequeñas cantidades, funcionan como moléculas de señalización que ayudan a la producción de fuerza, ayudan a regular el flujo sanguíneo muscular, e incluso desencadenan adaptaciones al ejercicio (Kashi et al, 2019) y (Reid, 2016). Sin embargo, cuando la acumulación de ROS es excesiva, genera un daño oxidativo en diferentes sistemas y aparatos corporales, entre los que se encuentra el tejido muscular, contribuyendo así a la fatiga. Este acontecimiento es multifactorial e incluye una menor disponibilidad de óxido nítrico, lo que limita la capacidad de vasodilatación y el flujo sanguíneo (Reid, 2016). El estrés oxidativo, también interrumpe el manejo y la sensibilidad del calcio, lo que perjudica la producción de fuerza. (Reid, 2016). A nivel nutricional, la suplementación con frutas ricas en polifenoles, es una buena forma de mejorar las defensas antioxidantes de una persona. (Myburgh,2014) y (Bowtell y Kelly, 2019). Los polifenoles, se caracterizan estructuralmente por tener anillos de fenilo y sustituyentes hidroxilo, proporcionando las características de sabor y color a las frutas y verduras. Son captadores de radicales y quelantes de metales (Bowtell y Kelly, 2019) Los radicales libres, son compuestos altamente reactivos, que se producen como resultado de la actividad metabólica, (Fernández et al., 2008). El propósito de esta revisión sistemática será, valorar la producción de radicales libres tras exponer al organismo a episodio agudo de oxidación como es la práctica de ejercicio físico y determinar los efectos del consumo de antioxidantes naturales derivados del arándano, ya que algunos hábitos dietéticos y de suplementación ejercen una influencia en la mitigación de radicales libres y los mecanismos de defensa antioxidante del organismo. Ya que hay evidencia científica del impacto positivo que genera en el organismo la suplementación con antioxidantes naturales (Tonin, et al., (2015), se intentará esclarecer si realmente está demostrado que el consumo de antioxidantes contenidos en los arándanos e ingeridos a través del alimento o en forma de suplemento, tiene efectos beneficiosos sobre el deporte por su interacción positiva en las situaciones de estrés oxidativo.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Actividad física, radicales libres y estrés oxidativo

Los radicales libres son moléculas inestables y altamente reactivas que contienen un número impar de electrones en su estructura. Debido a esta configuración electrónica desequilibrada, los radicales libres son muy propensos a reaccionar con otras moléculas en un intento de estabilizarse. (Fernández et al., 2008) Estas reacciones pueden generar una cadena de eventos químicos en el cuerpo.

Los radicales libres se forman de manera natural como resultado de procesos metabólicos en el cuerpo, como la respiración celular, la digestión y la respuesta inmunológica. Además, también pueden originarse debido a factores externos, como la radiación ultravioleta, la contaminación ambiental, el tabaquismo y una dieta poco saludable.

Aunque los radicales libres desempeñan un papel importante en varias funciones biológicas normales, como la respuesta inmunológica, en pequeñas cantidades, funcionan como moléculas de señalización que ayudan a la producción de fuerza, ayudan a regular el flujo sanguíneo muscular, e incluso desencadenan adaptaciones al ejercicio (Kashi et al, 2019) y (Reid, 2016) cuando sus niveles se vuelven excesivos y no se controlan adecuadamente, pueden causar daño en las células, las membranas celulares y el ADN. Esto se llama estrés oxidativo y se ha relacionado con una serie de problemas de salud, incluido el envejecimiento prematuro y varias enfermedades crónicas, como enfermedades cardiovasculares, cáncer y trastornos neurodegenerativos.

Numerosas publicaciones destacan que el estrés oxidativo y la generación de ROS aumentan considerablemente después del entrenamiento. Además, se han descrito cambios en el estrés oxidativo y el estado redox según la carga de entrenamiento. (Bojarczuk y Dzitkowska-Zabielska, 2022). El ejercicio a corto y largo plazo son factores estresantes obvios para el estado redox del atleta, lo que resulta en respuestas agudas y crónicas, respectivamente. Además, el estrés oxidativo y el estado antioxidante podrían estar relacionados con la intensidad del entrenamiento, como lo respalda el trabajo de Lamprecht et al., 2001. El estado de antioxidantes parece estar relacionado con el estado de entrenamiento. La literatura indica que el tipo de ejercicio podría ejercer un efecto diferente sobre el nivel de productos finales inducidos por ROS (Ammar et al., 2020)

Por último, los niveles de antioxidantes en la sangre aumentan durante el ejercicio físico. También parece que estos niveles dependen de los tipos de deporte involucrados. Curiosamente, a medida que aumentaba la actividad de superóxido dismutasa (SOD), también aumentaba la actividad de glutatión peroxidasa (GPX) y catalasa (CAT), y este



hallazgo se asoció con la condición física de los atletas entrenados por intervalos (Dékány et al., 2006). Los cambios en GPX y SOD contrarrestan la producción de radicales (Ammar et al., 2020). Los experimentos *ex vivo* sugieren que el entrenamiento regular podría aumentar la actividad de las enzimas antioxidantes y reducir la producción de oxidantes (Sharifi et al., 2014) y (Merikoglu et al., 2008). A pesar de un gran volumen de estudios que describen los aspectos negativos del ejercicio (ROS y estrés oxidativo), también existen datos que lo respaldan y muchos estudios continúan demostrando los beneficios del ejercicio para la salud.

## 2.2 Arándano (*Vaccinium*)

El arándano es del género *Vaccinium*, y pertenece a la familia de las Ericáceas (Ericaceae), que engloba alrededor de 450 especies, las cuales crecen principalmente en las zonas frías del hemisferio norte; a su vez existen más de 30 especies de arándanos silvestres. Algunas de las especies de *Vaccinium* son: Arándano americano (*V. Macrocarpon* Aiton) – cranberry, Arándano azul (*V. Corymbosum* L.) – blueberry, Arándano azul silvestre (*V. Angustifolium* Ait) – wild blueberry, Arándano Azul o ráspero (*V. uliginosum*), Arándano europeo (*V. Oxycoccus* L.) – european or small cranberry, Arándano rojo europeo (*V. Vitis-idaea* L.) – lignonberry (Anticona et al., 2016).

El género *Vaccinium* posee frutos que tienen un valor calórico de 84 kcal/100 g. Éstos están compuestos principalmente en un 80%-90% de agua, el 20% restante son compuestos sólidos, de los cuales el 80% corresponde a: proteínas (0,7%), carbohidratos (16,9% - 18,1%) y lípidos (1%) (Coba-Santamaría et al, 2012); Las vitaminas presentes en el fruto son: niacina (0,18 mg/100 g FF), tiamina (0,05 mg/100 g FF) y ácido ascórbico (14 g/100 g FF). En cambio, los minerales que posee son el hierro (0,64 mg/100 g FF) y calcio (17 g/100 g FF), (Meléndez-Jacome et al., 2021).

Los arándanos son frutas nutritivas, poseen un alto contenido en fibra, (entre el 3 y el 3,5 % del peso de la fruta), en antioxidantes, como vitamina C, complejo B, E y A. Los arándanos también aportan altas cantidades de selenio, zinc, hierro y manganeso y contienen b-caroteno, luteína y zeaxantina. Además, los arándanos son ricos en compuestos bioactivos, como son los polifenoles, concretamente flavonoides, y más especialmente antocianinas y flavonoles, también contienen ácidos fenólicos como los ácidos hidroxicinámicos, (Miller et al., 2019).

Huang et al, 2016, llevaron a cabo un estudio en el que investigaron la capacidad antioxidante total y la composición fenólica de tres bayas, arándano, mora y fresa. El arándano, posee la mayor capacidad antioxidante, con un valor equivalente de Trolox (TEAC) de 14,98mmol de Trolox/100g de peso seco (PS). También tuvo el mayor contenido fenólico total (TPC, 9,44mg de ácido gálico/g PS), contenido total de flavonoides (TFC, 36,08mg de rutina/g

PS) y contenido total de antocianidinas (TAC, 24,38 mg de catequina/g PS). Los altos niveles de proantocianidinas y antocianidinas de los arándanos, podrían ser responsables de su fuerte actividad antioxidante. (Huang, 2016).

### 2.2.1 Polifenoles

El término polifenol no está bien definido. Los polifenoles son metabolitos secundarios de las plantas, lo que significa que se sintetizan a través del metabolismo secundario y no tienen función directa en procesos esenciales, es decir, la fotosíntesis o la respiración (Bojarczuk y Dzitkowska-Zabielska, 2022). Vale la pena señalar que estos metabolitos secundarios son productos naturales y se encuentran naturalmente, por ejemplo, en frutas, verduras, cereales y bebidas (Benconcini et al, 2020). Desde un punto de vista químico, se caracterizan por anillos de fenilo y sustituyentes hidroxilo. Sin embargo, la literatura no es consistente en términos de nomenclatura y clasificación de los polifenoles. Algunas publicaciones describen dos clases (flavonoides y no flavonoides) (Singla et al., 2019), otras tres (ácidos fenólicos, flavonoides y no flavonoides) o cuatro (ácidos fenólicos, lignanos, estilbenos y flavonoides). Los lignanos (por ejemplo, galbacina) son productos vegetales de bajo peso molecular que constan de dos unidades de propilbenceno acopladas por enlaces  $\beta,\beta'$ . (Bojarczuk y Dzitkowska-Zabielska, 2022). Los ácidos fenólicos (cafeico, gálico y cumárico) generalmente tienen un grupo de ácido carboxílico. Los flavonoides tienen una unidad estructural básica de 2-fenilcromona. Los estilbenos contienen una cadena principal de 1,2-difeniletileno (Bojarczuk y Dzitkowska-Zabielska, 2022). La clasificación esquemática de los polifenoles se presenta en Figura 1. Concretamente en el arándano, podemos encontrar todo tipo de polifenoles en mayor o menor concentración, ácidos fenólicos como el ácido gálico y cumárico, estilbenos como el resveratrol, que se encuentra en concentraciones similares a las del zumo de uva, 1.07 y 1.56 nmol/g respectivamente. El resveratrol es un potente antioxidante que se relaciona con la salud cardiovascular en base a su capacidad de inhibir la agregación plaquetaria y su actividad antiinflamatoria. (Cunnighan et al., 2005) En las semillas del arándano se ha descrito la presencia de secoisolariciresinol, un lignano en una concentración de 10,54mg/kg en relación a peso seco. Los lignanos tienen una estructura relacionada con la de los estrógenos, por lo que se comportan como estrógenos débiles y antagonistas de los estrógenos.

Además, muestran actividad antioxidante, antimutagénica, antiviral y antitumoral, (Cunnighan et al., 2005). Por último, los flavonoides, los de mayor concentración, como son la quercetina, las catequinas y las antocianinas. Aunque la quercetina es el flavonoide más estudiado en relación con el ejercicio, se están investigando otras moléculas por su capacidad para prevenir el daño muscular inducido por el ejercicio y afectar el rendimiento físico. Entre ellas, se ha

demostrado que las catequinas ejercen algunos efectos al menos en modelos animales. (Malaguti et al., 2013)

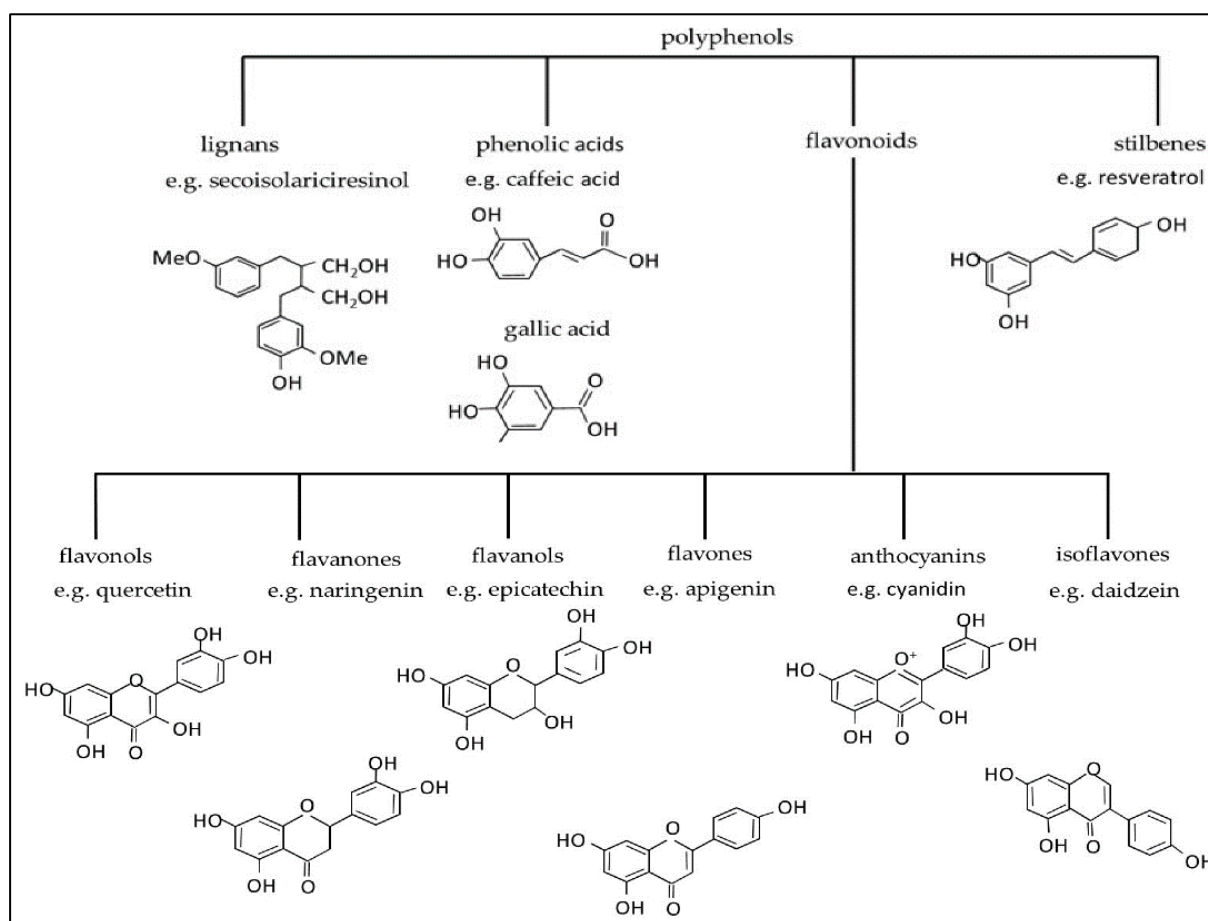


Figura 1. Clasificación y estructura química de las principales clases de polifenoles dietéticos. (Bojarczuk y Dzitkowska-Zabielska, 2022).

### 2.2.2 Antocianinas

Las antocianinas son una clase de flavonoides solubles en agua que se consumen comúnmente en la dieta. Son las responsables de inferir ese color característico al arándano. Para la síntesis de antocianinas, interviene la flavanona 3-hidroxilasa, que es una enzima reguladora clave de la vía biosintética de flavonoides. Las antocianinas se acumulan en los frutos, mientras que los flavonoles se encuentran en las hojas y tallos. Las antocianinas pueden mejorar la obesidad inducida por la dieta al aliviar el estrés oxidativo y la inflamación, tienen efectos protectores sobre la fibrosis hepática inducida por CCl<sub>4</sub>, lo que se asocia con la disminución de las fuentes productoras de ROS y el daño oxidativo, así como en la influencia de citocinas proinflamatorias. (Ma et al., 2018) Hay estudios recientes que demuestran que el arándano tiene hasta 13 tipos de antocianinas. (Kang et al., 2021).

La cianidina, que es una de las 13 antocianinas presentes en el arándano y los productos que la contienen, puede prevenir el estrés oxidativo en las células neuronales al fortalecer la actividad mitocondrial y reducir la producción de ROS intracelular (Ma et al., 2018). Concretamente, la cianidina-3-O-galactósido del arándano, aumenta la actividad de superóxido dismutasa (SOD), (Ma et al., 2018) (Huang et al., 2016), lo que se traduce en que esta enzima, ayuda a neutralizar las ROS del organismo, protegiendo así las células del daño oxidativo durante el ejercicio. La práctica regular de ejercicio puede aumentar la actividad de la SOD y otras enzimas antioxidantes en el cuerpo. Esta adaptación puede mejorar la capacidad del cuerpo para lidiar con el estrés oxidativo y reducir el daño celular a largo plazo. Por otro lado, Se ha demostrado que el estrés oxidativo y la inflamación están relacionados, porque la respuesta inflamatoria ocurre después del ejercicio (Cerqueira et al., 2020). Es importante destacar que las ROS pueden exacerbar el proceso inflamatorio (Mittal et al., 2014).

### **2.3. Efectos de la suplementación con polifenoles presentes en el arándano en deportistas.**

La suplementación con polifenoles, como los que encontramos en el arándano, ha sido objeto de investigación en muchos términos del ámbito de la salud, por lo que también hay algunos estudios que sugieren su importancia en relación con el deporte y el ejercicio. Son varias las consideraciones a tener en cuenta de los beneficios de forma general:

1. Efectos antioxidantes: lo que le infunde una protección contra el estrés oxidativo: Durante el ejercicio intenso, el cuerpo puede generar una mayor cantidad de radicales libres y experimentar estrés oxidativo. Los polifenoles, como los que se encuentran en los arándanos, tienen propiedades antioxidantes y pueden ayudar a neutralizar estos radicales libres, protegiendo así las células del daño oxidativo. Los polifenoles son conocidos por sus propiedades antioxidantes, y se ha estudiado si pueden ayudar a reducir el estrés oxidativo que ocurre durante el ejercicio intenso. Algunos estudios sugieren que la suplementación con polifenoles podría proteger contra el daño oxidativo inducido por el ejercicio.

2. Reducción de la inflamación: El ejercicio intenso puede provocar inflamación en el cuerpo, (Mittal et al., 2014). Algunos polifenoles, incluyendo los de los arándanos, tienen propiedades antiinflamatorias que pueden ayudar a reducir la inflamación y mejorar la recuperación después del ejercicio. (Cunnighan et al., 2005)

3. Mejora de la resistencia y el rendimiento: Algunas investigaciones sugieren que la suplementación con polifenoles, como el resveratrol que se encuentra en el arándano, podría tener efectos positivos en la resistencia y el rendimiento físico. Sin embargo, estos efectos pueden variar entre individuos. (Kashi et al, 2019) y (Reid, 2016)

4. Salud cardiovascular: Los polifenoles también pueden tener beneficios para la salud cardiovascular, lo que es importante para cualquier persona, incluyendo a los atletas.

Los primeros estudios en humanos y animales informaron una correlación entre la suplementación con quercetina, la capacidad de resistencia y la mejora de la biogénesis mitocondrial. Davis et al., 2009, publicaron resultados prometedores que muestran que el tratamiento con quercetina durante 7 días. Un estudio más reciente ha evaluado la capacidad de la quercetina para aumentar la capacidad de resistencia y el VO<sub>2</sub> máx. en un protocolo cruzado en voluntarios sanos, pero no entrenados, (Davis et al., 2010). Los datos indican que una suplementación de 1000 mg/día de quercetina durante 7 días es responsable de una mejora (13,2%) en el tiempo hasta la fatiga, durante una prueba de ciclismo, y de un aumento del 3,9% en el VO<sub>2</sub> máx. Aunque la quercetina es el flavonoide más estudiado en relación con el ejercicio, se están investigando otras moléculas por su capacidad para prevenir el daño muscular inducido por el ejercicio y afectar el rendimiento físico. Entre ellas, se ha demostrado que las catequinas ejercen algunos efectos al menos en modelos animales. Está aumentando cierta evidencia sobre la capacidad de las catequinas para modular el daño muscular inducido por el ejercicio. (Haramizu et al., 2011), han demostrado recientemente que el tratamiento con catequinas durante 8 semanas es capaz de atenuar la pérdida de fuerza muscular, el daño muscular inducido por el ejercicio y los biomarcadores de estrés oxidativo. También se ha investigado la capacidad de las catequinas para modular el rendimiento del ejercicio, tanto en animales como en humanos, (Murase et al., 2005). El resveratrol es un compuesto bioactivo bien conocido capaz de inducir una amplia variedad de respuestas biológicas. Sólo unos pocos estudios han investigado la capacidad del resveratrol para modular el rendimiento en el ejercicio y algunas pruebas sugieren que podría desempeñar un papel en la mejora de la capacidad de resistencia. Se ha demostrado que tras 12 semanas de tratamiento con resveratrol previene la disminución del tiempo de carrera hasta el agotamiento, del consumo de oxígeno y de la oxidación de lípidos en un modelo de ratón con senescencia acelerada (Murase et al., 2009).

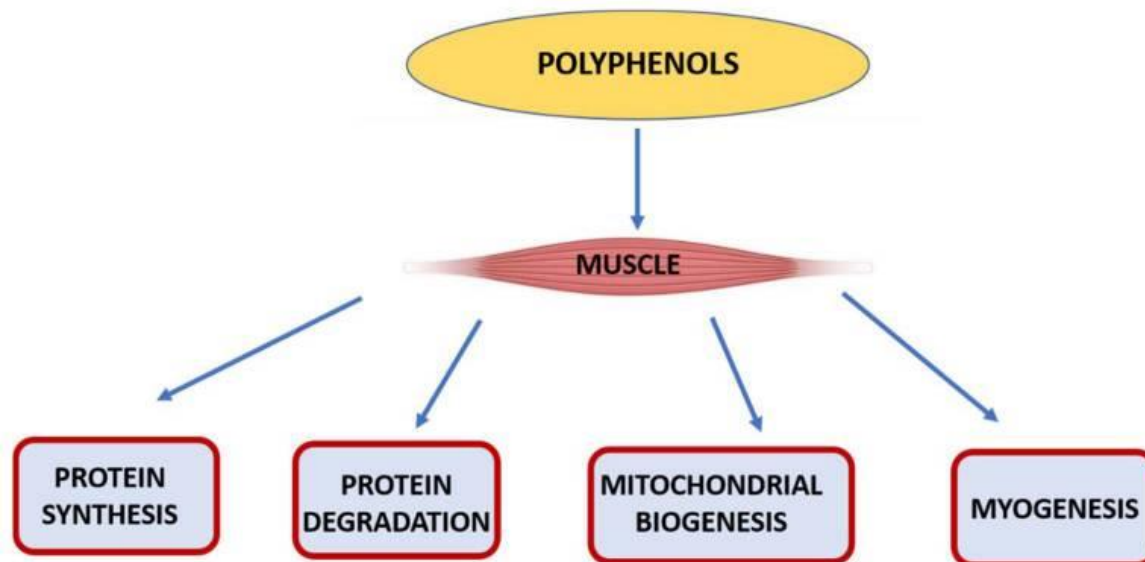


Figura 2. Representación esquemática del mecanismo de acción de los polifenoles en el músculo. Síntesis de proteínas. Degradación de proteínas. Biogénesis mitocondrial. Miogénesis. (Bojarczuk y Dzitkowska-Zabielska, 2022).

### 3. OBJETIVO PRINCIPAL:

Valorar el efecto de la ingesta de antioxidantes naturales, en forma de alimento o como suplemento, provenientes del consumo de arándano en la práctica de ejercicio físico como prevención del aumento de la producción de radicales libres.

### 4. MATERIAL Y MÉTODO.

El presente estudio, se ha llevado a cabo siguiendo un diseño de investigación establecido según los parámetros de una revisión sistemática (Moreno et al, 2018), además se han tenido en cuenta las directrices PRISMA a la hora de su elaboración y consiguiente desarrollo. La pregunta que se ha planteado para proceder a la investigación ha sido “¿el arándano es efectivo como suplementación natural en deportistas?” dicha pregunta se elaboró siguiendo el sistema PICO.

Para dar respuesta y forma a esta pregunta, la búsqueda bibliográfica electrónica se ha realizado en las bases de datos PubMed, Science Direct y Cochrane, y, además se han usado otras bases de datos más específicas como son PubChen, PhytoHub e ITIS (Sistema integrado de información taxonómica).

En la estrategia de búsqueda, se usaron operadores booleanos como AND y OR, también descriptores MeSH y DeCS como “free radicals”, “oxidative stress”, “antioxidants”, “athletes”, “anthocyanins” “blueberry” “polyphenols”, “vaccinium”... Los descriptores anteriores, junto con otras estrategias de búsqueda como “supplementation with blueberry in athletes”, “naturals antioxidants blueberry in sport” “physical exercise, free radicals and oxidative stress”, entre

otras, no dieron los resultados esperados, por lo que, al principio, se comenzó limitando la búsqueda a los últimos 10 años, pero ante la escasez de literatura, hubo que ampliar el rango a cualquier fecha.

Finalmente, se han seleccionado 7 ensayos clínicos aleatorizados, 4 de ellos son ensayos cruzados, los criterios de exclusión han sido los siguientes:

- Los ensayos no incluyen ejercicio físico, únicamente suplementación con polifenoles.
- Los ensayos de suplementación con polifenoles, no incluyen el arándano.
- Estudios duplicados en las distintas bases de datos.
- No se han tenido en cuenta los estudios realizados in-vitro.
- Los estudios llevados a cabo en animales.

Para valorar la calidad de los ensayos elegidos, se ha utilizado la “escala de Jadad”, o también conocido como “sistema de puntuación de calidad de Oxford”, es un procedimiento que evalúa de forma independiente la calidad metodológica de los ensayos clínicos. Es la evaluación más usada en el mundo. La escala consiste en un cuestionario de 5 preguntas, donde trata los aspectos relacionados con la aleatorización, enmascaramiento, doble ciego y las pérdidas de seguimiento o abandono. Este cuestionario da una puntuación de 0 a 5, se consideran rigurosos los ensayos de 5 puntos y los ensayos que su puntuación son inferiores a 3, son considerados de calidad pobre. Todos nuestros ensayos han obtenido una puntuación de 4, que se considera una calidad adecuada, salvo uno que tiene una puntuación de 3.

Tras el análisis y valoración de los ensayos se ha elaborado una tabla de resultados, en ella se han recogido 6 ítems:

- Referencias bibliográficas del ensayo.
- Características de los participantes.
- Protocolo de Suplementación.
- Tarea de Rendimiento.
- Efectos de la suplementación.
- Conclusiones del estudio.

Finalmente, se han redactado la discusión y la conclusión junto con las limitaciones del estudio y se han tenido en cuenta las normas APA 7ª edición para las referencias y citas bibliográficas.

#### 4.1. Diagrama de flujo

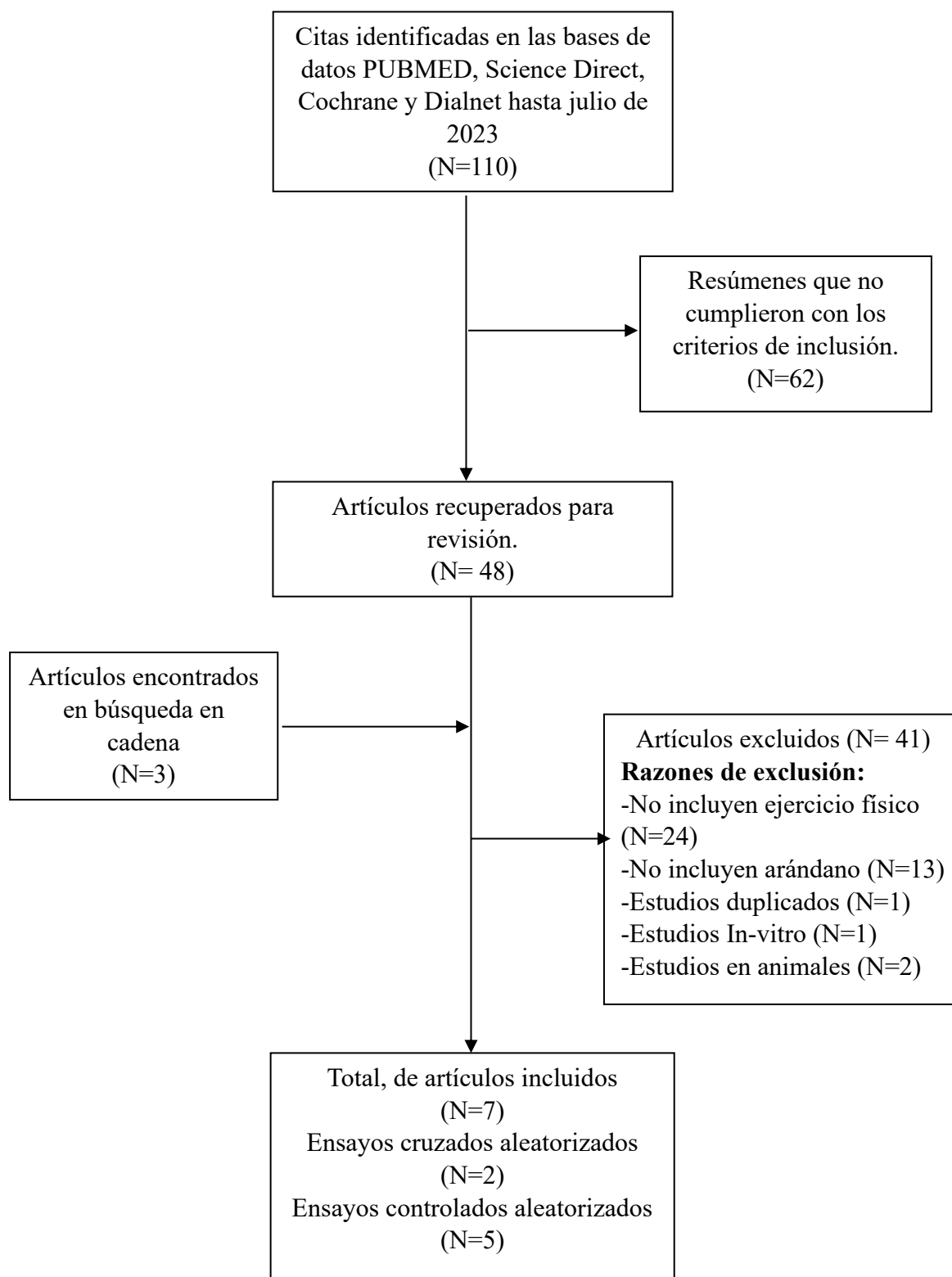


Figura 3. Diagrama de flujo. Elaboración propia.



#### 4.2. Calidad metodológica en función de la escala de JADAD.

	McAnulty et al. 2004	McAnulty et al. 2011	Nyberg et al. 2013	Nieman et al. 2013	McLeay et al. 2012	Sánchez-Moreno et al. 2008	Brandenburg y Giles 2021
¿El estudio se describe como aleatorizado?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Se describe el método utilizado para generar la secuencia de aleatorización y este método es adecuado?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
¿El estudio se describe como doble ciego?	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Se describe el método de cegamiento y es adecuado?	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Hay una descripción de las pérdidas de seguimiento y abandonos?	No	No	Sí	No	No	No	No
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Adecuada</b>

Tabla 1: Valoración de la calidad metodológica de los estudios usados en la revisión sistemática siguiendo la escala de valoración de JADAD. Elaboración propia.

## 5. RESULTADOS

Tabla 2. Efecto de la suplementación con antioxidantes naturales provenientes del consumo de arándano en deportistas.

Referencias	Características de los participantes	Protocolo de Suplementación	Tarea de Rendimiento	Efectos de la suplementación	Conclusiones del estudio
McAnulty et al. 2004	9 hombres moderadamente entrenados, no fumadores de 18 a 43 años  Ensayo cruzado aleatorizado	En la sesión 1, recibieron 150 g de arándanos en batido diario, durante una semana antes de la prueba. En la sesión 2, recibieron suplemento de Vit. C en un batido con sabor a arándano. En la sesión 3, un batido con sabor a arándano como placebo.	7 días de ejercicio gradual en cinta rodante durante 44 minutos de media al 70% del $VO_2$ máx. en ambiente hipertérmico 35° C, 70% de humedad relativa hasta alcanzar 39,5°C	↑ Significativo F2 -Isoprostanos, inmediatamente después de la carrera, antes de caer por debajo de los valores previos a la ejecución. ↓ Significativa Hidroperóxidos lipídicos (ROOH)	Los resultados demuestran que una combinación de ejercicio y estrés por calor, eleva significativamente las concentraciones plasmáticas de F2-Isoprostanos y ROOH, indicadores de estrés oxidativo significativo por hacer ejercicio con calor. Las cantidades de arándanos y vitamina C administradas durante 1 semanas, no fueron eficaces para reducir las concentraciones de F2-Isoprostanos, pero sí disminuyeron la concentración de ROOH. indicando que la suplementación con arándanos resultó en una mayor protección contra

el estrés oxidativo en el compartimento plasmático sin afectar el potencial antioxidante total.

Referencias	Características de los participantes	Protocolo de Suplementación	Tarea de Rendimiento	Efectos de la suplementación	Conclusiones del estudio
McAnulty et al. 2011	25 sujetos bien entrenados capaces de correr 2,5h en cinta.  Ensayo controlado aleatorizado	250g de arándanos diarios durante 6 semanas + una dosis aguda de 375g de arándanos 1 hora antes de la actividad física y después de la extracción inicial de sangre. Frente a un grupo control siguiendo su dieta usual.	Carrera en cinta con entorno al 72% de VO 2 máx.	<p>↑ En el recuento de células N.</p> <p>↓ Del aumento de F2-Isoprostanos.</p> <p>↓ Del aumento del cortisol</p> <p>↑ Del potencial antioxidante plasmático midiendo el FRAP (la capacidad de reducción férrica del plasma.)</p>	Con este estudio se demuestra que al aumentar la suplementación de arándano hasta 250g durante 6 semanas, junto con la ingestión aguda de 375g, las células NK aumentaron. Redujeron su presencia en plasma la F2-Isoprorstanos y la IL-10 plasmática. Estos cambios ocurrieron a pesar de que no hubo diferencias grupales en los cambios inducidos por el ejercicio en la capacidad antioxidante del plasma. En función de estos hallazgos, futuros estudios deberían continuar cuantificando

las cantidades críticas la duración del consumo de arándano necesarios para conducir a estos efectos.

Referencias	Características de los participantes	Protocolo de Suplementación	Tarea de Rendimiento	Efectos de la suplementación	Conclusiones del estudio
<b>Nyberg et al. 2013</b>	15 hombres sanos y 17 mujeres de entre 27,6 ± 6,5 años de edad  Ensayo cruzado aleatorizado	150g de arándanos en los días que realizan ejercicio	4 semanas de ejercicio corriendo/trotando 5km cinco veces por semana y 4 semanas de actividad física mínima.	↓ Niveles Insulina y Triglicéridos de 1,1 ± 0,49 mmol/l a 0,93 ± 0,31 mmol/l, P = 0,02 ↑ Colesterol HDL de 1,51 ± 0,29 mmol/l a 1,64 ± 0,33 mmol/l). /l, p = 0,006 ↑ Niveles Glucosa en ayunas de 5,12 ± 0,49 mmol/l a 5,32 ± 0,29 mmol/l	La ingestión de arándanos indujo efectos diferenciales sobre los factores de riesgo cardiometabólicos incluido el aumento de los niveles de glucosa en ayunas y de colesterol HDL. Sin embargo, dado que es posible que se hayan inducido efectos indirectos sobre la ingesta de alimentos, además del consumo de arándanos, se necesitan más estudios para confirmar los hallazgos.
<b>Nieman et al. 2013</b>	38 corredores de larga distancia de 19 a 45 años que competían regularmente en carreras de ruta me	17 días con 40g diarios de un complejo de proteína de soja enriquecida con	2,5h de carrera diaria 3 días a la semana, durante 2 semanas.	=Biomarcadores de inflamación y estrés oxidativo. ↑ firma fenólica, no se asocia efecto positivo,	La suplementación con el complejo de proteína de soja y polifenoles durante un período de 17 días no alteró los biomarcadores

	maratón y medio maratón.  Ensayo cruzado aleatorizado	extracto de té verde y orujo de arándanos. Equivalentes a 444g de arándanos diarios. También se utilizó placebo.		pero puede proporcionar algún beneficio a los corredores.	establecidos para la inflamación y el estrés oxidativo, pero se relacionó con una firma fenólica mejorada derivada del intestino y la cetogénesis en los corredores durante la recuperación de un esfuerzo intenso de 3 días.
<b>Referencias</b>	<b>Características de los participantes</b>	<b>Protocolo de Suplementación</b>	<b>Tarea de Rendimiento</b>	<b>Efectos de la suplementación</b>	<b>Conclusiones del estudio</b>
<b>McLeay et al. 2012</b>	10 mujeres recreativamente activas  Ensayo cruzado aleatorizado	3 licuados diarios de 200 g de arándanos congelados de Nueva Zelanda (~ 420 mg PP, 242 mg de antocianinas) consumidos con cada comida los días de ejercicio, y 1 licuado en las dos mañanas posteriores al ejercicio.	300 contracciones excéntricas unilaterales de cuádriceps Realizado 10 h después de la primera dosis.	Se evaluaron a las 12, 36 y 60 horas post ejercicio. ↑ Fuerza extensora de rodilla = dolor muscular = Marcadores sanguíneos de daño muscular (CK) = Marcadores sanguíneos de inflamación (IL6) = Marcadores sanguíneos de daño oxidativo (PC, p = 0,06)	Este estudio demuestra que la ingesta de un batido de arándanos antes y después del daño muscular inducido por el ejercicio, acelera la recuperación de la fuerza isométrica máxima del músculo. Este efecto, aunque independiente del efecto antioxidante inherente a la bebida, parece implicar una regulación positiva de los procesos adaptativos, los procesos

antioxidantes endógenos, activados por las acciones combinadas del ejercicio excéntrico y el consumo de arándanos. Estos hallazgos pueden beneficiar al deporte. Po lo que se deberían considerar intervenciones dietéticas dirigidas específicamente a la salud y la adaptación al rendimiento.

<b>Referencias</b>	<b>Características de los participantes</b>	<b>Protocolo de Suplementación</b>	<b>Tarea de Rendimiento</b>	<b>Efectos de la suplementación</b>	<b>Conclusiones del estudio</b>
<b>Sánchez-Moreno et al. 2008</b>	12 atletas universitarios (6 hombres y 6 mujeres) de entre 18 y 24 años de edad.  Ensayo controlado aleatorizado	9 sujetos tomaron la 237ml de bebida con 230gr de arándano durante 29 días, 2 sujetos la tomaron durante 28 días y uno de los sujetos la tomaron durante 30 días. En comparación con placebo.	Baloncesto y ciclismo de montaña	No hay diferencias significativas para la ingesta de vitaminas. Hubo una interacción grupo-tiempo para la ingesta $\alpha$ -tocoferol. Una tendencia P 0,087 en $\gamma$ -tocoferol a lo largo del tiempo.	La suplementación con arándanos puede no afectar las isoformas plasmáticas de vitamina E y vitamina C niveles antes o después del ejercicio y pueden no afectar la ingesta de g-tocoferol y vitamina C. Como mínimo, la bebida de arándanos aumenta el consumo de fruta en este modo por una porción por día.

Referencias	Características de los participantes	Protocolo de Suplementación	Tarea de Rendimiento	Efectos de la suplementación	Conclusiones del estudio
<b>Brandenburg y Giles 2021</b>	11 corredores recreativos, 4 hombres y 7 mujeres con una media de edad de 28,4 ± 7,5 años. No fumadores  Ensayo controlado aleatorizado	Desde los 4 días previos a las pruebas con 3 paquetes de 24 g de polvo de arándano, que equivalen a 500g de arándanos frescos diarios. (210mg/día de antocianinas) Lo tomaron a lo largo del día, tomando el paquete final 2h antes de la prueba. Se compara con placebo.	30 minutos de prueba contrarreloj en cinta, con hipoxia normobárica siempre a la misma hora del día	En las dos condiciones ↑ significativo del lactato en sangre después de los 30 minutos, pero fue significativamente menor en los individuos tratados con batido de arándanos. 8 de los 11 corredores experimentaron un aumento menor del lactato, en respuesta al arándano. También se observaron niveles más bajos de cortisol	Cuatro días de suplementación con arándano no alteraron el rendimiento de carrera ni las respuestas cardiovasculares en hipoxia normobárica. La suplementación redujo la respuesta del lactato en sangre al correr, pero la importancia es incierta dada la ausencia de un efecto ergogénico.

Tabla 2: Esta tabla recoge las distintas partes que se han tenido en cuenta a la hora de analizar cada estudio de la revisión. (↑) aumento, (↓) disminución. Elaboración propia.

## 6. DISCUSIÓN.

La presente revisión analizó 7 estudios de intervención (4 ensayos cruzados aleatorizados y 3 ensayos controlados aleatorizados). Los estudios en general incluyeron un número pequeño de participantes atléticos o que practican deporte de forma habitual, jóvenes y sanos.

En el estudio llevado a cabo por McAnulty y cols. 2004, los resultados han demostrado que, una combinación de ejercicio y estrés por calor, eleva significativamente las concentraciones plasmáticas de F2-Isoprostanos y de hidroperóxidos lipídicos (ROOH), indicadores de estrés oxidativo significativo por hacer ejercicio con calor. Pero, las cantidades de arándanos y vitamina C administradas durante 1 semanas, no fueron eficaces para reducir las concentraciones de F2-Isoprostanos, pero sí disminuyeron la concentración de ROOH, indicando que la suplementación con arándanos resultó en una mayor protección contra el estrés oxidativo en el compartimento plasmático sin afectar el potencial antioxidante total.

Con este estudio, McAnulty et al., 2011, demuestran que al aumentar la suplementación de arándano hasta 250g durante 6 semanas, junto con la ingestión aguda de 375g, las células NK aumentaron. Redujeron su presencia en plasma la F2-Isoprostanos y la IL-10 plasmática. Estos cambios ocurrieron a pesar de que no hubo diferencias grupales en los cambios inducidos por el ejercicio en la capacidad antioxidante del plasma. En función de estos hallazgos, futuros estudios deberían continuar cuantificando las cantidades críticas la duración del consumo de arándano necesarios para conducir a estos efectos.

Nyberg et al. 2013, han demostrado que la ingestión de arándanos indujo efectos diferenciales sobre los factores de riesgo cardiometabólicos incluido el aumento de los niveles de glucosa en ayunas y de colesterol HDL. Sin embargo, dado que es posible que se hayan inducido efectos indirectos sobre la ingesta de alimentos, además del consumo de arándanos, se necesitan más estudios para confirmar los hallazgos.

La suplementación con el complejo de proteína de soja y polifenoles durante un período de 17 días no alteró los biomarcadores establecidos para la inflamación y el estrés oxidativo, pero se relacionó con una firma fenólica mejorada derivada del intestino y la cetogénesis en los corredores durante la recuperación de un esfuerzo intenso de 3 días, según el estudio de Nieman et al. en 2013.



Este estudio McLeay et al., 2012, demuestran que la ingesta de un batido de arándanos antes y después del daño muscular inducido por el ejercicio, acelera la recuperación de la fuerza isométrica máxima del músculo. Este efecto, aunque independiente del efecto antioxidante inherente a la bebida, parece implicar una regulación positiva de los procesos adaptativos, los procesos antioxidantes endógenos, activados por las acciones combinadas del ejercicio excéntrico y el consumo de arándanos. Estos hallazgos pueden beneficiar al deporte. Por lo que se deberían considerar intervenciones dietéticas dirigidas específicamente a la salud y la adaptación al rendimiento.

Sánchez-Moreno et al. 2008 han concluido, que la suplementación con arándanos puede no afectar las isoformas plasmáticas de vitamina E y vitamina C niveles antes o después del ejercicio y pueden no afectar la ingesta de tocoferol y vitamina C. Como mínimo, la bebida de arándanos aumenta el consumo de fruta en este modo por una porción por día.

Brandeburgo y Giles 2021 defienden que cuatro días de suplementación con arándano no alteraron el rendimiento de carrera ni las respuestas cardiovasculares en hipoxia normobárica. La suplementación redujo la respuesta del lactato en sangre al correr, pero la importancia es incierta dada la ausencia de un efecto ergogénico.

Los autores examinaron un conjunto completo de resultados que abarcaban desde marcadores lipídicos y metabólicos, resultados relacionados con el daño oxidativo y marcadores inflamatorios relacionados con la el ejercicio. Limitaron su elegibilidad a criterios por diseño del estudio, tipo de ingesta de arándanos, tipo de ejercicio, o la salud inicial del sujeto.

Esta revisión sistemática muestra que se necesita más investigación para examinar el impacto del consumo antioxidantes naturales derivados del arándano en el ejercicio rendimiento y que los estudios futuros deben emplear más intervenciones. La mayoría de los estudios incluyeron a jóvenes y sanos participantes, también sería interesante la investigación adicional no sólo en la población sana, joven y físicamente activa, sino también en la población geriátrica y con discapacidad física que pudiera beneficiarse enormemente de una mayor movilidad. Sería interesante incluir estudios que incluyan un mayor número de participantes, un grupo de edad más amplio de participantes, independientemente de su capacidad física, y un mayor tiempo. La duración de la

intervención sería útil para determinar el efecto de la ingesta de arándanos sobre el rendimiento deportivo.

Los mejores resultados se obtuvieron con una suplementación elevada de arándano, por lo que tal vez deberíamos priorizar e incidir en la importancia de la cantidad de suplemento que se administra, la concentración del mismo, la duración de la administración y el momento en que se administra.

## **7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

La literatura existente adolece de una serie de limitaciones que impiden la identificación de estrategias de dosificación óptimas de arándano para obtener los resultados deseados y también limitan la comprensión de los mecanismos de acción. Un desafío clave al utilizar suplementos naturales derivados de frutas es que la mezcla de polifenoles está influenciada por la especie de planta, las condiciones de crecimiento y el procesamiento postcosecha. En consecuencia, el contenido de polifenoles de los suplementos variará de un lote a otro, pero relativamente pocos estudios publicados proporcionan una composición detallada de la mezcla específica del lote consumida. Esto es esencial para ensayos futuros para garantizar la precisión de los datos de respuesta a la dosis y, por lo tanto, para identificar dosis y mezclas óptimas de arándano o derivados.

Los controles dietéticos son otro factor digno de consideración. Varios de los estudios revisados incorporaron algún elemento de restricción de consumo en la dieta. La ingesta de otros polifenoles o vitaminas antioxidantes durante el periodo de investigación, podría interferir en los resultados, por lo que, para garantizar la validez de los datos, parecería que superponer la suplementación con polifenoles al contexto de la dieta habitual es el enfoque más apropiado.

## **8. CONCLUSIONES**

El componente antioxidante de los arándanos puede ayudar mejorar el rendimiento del ejercicio y el daño muscular y estimular la recuperación muscular. Sin embargo, los autores no identifican un patrón similar de evaluación de resultados en estudios y en diferentes poblaciones. La revisión sistemática puede ser útil para identificar áreas donde se necesita más investigación, también muestra que se necesita más investigación sobre la asociación entre el consumo de arándanos y el metabolismo, las lipoproteínas y rendimiento físico.

En resumen, existe una creciente evidencia de que la suplementación aguda y crónica con polifenoles derivados de frutas, y más concretamente del arándano, puede mejorar el rendimiento en el ejercicio, y los mecanismos probablemente estén relacionados con efectos antioxidantes y vasculares. Sin embargo, esta revisión es solo el inicio, y se requiere más investigación para optimizar las estrategias de dosificación, persiguiendo la dosis óptima y determinar los modos, intensidades y duraciones de ejercicio específicos con los que se pueden lograr efectos ergogénicos.

Estas conclusiones sugieren que la suplementación con arándanos puede tener varios efectos positivos, como la protección contra el estrés oxidativo, mejoras en el sistema inmunológico, cambios en los factores de riesgo cardiometabólicos y aceleración de la recuperación muscular. Sin embargo, se necesita más investigación para determinar las dosis óptimas y entender completamente los efectos de esta suplementación.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ammar, A., Trabelsi, K., Boukhris, O., Glenn, J., Bott, N., Masmoudi, L., Hakim, A., Chtourou, H., Driss, T., Hoekelmann, A., & El Abed, K. (2020). Effects of aerobic-, anaerobic- and combined-based exercises on plasma oxidative stress biomarkers in healthy untrained young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(7), 2601. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072601>
- Bahja, J., Stewart, N. A., & Dymond, K. (2022). Oxidative stress is inhibited by plant-based supplements: A quantitative lipidomic analysis of antioxidant activity and lipid compositional change. *Advances in Redox Research*, *6*.
- Beconcini, D., Felice, F., Fabiano, A., Sarmiento, B., Zambito, Y., & Stefano, D. (2020). Propiedades antioxidantes y antiinflamatorias del extracto de cereza: estrategias basadas en nanosistemas para mejorar la función endotelial y la absorción intestinal. *Alimentos*, *9*. <https://doi.org/10.3390/alimentos9020207>
- Bojarczuk, A., & Dzitkowska-Zabielska, M. (2022). Polyphenol supplementation and antioxidant status in athletes: A narrative review. *Nutrients*, *15*(1), 158. <https://doi.org/10.3390/nu15010158>

- Bowtell, J., & Kelly, V. (2019). Fruit-derived polyphenol supplementation for athlete recovery and performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(S1), 3–23. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0998-x>
- Brandenburg, J. P., & Giles, L. V. (2021). Blueberry supplementation reduces the blood lactate response to running in normobaric hypoxia but has no effect on performance in recreational runners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00423-7>
- Canals-Garzón, C., Guisado-Barrilao, R., Martínez-García, D., Chiroso-Ríos, I. J., Jerez-Mayorga, D., & Guisado-Requena, I. M. (2022). Effect of antioxidant supplementation on markers of oxidative stress and muscle damage after strength exercise: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1803. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031803>
- Cerqueira, É., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Lourenço, O. (2020). Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise—A systematic review. *Frontiers in physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01550>
- Coba-Santamaría, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M. F., & Huachi, L. (2012). Estudio Etnobotánico del Mortiño (*Vaccinium floribundum*) como Alimento Ancestral y Potencial Alimento Funcional. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida*, 16(2), 5–7.
- Cuningham, D. G., Vannozzi, S. A., Turk, R., Roderick, R., Oshea, E., & Brilliant, K. (2005). Constituyentes fitoquímicos del arándano americano (*Vaccinium macrocarpon*) y sus beneficios para la salud. *Revista de fitoterapia*, 5(1), 5–16.
- Davis, J. M., Carlstedt, C. J., Chen, S., Carmichael, M. D., & Murphy, E. A. (2010). The dietary flavonoid quercetin increases VO<sub>2</sub>max and endurance capacity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(1), 56–62. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.20.1.56>
- Davis, J. M., Murphy, E. A., Carmichael, M. D., & Davis, B. (2009). Quercetin increases brain and muscle mitochondrial biogenesis and exercise tolerance. *American*

*Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 296(4), R1071-7. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.90925.2008>

Dékány, M., Nemeskéri, V., Györe, I., Harbula, I., Malomsoki, J., & Pucsok, J. (2006). Antioxidant status of interval-trained athletes in various sports. *International journal of sports medicine*, 27(2), 112–116. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865634>

García-Perdomo, H. A. (2015). Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis. *Revista Urología Colombiana / Colombian Urology Journal*, 24(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.uroco.2015.03.005>

Ghashghaei, F., Sharifi, G., & Najafabadi, A. (2014). Oxidative stress and total antioxidant capacity in handball players. *Advanced Biomedical Research*, 3(1), 181. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.139538>

Gimeno Creus, E. (2004). Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Offarm*, 23, 80–84.

González Calvo, G., & García López, D. (2012). Ejercicio físico y radicales libres, ¿es necesaria la suplementación con antioxidantes? *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(46), 369–388.

Haramizu, S., Ota, N., Hase, T., & Murase, T. (2011). Catechins attenuate eccentric exercise-induced inflammation and loss of force production in muscle in senescence-accelerated mice. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 111(6), 1654–1663. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01434.2010>

Huang, W., Zhu, Y., Li, C., Sui, Z., & Min, W. (2016). Effect of blueberry anthocyanins malvidin and glycosides on the antioxidant properties in endothelial cells. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1591803. <https://doi.org/10.1155/2016/1591803>

Kang, H.-J., Ko, M.-J., & Chung, M.-S. (2021). Anthocyanin structure and pH dependent extraction characteristics from blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and

- chokeberries (*Aronia melanocarpa*) in subcritical water state. *Foods (Basel, Switzerland)*, *10*(3), 527. <https://doi.org/10.3390/foods10030527>
- Kashi, D. S., Shabir, A., Da Boit, M., Bailey, S. J., & Higgins, M. F. (2019). The efficacy of administering fruit-derived polyphenols to improve health biomarkers, exercise performance and related physiological responses. *Nutrients*, *11*(10), 2389. <https://doi.org/10.3390/nu11102389>
- Lamprecht, A., Ubrich, N., Yamamoto, H., Schäfer, U., Takeuchi, H., Maincent, P., & Kawashima, Y. (2001). Lehr CM Nanopartículas biodegradables para la administración dirigida de fármacos en el tratamiento de la enfermedad inflamatoria intestinal. *J. Farmacol. Exp. El r*, *299*, 775–781.
- Ma, L., Sun, Z., Zeng, Y., Luo, M., & Yang, J. (2018). Molecular mechanism and health role of functional ingredients in blueberry for chronic disease in human beings. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(9). <https://doi.org/10.3390/ijms19092785>
- Malaguti, M., Angeloni, C., & Hrelia, S. (2013). Polyphenols in exercise performance and prevention of exercise-induced muscle damage. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2013*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/825928>
- McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Dumke, C. L., Shooter, L. A., Henson, D. A., Utter, A. C., Milne, G., & McAnulty, S. R. (2011). Effect of blueberry ingestion on natural killer cell counts, oxidative stress, and inflammation prior to and after 2.5 h of running. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, *36*(6), 976–984. <https://doi.org/10.1139/h11-120>
- McAnulty, S. R., McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Dumke, C. L., Morrow, J. D., Utter, A. C., Henson, D. A., Proulx, W. R., & George, G. L. (2004). Consumption of blueberry polyphenols reduces exercise-induced oxidative stress compared to vitamin C. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, *24*(3), 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2003.10.003>
- Meléndez-Jácome, M. R., Flor-Romero, L. E., Sandoval-Pacheco, M. E., Vasquez-Castillo, W. A., & Racines-Oliva, M. A. (2021). *Vaccinium* spp.: Karyotypic and

- phylogenetic characteristics, nutritional composition, edaphoclimatic conditions, biotic factors and beneficial microorganisms in the rhizosphere. *Scientia agropecuaria*, 12(1), 109–120. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.013>
- Melikoglu, M. A., Kaldirimci, M., Katkat, D., Sen, I., Kaplan, I., & Senel, K. (2008). The effect of regular long term training on antioxidant enzymatic activities. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 388–390.
- Miller, K., Feucht, W., & Schmid, M. (2019). Bioactive Compounds of Strawberry and Blueberry and Their Potential Health Effects Based on Human Intervention Studies: A Brief Overview”. *Nutrients*, 11. <https://doi.org/10.3390/nu11071510>
- Mittal, M., Siddiqui, M. R., Tran, K., & Reddy, S. P. (2014). Malik AB Especies reactivas de oxígeno en inflamación y lesiones tisulares. *Antioxidante. Señal redox*, 20, 1126–1167. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.5149>
- Moreno, B., Muñoz, M., & Cuellar, J. (2018). Systematic Reviews: definition and basics notions. *Revista Clínica Periodoncia Implantología Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186.
- Morillas-Ruiz, J. M., Villegas García, J. A., López, F. J., Vidal-Guevara, M. L., & Zafrilla, P. (2006). Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 25(3), 444–453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.11.007>
- Murase, T., Haramizu, S., Ota, N., & Hase, T. (2009). Suppression of the aging-associated decline in physical performance by a combination of resveratrol intake and habitual exercise in senescence-accelerated mice. *Biogerontology*, 10(4), 423–434. <https://doi.org/10.1007/s10522-008-9177-z>
- Murase, T., Haramizu, S., Shimotoyodome, A., Nagasawa, A., & Tokimitsu, I. (2005). Green tea extract improves endurance capacity and increases muscle lipid oxidation in mice. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 288(3), R708-15. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00693.2004>

- Myburgh, K. H. (2014). Polyphenol supplementation: Benefits for exercise performance or oxidative stress? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *44*(S1), 57–70. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0151-4>
- Nyberg, S., Gerring, E., Gjellan, S., Vergara, M., Lindström, T., & Nystrom, F. H. (2013). Effects of exercise with or without blueberries in the diet on cardio-metabolic risk factors: an exploratory pilot study in healthy subjects. *Upsala Journal of Medical Sciences*, *118*(4), 247–255. <https://doi.org/10.3109/03009734.2013.825348>
- Reid, M. B. (2016). Redox interventions to increase exercise performance: Redox interventions and exercise performance. *The Journal of Physiology*, *594*(18), 5125–5133. <https://doi.org/10.1113/jp270653>
- Pingitore, A., Lima, G. P. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015). Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, *31*(7–8), 916–922. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005>
- Sánchez-Moreno, C., Kimler, V. A., Cordts, F. L., Cady, J. A., Weller, M. A., Dumper, J. W., Williams, P., Pink, F. E., Rasmussen, H. M., Jiménez-Escrig, A., Martin, A., Joseph, J. A., & Marks, C. R. C. (2008). Effect of a blueberry nutritional supplement on macronutrients, food group intake, and plasma vitamin E and vitamin C in US athletes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *59*(4), 327–338. <https://doi.org/10.1080/09637480701550176>
- Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(8), 2432–2438. <https://doi.org/10.1021/jf011097r>
- Singla, R. K., Dubey, A. K., Garg, A., Sharma, R. K., Fiorino, M., Ameen, S. M., Haddad, M. A., & Al-Hiary, M. (2019). Natural polyphenols: Chemical classification, definition of classes, subcategories, and structures. *Journal of AOAC International*, *102*(5), 1397–1400. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.19-0133>
- Sorrenti, V., Fortinguerra, S., Caudullo, G., & Buriani, A. (2020). Deciphering the role of polyphenols in sports performance: From nutritional genomics to the gut



Microbiota toward phytonutritional epigenomics. *Nutrients*, 12(5), 1265.  
<https://doi.org/10.3390/nu12051265>

Taruscio, T. G., Barney, D. L., & Exon, J. (2004). Contenido y perfil de compuestos de ácido fenólico y flavonoides en conjunto con la capacidad antioxidante para una variedad de bayas de *Vaccinium* del noroeste. *J Química alimentaria agrícola*, 52(10), 3169–3176. <https://doi.org/10.1021/jf0307595>

Tonin, F. S., Steimbach, L. M., Wiens, A., Perlin, C. M., & Pontarolo, R. (2015). Impacto f Natural Juice Consumption on Plasma Antioxidant Status: A Systematic Review and Meta-Analysis”. *Molecules*, 20, 22146–22156.

Tsao, J.-P., Liu, C.-C., Wang, H.-F., Bernard, J. R., Huang, C.-C., & Cheng, I.-S. (2021). Oral Resveratrol supplementation attenuates exercise-induced Interleukin-6 but not Oxidative Stress after a high intensity cycling challenge in adults. *International Journal of Medical Sciences*, 18(10), 2137–2145. <https://doi.org/10.7150/ijms.55633>