



**Universidad**  
**Zaragoza**

## **Trabajo Fin de Grado**

**Suplementación dietético-nutricional y  
economía de carrera: Una revisión sistemática**

*Dietary-Nutritional supplementation and running economy: A  
systematic review*

Autor

**Santiago García Igea**

Director

Alejandro Gómez Bruton (Área de Educación Física y Deportiva)

**Titulación: Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte de la Universidad de Zaragoza

2023-2024

## Resumen

La economía de carrera es un factor de rendimiento deportivo muy importante en disciplinas de resistencia. Una buena economía de carrera permite mantener un ritmo competitivo durante periodos largos mejorando la capacidad de resistencia y el rendimiento en general. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión de la literatura sobre la suplementación nutricional con evidencia elevada o moderada y su impacto en la economía de carrera siguiendo la metodología PRISMA. Para ello se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed y SCOPUS. De los 676 artículos iniciales se incluyeron un total de 10 artículos en la presente revisión. Los principales hallazgos revelan que solo dos estudios muestran mejoras en la economía de carrera. En conclusión, el estudio de cómo afecta la suplementación en la economía de carrera es todavía reciente y no se pueden establecer resultados concluyentes con la literatura disponible en la actualidad. Parece ser que la mayoría de suplementos no mejoran la economía de carrera.

## Abstract

Running economy is a very important performance factor in endurance disciplines. Good running economy allows maintaining a competitive pace over long periods, improving endurance capacity and overall performance. The aim of this work is to revise the literature on nutritional supplementation with high or moderate evidence and its impact on running economy following the PRISMA methodology. For this purpose, a search was conducted in PubMed and SCOPUS databases. Out of the initial 676 articles, a total of 10 articles were included in the present review. The main findings reveal that only two studies in this project show improvements in running economy. In conclusion, the study of how supplementation affects running economy is still recent and conclusive results cannot be established with the currently available literature. It seems that most supplements do not improve running economy.

## Índice

Resumen .....	1
1. Introducción .....	3
2. Objetivo.....	5
3. Metodología.....	6
3.1 Criterios de elegibilidad .....	6
3.2 Fuentes de información .....	7
3.3 Estrategia de búsqueda.....	7
3.4 Proceso de selección de los estudios.....	11
3.5 Proceso de extracción de los datos .....	11
3.6 Lista de datos .....	12
3.7 Calidad individual de los estudios .....	12
4. Resultados y Discusión .....	14
4.1 Selección de estudios .....	14
4.2 Población .....	15
4.3 Pruebas realizadas .....	15
4.4 Resultados de la síntesis .....	17
4.5 Suplementación utilizada.....	19
5. Riesgo de sesgo de los estudios individuales .....	27
6. Discusión .....	28
7. Conclusiones .....	29
8. Limitaciones de estudio .....	29
9. Bibliografía .....	31
Anexo 1. Tabla PRISMA .....	34

## 1. Introducción

La economía de carrera se define como la eficiencia con la que un individuo utiliza el oxígeno durante la actividad física, siendo un concepto central en el rendimiento deportivo (1).

Se ha establecido como un determinante crucial del éxito en una amplia gama de disciplinas deportivas, desde el atletismo de resistencia hasta el ciclismo y el triatlón. En esencia, una mejor economía de carrera permite a los atletas mantener un ritmo competitivo durante períodos prolongados de ejercicio, lo que se traduce en una mejora sustancial en la capacidad de resistencia y en el rendimiento general (2).

En cuanto a la medición de la economía de carrera es complicado estimarla de manera indirecta. Si se desea evaluarla como tal, el enfoque estándar para cuantificarla implica medir el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) mientras se corre en una cinta de correr a varias velocidades constantes durante un tiempo suficientemente largo para alcanzar un estado fisiológico estable. Típicamente, en los estudios se han utilizado duraciones de 3 a 15 minutos a una velocidad por debajo del umbral ventilatorio/láctico, ya que por encima de esta intensidad se evidencia un componente lento del metabolismo anaeróbico que puede enmascarar la verdadera capacidad aeróbica del individuo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos rangos pueden variar dependiendo del protocolo de prueba específico y de las características individuales del sujeto en cuestión. Además, la inclusión de intervalos de mayor duración podría proporcionar una mejor evaluación de la capacidad aeróbica en situaciones donde el metabolismo anaeróbico juega un papel significativo, como en deportes de resistencia (3).

Investigaciones científicas han demostrado que los corredores que exhiben una economía de carrera más efectiva son capaces de mantener un porcentaje mayor de su consumo

máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2$  máx) durante la realización de ejercicio de resistencia teniendo un impacto significativo en el rendimiento (4).

Los factores metabólicos y cardiorrespiratorios que afectan la economía de carrera incluyen la frecuencia cardíaca, el volumen espiratorio, la temperatura corporal y el tipo de fibra muscular. Aunque no parece haber un patrón biomecánico fácilmente identificable o universalmente aplicable de movimiento "eficiente" que se aplique a todos los corredores, parece que los corredores con una variedad de características antropométricas, como una distribución de masa cercana al tronco, parecen tener una mejor economía de carrera (5). Con respecto a la eficiencia neuromuscular, el tiempo y la amplitud de la actividad muscular antes y en la fase inicial del contacto con el suelo afectan a la economía de carrera debido al aprovechamiento de la energía elástica almacenada (3).

Dada la importancia de este factor de rendimiento en la élite, se han investigado diferentes intervenciones extrínsecas a los atletas para mejorar la economía de carrera. Por ejemplo, investigaciones sobre calzado han encontrado que los zapatos que incluyen una placa de fibra de carbono y minimalistas pueden influir positivamente en la economía de carrera debido a su diseño ligero y amortiguador, demostrando una mejora del 4% en este factor (6). Los nuevos modelos de calzado deportivo han tenido un claro impacto en el rendimiento de la maratón, estas mejoras se deben parcialmente a la mejora de la economía de carrera conseguida con este tipo de calzado (7).

Otra de las estrategias en la búsqueda continua de optimizar el rendimiento deportivo se ha centrado cada vez más en el papel de la nutrición y, en particular, en el impacto de la suplementación nutricional en la economía de carrera.

La suplementación nutricional se refiere al consumo de nutrientes en formas concentradas, como vitaminas, minerales, aminoácidos, ácidos grasos esenciales u otras sustancias, con el objetivo de mejorar la salud y el rendimiento deportivo.

El interés en la suplementación nutricional como estrategia para mejorar la economía de carrera ha aumentado considerablemente en los últimos años, respaldado por una creciente base de evidencia científica y el testimonio de atletas de élite. Sin embargo, el campo de la suplementación nutricional es complejo y en constante evolución, con una amplia gama de productos disponibles y un debate continuo sobre su eficacia, seguridad y legalidad (8).

## 2. Objetivo

En este contexto, se propone realizar una revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre la suplementación nutricional y su impacto en la economía de carrera siguiendo la metodología PRISMA (9). Se analizará la literatura existente sobre los suplementos con una evidencia elevada o moderada para mejorar el rendimiento según el consenso de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN por sus siglas en inglés) (10).

El objetivo final de este trabajo es proporcionar una comprensión más profunda de la relación entre la suplementación nutricional y la economía de carrera, así como ofrecer recomendaciones prácticas basadas en la evidencia para atletas, entrenadores y profesionales de la salud.

### 3. Metodología

Se ha usado la metodología PRISMA (9) con el objetivo de proporcionar un marco estructurado y transparente, garantizando la inclusión de los estudios relevantes y la presentación clara de los resultados. En el Anexo 1 se encuentra la tabla PRISMA en la cual se pueden localizar los diferentes ítems que forman parte de esta metodología.

#### 3.1 Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Estudios controlados, aleatorizados y ciegos.
- En adultos.
- Escrito en castellano o inglés.
- Prueba de esfuerzo en tapiz rodante con analizador de gases.
- Un grupo ingiere el suplemento a estudiar y el otro un placebo.
- Artículos publicados a partir del año 2000.

Criterios de exclusión:

- Edad fuera del rango de adultos o con patologías: Se excluyeron estudios que incluían participantes menores de edad o aquellos con condiciones médicas preexistentes que podrían afectar los resultados.
- Estudios no controlados, no aleatorizados o no ciegos: Se excluyeron aquellos estudios que no cumplían con los criterios de diseño específicos de control, aleatorización y cegamiento.
- Uso de métodos de evaluación distintos a la prueba de esfuerzo en tapiz rodante con analizador de gases: Se excluyeron los estudios que utilizaban métodos de evaluación diferentes, ya que se busca una comparación uniforme entre los grupos.

- Grupos de estudio que no cumplan con la administración del suplemento y placebo: Se excluyeron aquellos estudios donde no se administraba el suplemento a un grupo y un placebo al otro, ya que esto garantiza la comparación adecuada de los efectos del suplemento.
- Se excluyeron estudios anteriores al 2000 con el objetivo de garantizar la relevancia y actualidad de los datos analizados.

### 3.2 Fuentes de información

Las bases de datos utilizadas para la obtención de los artículos que se van a tratar en esta revisión sistemática son PubMed y SCOPUS.

La última fecha en la que se consultaron estos recursos fue el 30 de noviembre de 2023.

### 3.3 Estrategia de búsqueda

Se identificaron los términos clave y conceptos relacionados, los cuales, se utilizaron como base para desarrollar la estrategia de búsqueda que incluyó una combinación de palabras clave y sinónimos relevantes.

En la búsqueda en PubMed, se optó por incluir términos de encabezados de temas médicos (MeSH) para refinar aún más los resultados. Los términos MeSH son estándares de indexación que ayudan a organizar la literatura biomédica y facilitan la recuperación de artículos pertinentes.

La estrategia de búsqueda se desarrolló utilizando los operadores booleanos (AND, OR) para combinar los términos clave y limitar los resultados según criterios específicos. Se prestaron especial atención a los términos relacionados con el tema principal del estudio, así como a aquellos que podrían abordar aspectos específicos del problema de investigación. Tras ejecutar la búsqueda, se aplicaron filtros disponibles en las plataformas para refinar los resultados según criterios como el tipo de estudio (estudio

controlado aleatorizado doble ciego) el idioma (castellano o inglés) o la fecha de publicación (posterior al año 2000).

Con respecto a las palabras clave utilizadas para los suplementos nutricionales se incluyeron solamente los que tienen una evidencia científica media o elevada de que su consumo puede mejorar factores de rendimiento en el deporte según el consenso de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (10).

Se utilizaron términos de búsqueda relevantes relacionados con suplementos nutricionales, economía de carrera y rendimiento deportivo para identificar los artículos de interés tal y como se especifica en la Tabla 1.

*Tabla 1. Estrategia de búsqueda*

	<b>PubMed</b>	<b>SCOPUS</b>
<b>Supplements keywords</b>	("Dietary Supplements"[Mesh] OR "supplement*", dietary" OR "Dietary supplement*" OR "Dietary Carbohydrates"[Mesh] OR "Dietary carbohydrates" OR "Dietary Proteins"[Mesh] OR "Dietary proteins" OR "β-hydroxy β-methylbutyrate" OR "HMB" OR "L-alanyl-L-glutamine" OR "Sport drinks" OR "sodium phosphate" OR "beta-Alanine"[Mesh] OR "Beta alanine" OR "Beta-alanine" OR "Taurine"[Mesh] OR Taurine OR "Quercetin"[Mesh] OR quercetin OR "Nitrates" [Mesh] OR nitrates OR "Glycerol" [Mesh] OR glycerol OR "Amino Acids, Essential" [Mesh] OR "amino acids, essential" OR "Essential	(( "Dietary Supplements" OR "supplement*", dietary" OR "Dietary supplement*" OR "Dietary Carbohydrates" OR "Dietary carbohydrates" OR "Dietary Proteins" OR "Dietary Proteins" OR "Dietary proteins" OR "β-hydroxy β-methylbutyrate" OR "HMB" OR "L-alanyl-L-glutamine" OR "Sport drinks" OR "sodium phosphate" OR "beta-Alanine" OR "Beta alanine" OR "Beta-alanine" OR "Taurine" OR taurine OR "Quercetin" OR

	<p>amino acids" OR "Essential aminoacids" OR "Citrulline" [Mesh] OR citrulline OR "Amino Acids, Branched-Chain" [Mesh] OR "amino acids, branched-chain" OR "branched-chain amin*" OR "Arachidonic Acid" [Mesh] OR "arachidonic acid" OR "Water" [Mesh] OR "water" OR "Sodium Bicarbonate" [Mesh] OR "sodium bicarbonate" OR "Creatine" [Mesh] OR creatine OR "Creatine monohydrate" OR "Caffeine" [Mesh] OR caffeine)</p>	<p>quercetin OR "Nitrates" OR nitrates OR "Glycerol" OR glycerol OR "Amino Acids, Essential" OR "amino acids, essential" OR "Essential amino acids" OR "Essential aminoacids" OR "Citrulline" ORcitrulline OR "Amino Acids, Branched-Chain" OR "amino acids, branched-chain" OR "branched-chain amin*" OR "Arachidonic Acid" OR "water" OR "Sodium Bicarbonate" OR "sodium bicarbonate" OR "Creatine" OR creatine OR "Creatine monohydrate" OR "Caffeine" OR caffeine )</p>
	AND	
<b>Running economy keywords</b>	<p>("running economy" OR "VO2" OR "cost of running" OR "consumed oxygen" OR "running efficiency" OR "oxygen consumption" OR "running cost" OR "Oxygen uptake")</p>	<p>( "running economy"OR "VO2" OR "cost of running" OR "consumed oxygen" OR "running efficiency" OR "oxygen consumption"OR "running cost" OR "Oxygen uptake" )</p>
	AND	

<b>Running keywords</b>	("Running"[Mesh] OR running or runners)	("Running" OR running OR runners)
<b>Filtration</b>		( clinic* W/1 trial* ) OR ( randomi* W/1 control* ) OR ( randomi* W/2 trial* ) OR ( random* W/1 assign* ) OR ( random* W/1 allocat* ) OR ( control* W/1 clinic* ) OR ( control* W/1 trial ) OR placebo* OR ( quantitat* W/1 stud* ) OR ( control* W/1 stud* ) OR ( randomi* W/1 stud* ) OR ( singl* W/1 blind* ) OR ( singl* W/1 mask* ) OR ( doubl* W/1 blind* ) OR ( doubl* W/1 mask* ) OR ( tripl* W/1 blind* ) OR ( triplW/1 mask ) OR ( trebl* W/1 blind* ) OR ( trebl* W/1 mask* ) ) AND NOT ( SRCTYPE ( b ) OR SRCTYPE ( k ) OR SRCTYPE ( p ) OR SRCTYPE ( r ) OR SRCTYPE ( d ) OR DOCTYPE ( ab ) OR DOCTYPE ( bk ) ORDOCTYPE ( ch ) OR DOCTYPE ( bz ) OR DOCTYPE ( cr ) OR DOCTYPE ( ed ) OR

		DOCTYPE ( er ) OR DOCTYPE ( le ) OR DOCTYPE ( no ) OR DOCTYPE ( pr ) OR DOCTYPE ( rp ) OR DOCTYPE ( re ) OR DOCTYPE ( sh )
<b>Results</b>	259	417

### 3.4 Proceso de selección de los estudios

Se realizaron dos fases de filtrado de los artículos para decidir si cumplían con los criterios de inclusión y exclusión.

En la primera fase se descartaron aquellos que no cumplían los requisitos a través de la información proporcionada en el título o abstract de cada artículo.

En la segunda fase hubo una lectura crítica de aquellos que habían pasado la primera fase, y se comprobó si cumplían los requisitos una vez leídos por el autor principal de este trabajo.

### 3.5 Proceso de extracción de los datos

Se identificaron las variables clave a extraer de los estudios, tales como características de los participantes, tipos de test realizados, metodología de la suplementación y resultados.

Se diseñaron tablas específicas para registrar la información relevante de cada estudio. Fueron estructuradas y adaptadas asegurando la captura exhaustiva de los datos fundamentales para la revisión.

No se realizó ninguna prueba piloto del proceso de extracción de datos que hubiera permitido identificar posibles dificultades y realizar ajustes necesarios en las tablas para mejorar la eficiencia y precisión del proceso.

Con las tablas ajustadas, se procedió a la extracción de datos de manera sistemática para cada estudio incluido en la revisión. Se revisaron detalladamente los textos de los artículos a través de una lectura completa de los mismos para identificar y registrar la información relevante de acuerdo con los criterios predefinidos.

Los datos extraídos se registraron de manera organizada en la Tabla 2. Se prestó especial atención a la precisión y consistencia de los registros para facilitar el análisis posterior.

### 3.6 Lista de datos

En esta revisión sistemática, la pregunta de investigación se formuló siguiendo el enfoque PICO para delimitar claramente los componentes clave de interés:

Población (P): Hombres y mujeres sanos.

Intervención (I): Suplementación dietética con suplementos que tienen una evidencia científica media o elevada (10).

Comparación (C): Grupo que ingiere un placebo.

Resultado (O): Evaluación de la economía de carrera.

¿Pueden los suplementos nutricionales mejorar la economía de carrera en adultos sanos?

### 3.7 Calidad individual de los estudios

Al tratarse de una revisión sistemática, se llevó a cabo un enfoque cualitativo ya que se centra en la revisión y análisis crítico de la literatura científica disponible sobre el tema.

Se usó la escala JADAD(11) para valorar la calidad individual de los estudios, este cuestionario da una puntuación en una escala que va de 0 a 5 puntos, de manera que a mayor puntuación mejor calidad metodológica tiene el ensayo evaluado.

Se considera como «riguroso» un ensayo clínico aleatorizado (ECA) de 5 puntos. Un ensayo clínico es de pobre calidad si su puntuación es inferior a 3 puntos.

A continuación, se exponen las preguntas con su respectiva puntuación:

1. ¿El estudio se describe como aleatorizado (o randomizado)?
  - Sí: 1 punto
  - No: 0 puntos
  
2. ¿Se describe el método utilizado para generar la secuencia de aleatorización y este método es adecuado?
  - Sí: 1 punto
  - No: 0 puntos
  
3. ¿El estudio se describe como doble ciego?
  - Sí: 1 punto
  - No: 0 puntos
  
4. ¿Se describe el método de enmascaramiento (o cegamiento) y es adecuado?
  - Sí: 1 punto
  - No: 0 puntos
  
5. ¿Hay una descripción de las pérdidas de seguimiento y los abandonos?
  - Sí: 1 punto
  - No: 0 puntos

La puntuación obtenida a través de la escala JADAD se encuentran en la Tabla 3 ubicada en el apartado de resultados.

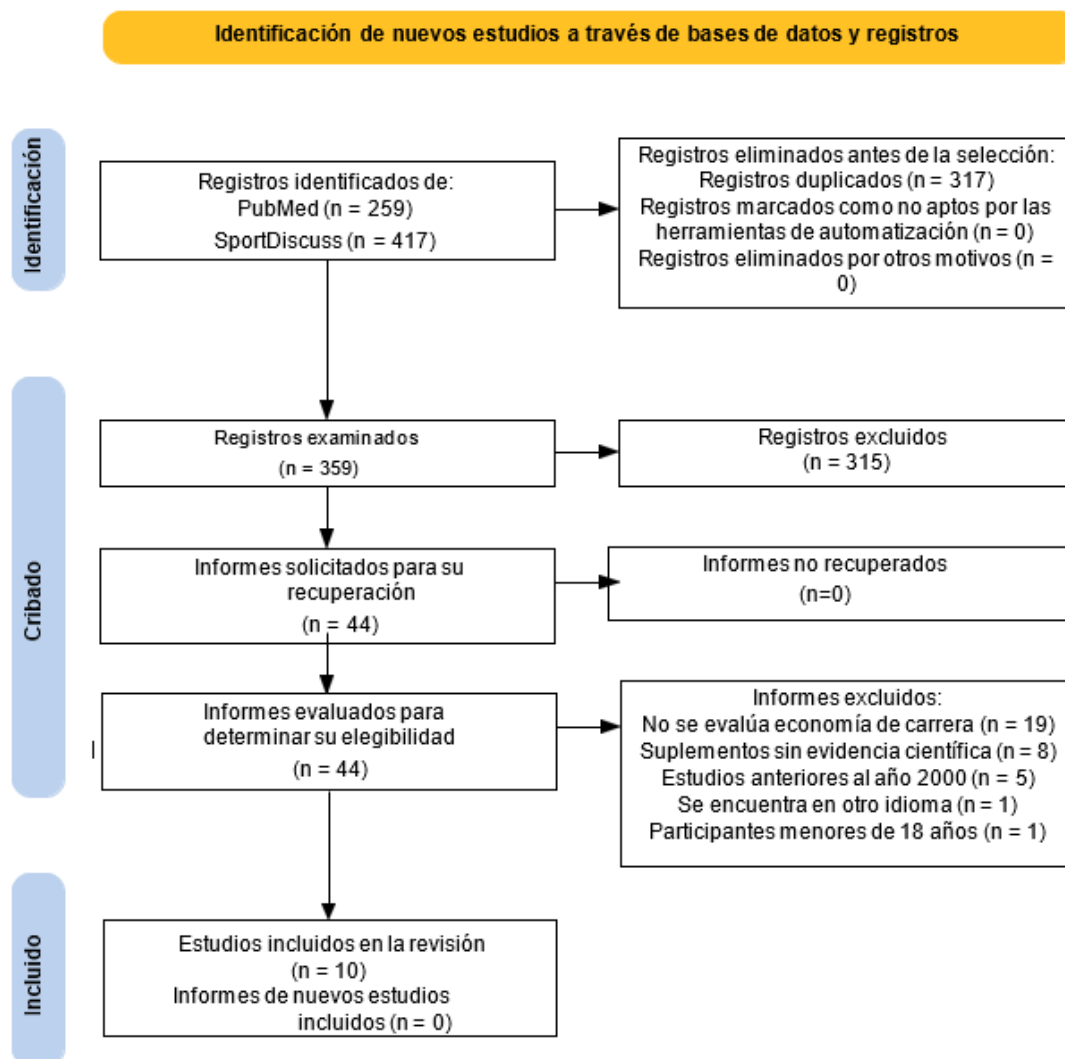
## 4 Resultados y Discusión

### 4.1 Selección de estudios

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo siguiendo un enfoque sistemático para garantizar la inclusión de la literatura relevante acorde a los criterios de inclusión y exclusión establecidos anteriormente.

El diagrama de flujo PRISMA (Figura 1) ilustra visualmente el proceso de selección, desde la identificación de fuentes hasta la inclusión de estudios en la revisión.

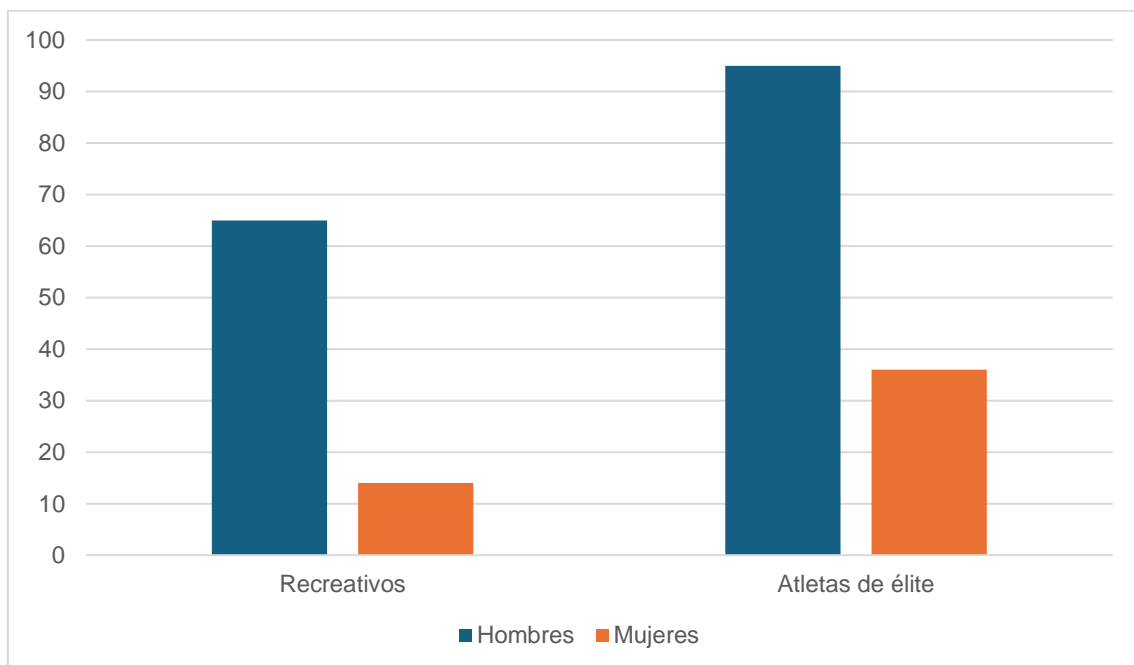
Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA



## 4.2 Población

Los 10 artículos seleccionados forman una población de estudio de 210 personas, de las cuales 160 son hombres (76%) y 50 son mujeres (24%). La edad de estos se encuentra comprendida entre los 18 y los 34 años aproximadamente. Con respecto al nivel de actividad física de los mismos se encuentran 65 hombres corredores recreativos y 14 mujeres corredoras recreativas; 95 atletas de élite masculinos y 36 atletas de élite femeninas tal y como se muestra en la Figura 2.

*Figura 2. Nivel deportivo de los participantes*



## 4.3 Pruebas realizadas

Los tipos de test utilizados en los estudios se centran principalmente en evaluar la economía de carrera, es decir, la eficiencia con la que los corredores utilizan el oxígeno durante la actividad física.

En la Tabla 2 se muestra tanto la población como los test realizados.

Entre los test utilizados se encuentran:

Test en cinta de correr en función del VO<sub>2</sub> máx:

En los diferentes estudios los participantes corren a intensidades que van desde el 50% al 80 % del VO<sub>2</sub> máx durante 5 a 7 minutos normalmente (Boorsma RK et al.(12), Stadheim HK et al.(13), Alghannam et al.(14), Huang X et al.(13), Evans M et al.(18), Oskarsson J et al.(19), Roberts JD et al.(20)); salvo el estudio de Evans M et al.(14) donde la prueba es durante 60 minutos al 65% del VO<sub>2</sub> máx y el artículo de Roberts JD et al.(15) en el que el protocolo son 65 minutos al 75% del VO<sub>2</sub> máx.

Test en tapiz rodante a una velocidad determinada:

Se llevan a cabo protocolos desde los 8 Km/h a los 20 km/h durante 3 a 5 minutos. En el estudio de Sandbakk SB et al.(16) se establece una velocidad en la cinta a 10 km·h<sup>-1</sup> y 14 km·h<sup>-1</sup> con una inclinación del 1% durante 5 minutos, sin embargo, el artículo de Balsalobre-Fernández C et al.(17) utiliza un test en tapiz rodante durante 3 min a 15, 17,1 y 20 km·h<sup>-1</sup>.

Pruebas de carrera en cinta a velocidad autoseleccionada:

En este tipo de prueba, los participantes tienen la libertad de seleccionar su propia velocidad de carrera en una cinta durante un tiempo o distancia específica, que en este caso se establece en 10 km, (Sergeev, Igor N et al. (18)).

#### 4.4 Resultados de la síntesis

Tabla 2. Artículos seleccionados

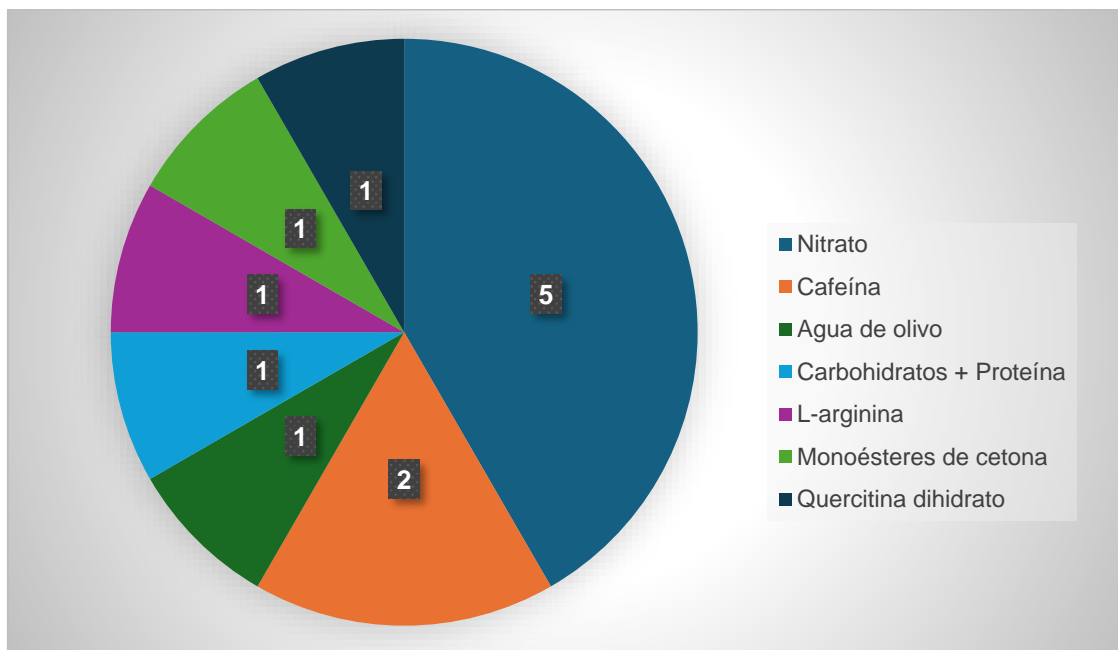
Autor y año	Participantes	Edad	Suplemento (S)/Placebo (PLA)	Dosis	Momento de ingesta	Test de Economía de Carrera	Resultado
Boorsma RK et al.(12) 2014	8 atletas de élite masculinos.	23,8 ± 5 años	S: Zumo de remolacha concentrado (BR) (6,5 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / 70 ml de Beet It Sport. PLA: Zumo de remolacha sin nitratos.	Día 1 y 8: 210 ml (19,5 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Días del 2 al 7:140 ml de BR (13,0 mmol de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) o PLA con el almuerzo.	2,5 h antes del test.	Test en cinta durante 7 minutos a 50%, 65% y 80% del VO <sub>2</sub> máx Inclinación 1%.	No se mejoró la economía de carrera submáxima.
Stadheim HK et al.(19) 2021	22 atletas de élite masculinos.	24 ± 1 año	S: Cafeína a una concentración de 3 mg·ml. PLA: Refresco (Fun Light) sin adiciones.	La dosis fue de 4,5 mg por kg de peso.	45 min antes del calentamiento estandarizado.	Test en cinta durante 5 mins a 55%, 60%, 65% y 70% del VO <sub>2</sub> máx Inclinación 10,5 grados.	No se mejoró la economía de carrera.
Alghannam et al.(20) 2020	23 hombres y 2 mujeres recreativos.	20 ± 2	S: Sacarosa (CHO) + proteína de suero hidrolizada (Prot). PLA: Sacarosa.	S: 0,8 g/kg de CHO + 0,8 g Prot/ kg PLA: 1,6 g /kg de CHO.	1 hora después del ejercicio.	Test en cinta durante 5 mins a 60%, 70% y 75% del VO <sub>2</sub> máx.	No se mejoró la economía de carrera.
Sandbakk SB et al.(16) (2014)	9 esquiadores de fondo masculinos.	18 ± 0 años	S: L-arginina y nitrato. PLA: Maltrodextrina.	Grupo 1: 6 g de L-arginina y 614 mg de nitrato. Grupo 2: 614 mg de nitrato + placebo.	2, 5 horas antes de la prueba.	Test en cinta: 10 km·h <sup>-1</sup> y 14 km·h <sup>-1</sup> con una inclinación del 1 % durante 5 minutos.	No se mejoró la economía de carrera.
Huang X et al.(13) 2023	44 triatletas masculinos y 36 femeninas.	21,50 ± 1,15 años	S: BR 6,5 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /70 ml). PLA: Bebida sin nitratos.	3 veces al día durante 7 días.	Junto con las comidas.	Test en cinta durante 5 mins a 60%, 70% y 80 % del VO <sub>2</sub> máx.	No se mejoró la economía de carrera al 60 y 70% del VO <sub>2</sub> máx. Se observaron mejoras en la economía de carrera al 80% del VO <sub>2</sub> máx

Sergeev, Igor N et al. (18) 2013	8 hombres recreativos.	23,25 ± 4,2 años	S: Quercitina dihidrato. PLA: No especificado.	S: Cada pastilla contiene 500 mg.	Una pastilla por la mañana y otra por la tarde.	Test en cinta rodante a velocidad autoseleccionada durante 10 km.	No se mejoró la economía de carrera.
Evans M et al.(14) 2019	7 corredores hombres y 1 mujer.	33,5 ± 7,3 años	S: Monoésteres de cetona (CHO + KME). PLA: No definido, consumido con CHO.	573 mg·kg	30 min antes y a los 20, 40 y 60 minutos de la carrera al 65% de la VO <sub>2</sub> máx.	60 min de carrera en cinta al 65% del VO <sub>2</sub> máx seguido de un TT de 10 km a su propio ritmo.	No se mejoró la economía de carrera submáxima
Oskarsson J et al.(21) 2018	7 hombres y 2 mujeres corredores.	30,4 ± 6,3 años	S: Zumo de remolacha (BR) y cafeína. PLA: Placebo de BR y pastilla de azúcar.	BR: 70 ml concentrado a 7,3 mmol de nitrato. Cafeína © a 4,8 ± 0,4 (4,3-5,6) mg/kg.	150 min antes de cada sesión de prueba.	Test en tapiz rodante submáximo de 5 minutos a 70% y 80% del VO <sub>2</sub> máx.	No se mejoró la economía de carrera.
Roberts JD et al.(15) 2023	20 hombres y 9 mujeres recreativos.	24 ± 1 año	S: Agua de olivo. PLA: Zumo de ciruela.	Cada frasco contiene 28 ml de OliP.	2 frascos por día (56 ml en total) separados por 6 h entre comidas durante 16 días.	Test en tapiz rodante submáximo de 65 minutos a 75% VO <sub>2</sub> máx.	La ingesta de OliP produjo una mejora significativa en la economía de carrera.
Balsalobre-Fernández C et al.(17) 2018	12 atletas de élite masculinos de media y larga distancia.	26,3 ± 5,1 años	S: Zumo de remolacha. PLA: Zumo libre de nitratos.	Contenido de nitratos (6,5 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /70 ml).	Durante 15 días consecutivos en el desayuno.	Test en tapiz rodante durante 3 min a 15, 17,1 y 20 km·h <sup>-1</sup> .	No se mejoró la economía de carrera.

#### 4.5 Suplementación utilizada

Son 10 artículos los que se incluyen en esta revisión, en los cuales se estudian distintos suplementos con evidencia científica media o alta (10) tal y como se puede observar en la Figura 3: Nitrato, cafeína, quercitina dihidrato, monoésteres de cetona, agua de olivo, L-Arginina y carbohidratos junto con proteínas.

Figura 3. Número de artículos incluidos que evalúan cada suplemento



##### 4.5.1 Nitrato

El nitrato se usa como suplemento en cinco artículos, tres a través de zumos de remolacha (Boorsma RK et al.(12), Huang X et al.(13), Balsalobre-Fernández C et al.(17) y en los otros dos restantes, uno combina el zumo de remolacha con cafeína (Oskarsson J et al. (21)) y el otro combina el uso de nitrato con L-arginina (Sandbakk SB et al.(16)).

**Dosis:** El estudio de Boorsma RK et al.(11) usó el nitrato en dos fases con una concentración de 6,5 mmol de NO<sub>3</sub>, una vez al día, durante ocho días, entre las fases hubo un periodo de cuatro semanas donde no se usó suplementación. La misma concentración se usó en la investigación de Huang X et al.(13) aunque el suplemento se daba tres veces

al día durante una semana. Por último, en el estudio de Balsalobre-Fernández C et al.(17) también se dio 6,5 mmol de nitrato, solo que durante 15 días consecutivos una vez al día.

Sandbakk SB et al.(16) planteó la investigación de manera que los participantes ingirieron suplementos de L-arginina (6 g) + nitrato (614 mg), nitrato (614 mg) + placebo sin L-arginina o L-arginina y placebo sin nitratos.

En la investigación de Oskarsson J et al.(19) el concentrado era de 7,3 mmol de nitrato, y también recibieron una pastilla de cafeína de 4,8 mg/kg.

**Momento de ingesta:** En el artículo de Boorsma RK et al.(11) se consumió la bebida donde se encuentra el suplemento con el almuerzo y en un plazo de 20 minutos. En el estudio de Huang X et al.(13) se ingirió el suplemento junto con las tres comidas principales. Balsalobre-Fernández C et al.(17) establecieron la ingesta del suplemento junto con el desayuno.

En la investigación de Sandbakk SB et al.(15) los suplementos se ingirieron 150 minutos antes de la prueba junto con el desayuno.

Oskarsson J et al.(19) planteó el momento de la ingesta del nitrato y la cafeína dos horas y media antes de la prueba.

**Protocolo:** Debido a que el objetivo de estos estudios es la medición de la economía de carrera, todos establecen una prueba submáxima en tapiz rodante con una duración lo suficientemente estable como para que este factor se pueda medir (Tabla 2).

**Resultados:** De los cinco estudios que estudian este suplemento tan solo el estudio de Huang X et al.(13) afirma que el uso de nitratos mejoró la economía de carrera (redujo los valores medios de  $VO_2$ , cociente respiratorio (RER) y el umbral del lactato (UL) a alta velocidad durante las pruebas submáximas de carrera en cinta rodante.

En el resto de los estudios no se encontraron diferencias significativas en la economía de carrera ni usando el nitrato como suplemento ni combinándolo con cafeína o L-arginina.

**Justificación de diferencias:** Es importante matizar que el estudio que encontró resultados significativos (Huang X et al.(13)) es el primer informe que verifica la influencia de la suplementación con nitratos en triatletas de invierno, utilizando una prueba de rendimiento combinada. La falta de mejora en la economía de carrera a velocidad media o baja observada en este estudio es consistente con estudios recientes sobre ciclistas y esquiadores de fondo. Es importante destacar que estos resultados deben interpretarse con cuidado debido a los diferentes niveles de habilidades motoras y habilidades competitivas de los participantes. Sin embargo, como deporte olímpico futuro, los hallazgos de este estudio proporcionan una aplicación práctica para los triatletas de invierno que buscan estrategias nutricionales para mejorar el rendimiento de resistencia en el entrenamiento y la competición.

Si comparamos este estudio con el resto, podemos observar que, aunque la dosis sea muy parecida a la que se usa en el resto de los estudios, la suplementación se da tres veces al día por lo que la toma del suplemento diaria se triplica con respecto a la cantidad dada en el resto de los estudios. Quizá este incremento en el consumo de nitrato pudiera ser el que explicara las mejoras encontradas en la economía de carrera.

No obstante, estudios anteriores (22,23) muestran la posibilidad de que no se logren provocar mejoras en sujetos bien entrenados porque la suplementación no aumenta el uso de nitrito de fuentes endógenas para la producción de NO durante el ejercicio.

Investigaciones anteriores (20) han demostrado que es posible que las fuentes dietéticas de nitrito no mejoren la biodisponibilidad del NO en individuos bien entrenados por varias razones. Primero, los individuos entrenados exhiben una [NO<sub>3</sub>] plasmática basal más alta

en comparación con individuos no entrenados. El nitrato plasmático fue del 41%. mayor en atletas de resistencia en comparación con el de no entrenados (24).

En segundo lugar, el entrenamiento de resistencia puede disminuir la dependencia de la vía nitrato-nitrito-NO porque el desarrollo de loci hipóxicos dentro del músculo puede reducirse (25). Este proceso sucede especialmente en sujetos recreativamente activos y moderadamente entrenados que mejoraron la economía y el rendimiento del ejercicio, potencialmente al reducir el costo de la contracción del trifosfato de adenosina y/o mejoran la eficiencia respiratoria mitocondrial a través de una mayor biodisponibilidad de NO (25).

Casualmente los cinco estudios que se presentan usando el nitrato como suplemento, cuentan con participantes bien entrenados o profesionales, por lo que faltarían estudios con participantes recreativos que usaran el nitrato como suplemento para mejorar la economía de carrera y así poder comprobar si el uso del nitrato es más eficaz por los mecanismos anteriormente comentados.

#### **4.5.2 Cafeína**

El uso de la cafeína como suplemento es estudiada de manera individual por un artículo y combinada con el nitrato por otro artículo anteriormente mencionado.

**Dosis:** En el estudio de Stadheim HK et al.(19) se usó la cafeína de manera aislada, la dosis dada a cada participante era de 4,5 mg/kg, en cambio, en el estudio que investiga la cafeína junto con el nitrato (Oskarsson J et al.(19)), se usó una dosis aproximada de 4,8 mg/kg, es decir, con una concentración similar al estudio anterior.

**Momento de la ingesta:** La ingesta en el estudio de la cafeína aislada se produjo 45 minutos antes del calentamiento, en cambio en el estudio junto con el nitrato se ingirió 150 minutos antes de cada prueba.

**Protocolo:** En el estudio de Stadheim HK et al.(19) solo el protocolo del calentamiento era válido para su medición, pero debido a que el tiempo entre la toma del suplemento y el calentamiento era suficiente para que este hiciera efecto, se da como válido en el estudio de este factor, ya que la cafeína generalmente comienza a hacer efecto dentro de los primeros 15 a 45 minutos después de consumirla, dependiendo de varios factores como la sensibilidad individual, la cantidad ingerida, la velocidad del metabolismo y si se ha consumido con el estómago vacío o con alimentos (26).

En el artículo que estudia la cafeína junto con el nitrato se midió la economía de carrera a través de test en tapiz rodante durante 5 min al 70 y 80% del  $VO_2$  máx.

**Resultados:** Los resultados nos indican que no hay efectos beneficiosos significativos sobre la ingesta de nitrato o cafeína ni de manera combinada ni aislada sobre la economía de carrera, aunque sí se encontraron algunos atletas respondedores al suplemento que mejoraron su economía de carrera.

**Justificación de diferencias:** A nivel de aplicaciones prácticas cabe destacar que hubo efectos individuales beneficiosos sobre la economía de carrera y el rendimiento con la ingesta de alguno de los suplementos, por lo que puede ser interesante que los/las atletas prueben estas ayudas nutricionales en un intento de mejorar el rendimiento obteniendo el máximo margen de beneficio, que en determinadas situaciones competitivas podrían ser significativo. Sin embargo, las respuestas después de la suplementación también pueden empeorar en algunos casos particulares y en tales situaciones, se debe evitar la ingesta de estos suplementos.

El hecho de que los participantes del estudio de Stadheim HK et al.(19) sean atletas de élite pueda explicar que no se vea una mejoría de la economía de carrera como sí se vio

en sujetos no profesionales concretos “respondedores” de la cafeína dónde sí producían una mejora en la economía de carrera.

#### **4.5.3 Otros suplementos estudiados:**

##### **Carbohidratos + Proteína (Alghannam et al.(20)**

El propósito de este estudio fue examinar la influencia de la alimentación proteica post-ejercicio sobre la respuesta adaptativa al entrenamiento con ejercicios de resistencia.

**Dosis:** Los participantes ingirieron 1,6 g por kilogramo de masa corporal (g kg BM-1) de carbohidratos (CHO) o una solución isocalórica de carbohidratos y proteínas (CHO-P; 0,8 g de carbohidratos kg BM-1 + 0,8 g de proteína kg BM-1).

**Momento de ingesta:** Inmediatamente después de que pasara una hora de la realización del ejercicio.

**Protocolo:** Los participantes se sometieron a seis semanas de entrenamiento de resistencia progresivo en cinta rodante. La duración de todo el protocolo fue de ocho semanas y comprendió una semana de pruebas iniciales con dos sesiones de ejercicio; la primera, segunda y tercera semana de entrenamiento al 70% del VO<sub>2</sub> máx.; la cuarta, quinta y sexta semana de entrenamiento al 75% del VO<sub>2</sub> máx.; y la semana final para pruebas de seguimiento. La duración de las sesiones de ejercicio se incrementó progresivamente a 40, 50 y 60 minutos en la semana 1, semanas 2-3 y semanas 4-6 del programa de entrenamiento, respectivamente. La prueba de economía se realizó en tapiz rodante al 60, 70 y 75 % de VO<sub>2</sub> máx. Posteriormente se realizó una prueba de seguimiento en la economía de carrera y el VO<sub>2</sub> dos días después de la sesión de entrenamiento final.

**Resultados:** Si bien el entrenamiento físico mejoró el consumo máximo de oxígeno, la magnitud de este efecto no fue diferente con la inclusión de proteínas en una solución de carbohidratos post-ejercicio en comparación con un suplemento isocalórico de solo carbohidratos. Tampoco se encontraron diferencias en la economía de carrera.

**Quercetina dihidrato** (Sergeev, Igor N et al. (18))

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la suplementación crónica con quercetina sobre el rendimiento de resistencia y el estado antioxidante en corredores de larga distancia, entre los factores de rendimiento estudiados está la economía de carrera.

**Dosis:** Los participantes tomaron dos pastillas de 500 mg, dando lugar a una dosis diaria de 1000 mg.

**Momento de ingesta:** Los sujetos del estudio tomaron una pastilla por la mañana y otra por la noche junto con las comidas.

**Protocolo:** Test en cinta rodante a velocidad autoseleccionada durante 10 km.

**Resultados:** No hubo una mejora en la economía de carrera durante los 10 km de carrera a velocidad autoseleccionada.

**Monoésteres de cetona (BHB)** (Evans M et al. (14))

Este estudio investigó si la ingesta aguda de un suplemento de monoésteres de cetona disponible comercialmente alteraba las respuestas metabólicas y el rendimiento físico y cognitivo en corredores entrenados.

**Dosis:** La dosis fue de 573 mg/kg divididos en tres tomas.

**Momento de ingesta:** Se dividió en una primera toma media hora antes de la prueba y las otras tomas se dieron a los 20 y 60 minutos de la prueba.

**Protocolo:** La prueba consistió en una hora de ejercicio submáximo al 65% del  $\text{VO}_2$  máx seguido de un TT de 10 km a su propio ritmo, con 5 minutos de calentamiento previo a 8 km/h y estiramientos autoseleccionados.

**Resultados:** En comparación con el placebo (CHO + PLA), la ingesta del monoésteres de cetona (CHO + KME) no evidenció diferencias en la economía de carrera entre la toma de CHO + KME ó CHO + PLA durante el período de ejercicio submáximo.

#### **Agua de olivo (OliP) (Roberts JD et al. (15))**

Este estudio investigó el ejercicio submáximo y exhaustivo y los factores de rendimiento en voluntarios recreativamente activos usando agua de olivo ecológica rica en fitocomplejos.

**Dosis:** Dos frascos por día (56 ml en total) durante 16 días.

**Momento de ingesta:** Entre comidas con una separación de 6 horas.

**Protocolo:** Se realizaron cinco visitas. Las visitas 1, 3 y 5 consistieron en una prueba de ejercicio gradual de dos partes que incluyen un protocolo incremental submáximo, con un período de recuperación de 10 minutos y una prueba máxima hasta el agotamiento. En las visitas 2 y 4 se realizó una sesión aeróbica exigente al 60%  $\text{VO}_2$  máx durante 50 min y posteriormente 1 minuto al 10% por encima de  $\text{LT}_2$  con otro minuto de descanso, repitiéndolo cuatro veces más.

**Resultados:** La investigación demuestra que el consumo de OliP durante varios días tuvo efectos positivos en varios factores del rendimiento, demostraron que la suplementación con agua de olivo durante dieciséis días influyó positivamente en los parámetros del ejercicio aeróbico, especialmente en niveles submáximos, entre ellos la mejora en la economía de carrera.

## 5 Riesgo de sesgo de los estudios individuales

Mediante el uso de la escala JADAD (*Tabla 3*) se valoró el riesgo de sesgo de los estudios:

*Tabla 3. ESCALA JADAD*

	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	Resultado
Boorsma RK et al.(12) 2014	1	0	1	1	1	4
Stadheim HK et al.(19) 2021	1	0	1	0	1	3
Alghannam et al.(20) 2020	1	0	1	0	1	3
Sandbakk SB et al.(16) (2014)	1	0	1	0	0	2
Huang X et al.(13) 2023	1	0	1	1	1	4
Sergeev, Igor N et al. (18) 2013	1	0	1	0	1	3
Evans M et al. (14) 2019	1	0	1	0	0	2
Oskarsson J et al.(21) 2018	1	0	1	0	1	3
Roberts JD et al. (15) 2023	1	1	1	1	1	5

Balsalobre-Fernández C et al.(17) 2018	1	0	1	1	1	4
--	---	---	---	---	---	---

## 6 Discusión

Los principales hallazgos que se encuentran tras realizar la revisión sistemática son que tan solo dos de los diez estudios establecen mejoras en la economía de carrera.

El primero de ellos es a través del zumo de uva rico en nitratos con el cual se observaron mejoras en la economía de carrera al 80% del VO<sub>2</sub> máx, (Huang X et al. (13), no así en intensidades submáximas menores. Cabe destacar, que es el único estudio con nitratos de la revisión con resultados significativos, pudiéndose diferenciar del resto de estudios en que la ingesta de nitratos empleada es tres veces mayor con respecto a los otros cuatro estudios puesto que, aunque se utiliza la misma dosis por toma, en este estudio se dan tres tomas diarias.

También se encontraron mejoras a través de la suplementación con agua de olivo rica en fitocomplejos. (Roberts JD et al.(15) Teniendo en cuenta que los hábitos dietéticos y de ejercicio de los participantes se mantuvieron durante toda la intervención, es factible pensar que las adaptaciones fisiológicas observadas puedan atribuirse a la toma de este suplemento, pudiéndose explicar la mejora obtenida por la capacidad antioxidante de los fitocomplejos que se encuentran en este agua de olivo.

La obtención de estos resultados podría deberse a que, en la población mayormente estudiada (atletas de élite), el rango de mejora en la economía de carrera se encuentra más limitado puesto que cuentan con una ventana más estrecha para aumentar este factor de rendimiento al máximo con el objetivo de llegar a ser los mejores.

## 7 Conclusiones

El estudio de cómo afecta la suplementación en la economía de carrera es todavía muy reciente y no se pueden establecer resultados concluyentes con la literatura disponible en la actualidad.

Parece que la mayoría de los suplementos no mejoran la economía de carrera a excepción del nitrato (un estudio de cinco evaluados muestra una mejora) y del agua de olivo.

Hacen falta investigaciones futuras, sobre todo en población recreacional ya que podrían obtener mayores beneficios que atletas de élite en la mejora de la economía de carrera con el uso de ciertos suplementos nutricionales.

## 8 Limitaciones de estudio

La inclusión exclusiva de estudios controlados, aleatorizados y ciegos pudo excluir diseños experimentales alternativos, reduciendo la variedad metodológica considerada en la revisión.

La limitación a artículos escritos en castellano o inglés, así como la búsqueda restringida en las dos bases de datos seleccionadas pudo excluir información relevante, así como sesgos lingüísticos y culturales.

También es importante añadir que la restricción temporal a estudios posteriores al año 2000 pudo dejar fuera investigaciones importantes previas a esa fecha, limitando la diversidad de perspectivas.

Asimismo, la exclusión de participantes menores de edad o con patologías preexistentes pudo limitar la aplicabilidad de los resultados a ciertas poblaciones. Estas limitaciones deben ser tenidas en cuenta al interpretar los hallazgos del estudio.

A pesar de que se ha seguido la guía PRISMA (9), ha sido una persona la encargada de extraer la información y realizar las tablas.

## 9. Bibliografía

1. Saunders PU, Cox AJ, Hopkins WG, Pyne DB. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed. *Int J Sports Physiol Perform*. 2010;5(2):230–8.
2. Phillips SM. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *British Journal of Nutrition*. 2012 Aug;108(SUPPL. 2).
3. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. Vol. 1, *Sports Medicine - Open*. Springer; 2015.
4. Trehearn TL, Buresh RJ. SIT-AND-REACH FLEXIBILITY AND RUNNING ECONOMY OF MEN AND WOMEN COLLEGIATE DISTANCE RUNNERS [Internet]. Available from: [www.nscajscr.org](http://www.nscajscr.org)
5. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: measurement, norms, and determining factors. Vol. 1, *Sports Medicine - Open*. Springer; 2015.
6. Hoogkamer W, Kipp S, Frank JH, Farina EM, Luo G, Kram R. A Comparison of the Energetic Cost of Running in Marathon Racing Shoes. *Sports Medicine*. 2018 Apr 1;48(4):1009–19.
7. Rodrigo-Carranza V, Hoogkamer W, González-Ravé JM, Horta-Muñoz S, Serna-Moreno M del C, Romero-Gutierrez A, et al. Influence of different midsole foam in advanced footwear technology use on running economy and biomechanics in trained runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2024 Jan 1;34(1).
8. Joy JM, Vogel RM, Moon JR, Falcone PH, Mosman MM, Pietrkowski Z, et al. Ancient peat and apple extracts supplementation may improve strength and power adaptations in resistance trained men. *BMC Complement Altern Med*. 2016 Jul 18;16(1).
9. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. Vol. 372, *The BMJ*. BMJ Publishing Group; 2021.
10. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. Vol. 15, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd.; 2018.

11. Cascaes da Silva F, Beatriz Angélica Valdivia Arancibia T, da Rosa Iop R, Jose Barbosa Gutierrez Filho P, da Silva R. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos Evaluation lists and scales for the quality of scientific studies [Internet]. Vol. 24. 2013. Available from: <http://scielo.sld.cu>
12. Boorsma RK, Whitfield J, Spriet LL. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2014 Dec 10;46(12):2326–34.
13. Huang X, Zhang Z, Wang X, Wang G, Wang Y, Tang K, et al. Influence of Chronic Nitrate-Rich Beetroot Juice Supplementation on the Endurance Performance of Active Winter Triathletes: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Nutrition Association.* 2023;42(2):195–206.
14. Evans M, McSwiney FT, Brady AJ, Egan B. No Benefit of Ingestion of a Ketone Monoester Supplement on 10-km Running Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2019 Dec 1;51(12):2506–15.
15. Roberts JD, Lillis JB, Pinto JM, Chichger H, López-Samanes Á, Coso J Del, et al. The Effect of a Hydroxytyrosol-Rich, Olive-Derived Phytocomplex on Aerobic Exercise and Acute Recovery. *Nutrients.* 2023 Jan 1;15(2).
16. Sandbakk SB, Sandbakk Ø, Peacock O, James P, Welde B, Stokes K, et al. Effects of acute supplementation of L-arginine and nitrate on endurance and sprint performance in elite athletes. *Nitric Oxide.* 2015 Jun 29;48:10–5.
17. Balsalobre-Fernández C, Romero-Moraleda B, Cupeiro R, Peinado AB, Butragueño J, Benito PJ. The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PLoS One.* 2018 Jul 1;13(7).
18. Scholten S, Sergeev. Long-term quercetin supplementation reduces lipid peroxidation but does not improve performance in endurance runners. *Open Access J Sports Med.* 2013 Mar;53.
19. Stadheim HK, Stensrud T, Brage S, Jensen J. Caffeine Increases Exercise Performance, Maximal Oxygen Uptake, and Oxygen Deficit in Elite Male Endurance Athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2021 Nov 1;53(11):2264–73.

20. Alghannam AF, Templeman I, Thomas JE, Jedrzejewski D, Griffiths S, Lemon J, et al. Effect of carbohydrate–protein supplementation on endurance training adaptations. *Eur J Appl Physiol*. 2020 Oct 1;120(10):2273–87.
21. Oskarsson J, McGawley K. No individual or combined effects of caffeine and beetroot juice supplementation during submaximal or maximal running. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2018;43(7):697–703.
22. Bescós R, Ferrer-Roca V, Galilea PA, Roig A, Drobnic F, Sureda A, et al. Sodium nitrate supplementation does not enhance performance of endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Dec;44(12):2400–9.
23. Vanhatalo A, Bailey SJ, Blackwell JR, DiMenna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2010 Oct;299(4).
24. Poveda JJ, Riestra A, Salas E, Cagigas ML, López-Somoza C, Amado JA, et al. Contribution of nitric oxide to exercise-induced changes in healthy volunteers: Effects of acute exercise and long-term physical training. *Eur J Clin Invest*. 1997;27(11):967–71.
25. Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 2012 Dec;112(12):4127–34.
26. Leyva BG, Teresa M, Armas D, Cristina R, Cabodevilla V, Alejandro M, et al. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Efectos del consumo de café sobre la salud Effects of coffee consumption on health [Internet]. Available from: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/4951>

## Anexo 1. Tabla PRISMA

Sección/tema	Ítem n.8	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
TÍTULO			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.	Pág. 0
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020 (tabla 2).	Pág. 1
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	Pág. 3
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	Pág. 5
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	Pág. 6
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	Pág. 7
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	Pág. 7
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	Pág. 11
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	Pág. 11
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	Pág. 12
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente ( <i>missing</i> ) o incierta.	Pág. 17
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	Pág. 12
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	Pág. 17
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.8 5)).	Pág. 14
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	Pág. 17
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	Pág. 15, 19
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	No aplica
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	No aplica
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	No aplica

Sección/tema	Ítem n.8	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	No aplica
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	No aplica
<b>RESULTADOS</b>			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver figura 1).	Pág. 14
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplieran con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	No realizado
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	Pág. 17
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	Pág. 27
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	No realizado
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resume brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	No aplica
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	No aplica
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	No aplica
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	No aplica
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	Pág. 27
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	No realizado
<b>DISCUSIÓN</b>			
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	Pág. 28
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	Pág. 29
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	Pág. 29
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.	Pág. 29
<b>OTRA INFORMACIÓN</b>			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	No aplica
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	No aplica
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	No aplica
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	No aplica
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	No aplica
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	Pág. 31