



Fernández-Hernández, A.; Casals-Vázquez, C. (2019). L-Citrulina y su efecto en deportes de resistencia, una revisión sistemática. 11(3):227-240.

Review

L-CITRULINA Y SU EFECTO EN DEPORTES DE RESISTENCIA, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

L-CITRULLINE AND ITS EFFECT IN ENDURANCE SPORTS, A SYSTEMATIC REVIEW

Fernández-Hernández, A.¹; Casals-Vázquez, C.².

¹Universidad de Murcia

²Universidad de Cádiz

Correspondence to:
Adrián Fernández Hernández
Universidad de Murcia. Facultad
Ciencias del Deporte de San Javier.
C/Argentina s/n, 30720-San Javier
(Murcia).
Email: adrian.fernandez3@um.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*

editor@journalshr.com

Received: 17/02/19
Accepted: 17/04/19



RESUMEN

En los últimos años, el estudio del suplemento L-Citrulina ha cobrado importancia debido a sus posibles efectos sobre el rendimiento deportivo. La L-Citrulina es un aminoácido no esencial que se obtiene a través de fuentes tanto vegetales como animales. Es precursor del Óxido Nítrico y de la Arginina, que intervienen de forma protagonista durante el ciclo de la urea. Estos factores presuponen que el consumo de este suplemento podrá tener ciertos beneficios sobre el rendimiento deportivo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue el de realizar una revisión sistemática con la que comprobar la eficacia de la L-Citrulina o el Malato de L-Citrulina sobre varios parámetros determinantes en el rendimiento deportivo: potencia, resistencia, trabajo, así como en las siguientes otras variables: percepción subjetiva del esfuerzo y factores fisiológicos. El estudio estuvo centrado en deportes de resistencia en concreto. Para ello, se realizó una búsqueda de la literatura existente hasta la fecha de aquellos estudios que analizaban el rendimiento deportivo en deportes de resistencia tras el consumo de L-Citrulina. Se obtuvieron un total de 7 trabajos con los que se realizó esta revisión sistemática. Tras el análisis de los trabajos encontrados, se podría decir que la L-Citrulina o Malato de L-Citrulina tiene un efecto positivo sobre el rendimiento deportivo. Sin embargo, se debería de establecer un consenso en la estandarización de los test realizados en los estudios para poder afirmar con evidencia significativa que este suplemento tiene una afectación clara sobre el rendimiento de los deportistas.

Palabras clave: aminoácido, ayuda ergogénica, suplemento, rendimiento.

ABSTRACT

In the last years, the study of L-Citrulline as a supplement has been gaining interest due to its possible applications over the performance in sports. L-Citrulline is a non-essential aminoacid which can be obtained from vegetable or animal sources. This supplement is a precursor of Nitric Oxide, Arginine and has a principal role in the urea cycle. These factors presuppose that the consume of this ergogenic aid could have positive effects over the sport performance. The purpose of this study was to make a systematic review with which verify the efficacy of L-Citrulline or Citrulline Malate over various determinants parameters over the sport performance and other variables such as perception of effort and physiological factors in endurance sports. To achieve this objective, a research of the existent studies referred to the analysis of the sport performance after the consumption L-Citrulline was made. Finally, 7 studies were obtained and used to make this systematic review. After the analysis of the collected data it can be said that L-Citrulline or Citrulline Malate might have a positive impact over the sport performance. Nevertheless, a consensus must be made in order to achieve the standardization of the protocols and test used in the different studies to say that this supplement has a significant positive impact over the athletes performance.

Keywords: aminoacid, ergogenic aid, supplement, performance. .



INTRODUCCIÓN

Las demandas fisiológicas en el organismo aumentan con la práctica de actividad físico deportiva, es decir, a una mayor y exigente práctica deportiva se da un mayor desequilibrio en el organismo que debe ser compensado para procurar un correcto funcionamiento orgánico y, en definitiva, permitir al deportista un mayor rendimiento en la práctica. Sin embargo, estos desequilibrios temporales son los que precisamente provocan la mejora de los deportistas, es decir, el proceso por el cual nos sobreponemos a las descompensaciones será el que nos permita estimular al organismo de forma más exigente en el futuro, procurando la mejora en el rendimiento (Matveev, 1985). Ser capaces de controlar y afinar en la medida de lo posible los procesos fisiológicos antes, durante y después del ejercicio físico será una de las mayores preocupaciones de los atletas y entrenadores, sobre todo de aquellos que buscan un alto rendimiento (Ardle y Katch, 1986).

Existen diferentes formas a través de las cuales los deportistas pueden aumentar o conseguir un alto rendimiento. Estas estrategias son las denominadas ayudas ergogénicas. Según Ardle y Katch (1986) se define ayuda ergogénica como: “la aplicación de cualquier método o maniobra (ya sea de tipo físico, mecánico, psicológico, nutricional o farmacológico) que se realiza con el fin de mejorar la capacidad de realizar un trabajo físico determinado o el rendimiento deportivo”

Recientemente, el estudio de la L-Citrulina como nueva forma de suplementación nutricional ha ido ganando interés entre la comunidad científica del ámbito deportivo debido a sus posibles beneficios tanto en el rendimiento como en la salud (Bailey et al., 2016). Tal y como exponen Stear et al. (2010) la L-Citrullina es un aminoácido no esencial cuya forma química es $C_6H_{13}N_3O_3$ la cual se encuentra en alimentos, tanto de origen animal como vegetal, ricos en proteínas y es considerada como el aminoácido precursor tanto del Óxido Nítrico como del aminoácido Arginina. En la actualidad, la principal fuente de obtención utilizada para el consumo de L-Citrulina, mediante ingestión, es el zumo de sandía y suele ser un recurso utilizado en el campo de la investigación para el estudio de sus propiedades (Bailey et al., 2016; Cutrufello, Gadomski, y Zavorsky, 2015; Tarazona-Diaz, Alacid, Carrasco,

Martinez, y Aguayo, 2013). La L-Citrulina se sintetiza primordialmente a partir de la Glutamina, Glutamato y Prolina en los eritrocitos del plasma sanguíneo. Los eritrocitos son, en realidad, la única célula que contiene las enzimas necesarias requeridas para la síntesis de este aminoácido, siendo el intestino delgado el lugar del organismo donde se lleva a cabo la endogénesis de la L-Citrulina (Botchlett, Lawler, y Wu, 2013). Además, la L-Citrulina también puede ser obtenida a partir de la Arginina y la Ornitina junto con la Glutamina presentes en el plasma sanguíneo sirviendo como precursores principales cuando se dan períodos de ayuno (Marini, 2012).

El aminoácido L-Citrulina se presenta normalmente, en su forma comercial, acompañado de Malato, una sal ácida cuya forma química es $C_4H_6O_5$. Esta sal juega un papel esencial en el Ciclo de Krebs de obtención de la energía evitando la acidosis durante el ejercicio físico de alta intensidad (Vanuxem, Vanuxem, Fomaris y Bernasconi, 1986).

De la unión de ambos componentes: el aminoácido L-Citrulina y la sal ácida Malato se obtiene el suplemento nutricional Malato de L-Citrulina. Tradicionalmente, según Pérez-Guisado y Jakeman (2010) el Malato de L-Citrulina se ha conocido por ser un suplemento farmacológico cuya utilización sólo podía ser aprobada por personal médico para el tratamiento de la astenia, bajo el nombre comercial de “Stimol”. Sin embargo, y siguiendo con la línea de los autores mencionados, su uso se ha extendido al ámbito del deporte hasta tal punto en que, hoy en día, se comercializa como suplemento nutricional con ciertas propiedades para la optimización del rendimiento deportivo.

Las posibles funciones y beneficios del Malato de L-Citrulina se podrían agrupar en tres según Pérez-Guisado y Jakeman (2010):

1. El Malato de L-Citrulina favorece la síntesis de Óxido Nítrico. Tal y como exponen Petrovic et al. (2008), el Óxido Nítrico regula varias funciones fisiológicas del músculo esquelético entre las que podemos destacar la absorción de glucosa y su oxidación, mitocondriogénesis, funciones contráctiles, regulación del flujo sanguíneo, o la reparación muscular a través de la activación de células satélite, entre otras.



2. La alta acidosis como consecuencia del ejercicio físico intenso se considera un elemento esencial en la fatiga muscular, donde el Malato de L-Citrulina podría tener un papel protagonista. Así pues, según Vanuxem, Vanuxem, Fomaris y Bernasconi (1986) el componente Malato es un intermediario en el Ciclo de Krebs y es capaz de comportarse como una lanzadera metabólica entre la mitocondria y el citoplasma omitiendo el bloqueo de la vía oxidativa inducido por el amonio y, por lo tanto, reorientando el ácido láctico hacia la génesis de piruvato y su posterior utilización aeróbica.

3. El Malato de L-Citrulina podría tener una función importante en el ciclo de la urea pues provocando un exceso de la misma L-Citrulina mediante la suplementación nutricional se permitiría una aceleración en la rotación de este ciclo lo cual llevaría a un mayor aclaramiento del amonio. El amonio es un factor importante para la fatiga en el ejercicio debido a que su acumulación intracelular bloquea la utilización por la vía aeróbica del piruvato, lo cual lleva a una desviación de la generación de energía hacia la formación exclusiva de lactato y por lo tanto a la fatiga (Vanuxem, Vanuxem, Fomaris y Bernasconi, 1986). Así pues, un mayor aclaramiento del amonio durante el ciclo de la urea a través de la suplementación de Malato de L-Citrulina puede reducir la fatiga durante el ejercicio.

Por último, se debe añadir que el aminoácido no esencial L-Citrulina es precursor del semiaminoácido esencial Arginina el cual está presente en los procesos explicados anteriormente. Además, se comprobó como la suplementación con Malato de L-Citrulina aumenta la concentración de Arginina en el plasma más incluso que la propia suplementación con Arginina (Hartman, Torre y Prior, 1994). Este hecho es de gran relevancia pues la Arginina es un precursor del Óxido Nítrico el cual tiene un papel predominante en la vasodilatación sanguínea lo que hace que repercuta positivamente sobre el flujo sanguíneo facilitando la circulación del mismo y aumentando el rendimiento deportivo en deportes de resistencia (Williams et al., 2005). Por este efecto, se observa como el uso del suplemento nutricional Malato de L-Citrulina puede estar justificado en el ámbito de la salud, es decir, de su posible función en la regulación del flujo sanguíneo se puede dar lugar a

la reducción de la tensión arterial y ayudar a reducir la fatiga muscular.

En los deportes de resistencia se podría sacar partido a este suplemento gracias a los efectos anteriormente citados: reducción de la acidosis durante el ejercicio de alta intensidad, disminución de la fatiga y mejoras en las funciones del músculo esquelético. En estos momentos, son muy pocos los estudios experimentales dedicados a determinar los posibles efectos y beneficios derivados del consumo de estos suplementos en el deporte. De hecho, según Botchlett et al. (2013), muchos de los posibles beneficios de la L-Citrulina y del Malato de L-Citrulina en la masa muscular y el rendimiento deportivo permanecen desconocidos. El hecho de que el suplemento L-Citrulina o Malato de L-Citrulina haya ido ganando importancia en el mercado de suplementos en los últimos años hace necesario un análisis de los posibles efectos que pueda tener su consumo en deportistas, en este caso enfocados a la resistencia, para que de esta forma tanto los atletas y entrenadores como los nutricionistas puedan obtener una información fehaciente al respecto.

El objetivo de este estudio es determinar si el uso de los suplementos tanto de L-Citrulina como de Malato de L-Citrulina es efectivo para deportistas de resistencia utilizando la revisión sistemática como instrumento metodológico. Los resultados obtenidos a partir de este estudio pueden ser de gran utilidad pues los atletas, entrenadores y nutricionistas deben ser capaces de conocer cómo utilizar y seleccionar las ayudas ergogénicas en función de los efectos que estas tengan sobre el organismo y así poder optimizar su rendimiento deportivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática siguiendo la metodología propuesta por la guía para revisiones sistemáticas y meta-análisis "PRISMA" (Shamseer et al., 2015) con el objetivo de analizar y sintetizar los resultados obtenidos en cada uno de los artículos encontrados.

Los estudios obtenidos se agruparon en aquellos que analizaban el rendimiento deportivo durante la realización de una prueba o test tras la suplementación con L-Citrulina o Malato de L-Citrulina.



Por otro lado, para la realización y aplicación de los criterios de inclusión utilizados en la búsqueda de trabajos relacionados con la temática objeto de estudio se siguieron las pautas recomendadas por Durlak y Lipsey (1991).

Para llevar a cabo la búsqueda de los trabajos analizados se siguió un mismo patrón de criterios de inclusión y exclusión que ayudó a la selección y agrupación de los estudios. Por lo tanto, se recogieron los artículos que contuvieran los siguientes criterios:

1. Los sujetos debían ser hombres o mujeres no sedentarios, con un mínimo de estilo de vida recreacionalmente activo (≥ 30 min de actividad física al día).
2. El estudio debía estar enfocado hacia los deportes de resistencia, principalmente deportes cíclicos como el ciclismo o la carrera a pie.
3. Los test realizados debían tener una duración total mayor a 30 segundos.
4. Su método debía comparar el rendimiento deportivo derivado de la toma del suplemento L-Citrulina o Malato de L-Citrulina de forma aislada o en combinación con otros aminoácidos.
5. Las variables dependientes objeto de estudio debían ser respuestas fisiológicas internas, manifestaciones externas del rendimiento deportivo o la percepción subjetiva del esfuerzo pudiendo ser las siguientes variables de medición: potencia producida en cicloergómetro, consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca, niveles de aminoácidos en plasma, nivel de hematocrito o hemoglobina en plasma sanguíneo, nivel de óxido nítrico, nitritos o nitratos, tiempo de realización de la prueba o tiempo hasta el agotamiento y percepción subjetiva del esfuerzo.
6. Las mediciones realizadas de las variables dependientes objetivo de estudio debían realizarse antes de la prueba, durante o al término de la misma con un máximo de 3h tras la realización de los test.

Para la realización de esta revisión sistemática se ha clasificado y estandarizado el nivel de rendimiento de los sujetos participantes según cuatro niveles de práctica de actividad física (Tabla 1): 1) sedentarios,

2) moderadamente activos, 3) altamente activos, 4) atletas de alto rendimiento. Esta estandarización nos permitirá interpretar los resultados y los efectos sobre las diferentes variables dependientes de los trabajos en su propio contexto.

Tabla 1. Categorización de los niveles de rendimiento para los estudios incluidos en esta revisión bibliográfica.

Grupo	Nivel de condición física	Horas de actividad física a la semana	Nº de estudios
1	Sedentarios	<1h	0
2	Moderadamente activos (recreacionalmente/físicamente activos)	1-3h	2
3	Altamente activos (entrenados/bien entrenados)	3-6	3
4	Atletas de alto rendimiento (nivel profesional o semiprofesional)	>6h	2

La búsqueda de trabajos se realizó entre los días 03/12/2018 y 07/12/2018. Dicho rastreo bibliográfico fue realizado por dos investigadores de forma independiente. Además, para la búsqueda de trabajos se utilizaron las siguientes palabras clave en todas las bases de datos consultadas: "*Citrulline AND (sport* OR training OR exercise* OR "physical activity" OR athlete*OR performance) NOT (animal* OR mice OR rat* OR mouse*) NOT (disease OR illness OR patient*)*". Se buscó que estos términos estuvieran incluidos o excluidos del título de los estudios y no referidos a la temática de los mismos ya que de esta forma se obtuvo la búsqueda más específica y fructuosa de las posibles combinaciones. Para la búsqueda no se estableció un período de tiempo determinado sino que se contemplaron todos los años hasta la fecha de realización de la búsqueda. Del mismo modo, no se estableció límite por idioma.

Los resultados obtenidos en las diferentes bases de datos consultadas y el proceso de selección de trabajos queda reflejado a continuación (Figura 1):

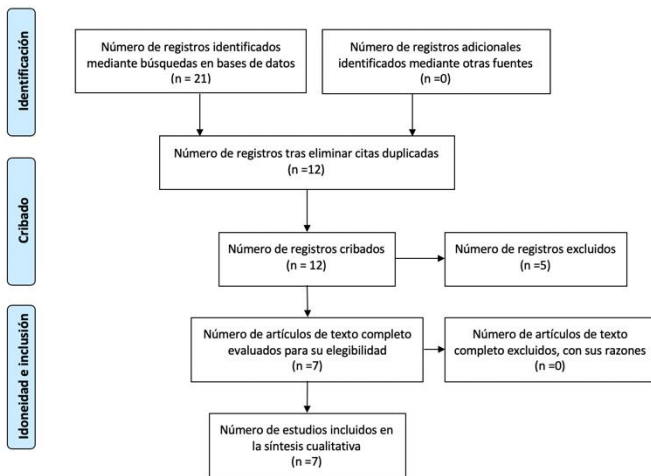


Figura 1. Flujograma de selección de artículos.

En total, resultaron 21 artículos posibles seleccionables tras la búsqueda realizada en las bases de datos: Web of Science (WOS), PubMed y Scopus. De estos 21 trabajos se descartaron 9 artículos por repetición quedando un total de 12. Una vez obtenidos estos trabajos, en una segunda fase de revisión, se descartaron 5 referencias tras la lectura de las mismas por no cumplir con los criterios de inclusión y exclusión resultando en un total de 7 artículos. Por último, se pasó a analizar el contenido de estos trabajos para ajustar a los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Así, no se encontraron discrepancias en estos 7 trabajos, por lo tanto, la revisión sistemática se realizó con estos 7 artículos definitivos.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los estudios seleccionados ($n=7$) los cuales están enfocados en analizar el efecto de la suplementación con L-Citrulina sobre el rendimiento deportivo, diferentes variables fisiológicas y el estado psicológico en deportistas de resistencia (Tabla 3):



Tabla 3. Resumen de los estudios que analizan el efecto de la toma de L-Citrulina sobre el rendimiento deportivo en deportes de resistencia

Referencia	Objetivo y diseño	Muestra	Protocolo	Resultados
(Bailey et al., 2015)	Comparar el efecto de tomar L-Citrulina y L-Arginina en los biomarcadores del óxido nítrico, consumo de oxígeno y rendimiento durante el ejercicio. El diseño metodológico llevado a cabo fue cruzado y aleatorizado.	10 hombres adultos sanos y recreacionalmente activos	-7 días de suplementación con L-Citrulina (6g al día), L-Arginina o placebo (6g al día). -En los días 6 y 7 se realizaron test experimentales de ciclismo combinando moderada y vigorosa intensidad.	- Óxido Nítrico en plasma aumentó con Arginina ($P<0.005$) y tendió al aumento con Citrulina ($P=0.08$) en comparación con el Placebo. -Con Citrulina se redujo el tiempo de respuesta medio en la absorción de oxígeno (PL: 59 ± 8 vs CT: 53 ± 5 s, $P<0.05$) mejorando la tolerancia al mismo (PL: 589 ± 101 vs CT: 661 ± 107 s). -Se incrementó la cantidad total de trabajo completado en los test (PL: 123 ± 18 kJ vs CT: 125 ± 19 kJ, $P<0.05$)
(Cheng et al., 2016)	Conocer el efecto de la combinación de suplementos: BCAA, Arginina y Citrulina (AA) en el rendimiento en resistencia durante dos días consecutivos. El objetivo metodológico llevado a cabo fue simple ciego, aleatorizado y cruzado.	13 corredores bien entrenados de los cuales: 10 hombres y 3 mujeres	-AA (0.17 gr/kg): BCAA, Arginina (0.05gr/kg) y Placebo (0.05 gr/kg) durante 2 días consecutivos. -Se completó una toma de tiempos bajo las siguientes distancias: 5.000m en el día 1 y 10.000m en el día 2.	-Con AA tuvieron una significativa mejor actuación en los 5.000m (AA: 1065.7 ± 33.9 s; PL: 1100.5 ± 40.4 s) y en los 10.000m (AA: 2292.0 ± 211.3 s; PL: 2375.6 ± 244.2 s). -Ambas tomas de tiempo reportaron datos similares en cuanto a la percepción de esfuerzo de los sujetos. -Tras el ejercicio el grupo experimental (AA), en comparación con el grupo control (PL) tuvo unos niveles más bajos en la cantidad de BCAA, similares niveles de amoníaco (NH_3) y una mayor concentración de urea.



- (Cunniffe et al., 2014) Conocer los efectos del consumo de Malato de Citrulina sobre el equilibrio del ácido base, la potencia a corto plazo en altas intensidades y el tiempo hasta el agotamiento
El diseño metodológico llevado a cabo fue simple ciego aleatorizado y cruzado.
- 10 hombres sanos bien entrenados
- Test en cicloergómetro tras la toma de 12g de Malato de L-Citrulina o Placebo bajo el siguiente patrón: 2min calentamiento a 150W + 10x15sg sprint “all out” con descansos de 30sg a 30W y una cadencia de 60rpm.
- Aumentos en los niveles en plasma de Citrulina (8.8-veces más), ornitina (3.9 veces más) y glutamina (1.3 veces más) 60min después de la toma del suplemento ($P<0.05$).
- Se observaron aumentos en la frecuencia cardíaca en el grupo experimental (CM: 166 ± 7 vs PL: 160 ± 7)
- No se observaron diferencias en las variables referidas al rendimiento [tiempo hasta el agotamiento: (120 ± 61 s en grupo experimental y 113 ± 50 s en grupo control), potencia media ($P>0.05$), índice de fatiga de potencia: $36\pm 16\%$ en CM y $28\pm 18\%$ en PL)].
- (Hickner et al., 2006) Determinar el efecto de la toma de L-Citrulina en el tiempo hasta la fatiga, los niveles de insulina, percepción del esfuerzo y captación pulmonar.
El diseño metodológico llevado a cabo fue simple ciego, aleatorizado y cruzado.
- 17 sujetos hombre y mujeres sanos y físicamente activos.
- Grupo1: los sujetos tomaban 3x3g de L-Citrulina en las comidas principales o Placebo a lo largo de 24h.
-Grupo 2: los sujetos tomaban 9g de L-Citrulina antes de la realización del test.
-Se realizaron 5 test incrementales en cinta hasta alcanzar el agotamiento.
- La captación pulmonar y el VO_{2max} no obtuvieron resultados significativos ($P>0.05$).
- El tiempo hasta el agotamiento en los test en cinta fueron menores con toma de L-Citrulina (888.2 ± 17.7 vs 895.4 ± 17.9 s, $P<0.05$; $N=17$).
- La percepción del esfuerzo fue mayor en aquellos sujetos que tomaron L-Citrulina ($P<0.05$).
- La insulina en plasma sanguíneo aumentó en respuesta a la alta intensidad del ejercicio en aquellos que tomaron Placebo pero no en aquellos sujetos que tomaron L-Citrulina ($P<0.05$)



(Sureda et al., 2009)	Determinar el efecto de tomar L-Citrulina antes de la realización de un ejercicio intenso y su afectación en la producción neutrófilos polimorfonucleares y óxido nítrico. El diseño metodológico llevado a cabo fue doble ciego y aleatorizado.	17 hombres ciclistas pre-profesionales participantes en la Mallorca Cinturó Ciclista 2005.	-6g de Malato de L-Citrulina vs Placebo antes de la prueba. -Todos los participantes completaron la misma etapa con un tiempo total de 179min. -Muestras de sangre: precarrera, postcarrera y tras 3h del término.	-Suplementación con Citrulina aumentó de forma significativa Arginina y Citrulina en plasma ($P<0.05$). -La producción de neutrófilos polimorfonucleares fue significativamente mayor en el grupo experimental ($P<0.05$). -La concentración de nitrato fue mayor tras el ejercicio en el grupo experimental ($P<0.05$).
(Sureda et al., 2010)	Determinar el efecto de tomar L-Citrulina en los niveles en plasma sanguíneo de arginina y de otros metabolitos. El diseño metodológico llevado a cabo fue doble ciego y aleatorizado.	17 hombres ciclistas pre-profesionales participantes en la Mallorca Cinturó Ciclista 2005.	-6g de Malato de L-Citrulina vs Placebo. -Todos los participantes completaron la misma etapa con una distancia recorrida de 137km. -Muestras de sangre: precarrera, postcarrera y tras 3h del término.	-Aumentos en la concentración de Arginina y en los metabolitos derivados de la misma ($P<0.05$). -Disminuyeron los niveles de Isoleucina ($P<0.05$). -Aumentó los niveles de insulina en ambos grupos ($P<0.05$). -Aumentos en los niveles de hormona del crecimiento en ambos grupos con predominancia del grupo experimental ($P<0.05$).
(Suzuki, Morita, Kobayashi, y Kamimura, 2016)	Conocer el efecto de tomar como suplemento L-Citrulina sobre la potencia, VO_2 max, nitrato, nitrato, aminoácidos en plasma sanguíneo. El diseño metodológico llevado a cabo fue doble ciego, aleatorizado y cruzado.	25 hombres entrenados y sanos.	-9 cápsulas consistentes en un total de 2.4g de L-Citrulina o 9 cápsulas de una sustancia Placebo durante 8 días. Test al 75% de la frecuencia cardíaca máxima debían completar en el mínimo tiempo posible una distancia de 4km en cicloergómetro.	-Pretest: [Citrulina en plasma: (L-Citrulina: 54.3±11.0 vs Placebo: 39.3±1.4); Arginina en plasma: (L-Citrulina: 139±7 vs Placebo: 110±4)]; Postest: [Citrulina en plasma: (L-Citrulina: 475±37 vs Placebo: 40.0±1.4); Arginina en plasma (L-Citrulina: 192±9 vs Placebo: 110±4)]. Pretest: [BCAA's en plasma: (L-Citrulina: 553±21 vs Placebo: 565±15)]; Postest: [BCAA's en plasma: (L-Citrulina: 501±15 vs Placebo: 518±20)]. No hubo diferencias en los niveles de nitritos y nitratos. - (L-Citrulina: 569±14s vs Placebo: 578±15s, $P<0.05$). -Potencia desarrollada (L-Citrulina: 193±5 W vs Placebo: 189±5 W, $P<0.05$); VO_2 max mayor con L-Citrulina ($P<0.1$). -Percepción del esfuerzo menor con L-Citrulina ($P<0.05$)

P.L.-Placebo/Grupo control; CT-Citrulina/Grupo experimental; A.A.-Grupo Combinación de Aminoácidos; W-Wattios.



DISCUSIÓN

El principal objetivo de esta revisión fue el de analizar la literatura existente en relación a los efectos de la toma del suplemento L-Citrulina sobre el rendimiento y las variables fisiológicas de sujetos deportistas practicantes de deportes de resistencia. De esta forma se podrá facilitar a los atletas una forma fiable de saber si, efectivamente, la toma de esta ayuda ergogénica tiene o no afectación sobre el rendimiento. La causa de la realización de este estudio se debió a la creciente demanda que este suplemento está experimentando en el mercado de suplementación actual (Bailey et al., 2016). Por lo tanto, se hace necesaria una agrupación de los principales trabajos existentes para fundamentar la elección de los deportistas compradores de este suplemento. Sin embargo, se debe informar que este estudio está enfocado en el análisis de aquellos trabajos centrados en deportes de resistencia, por lo que se recalca la necesidad de realizar estudios futuros de las mismas características enfocados a deportes explosivos y de fuerza. En este caso, los principales resultados no muestran la suficiente consistencia como para afirmar con rotundidad que la L-Citrulina tiene resultados positivos sobre el rendimiento deportivo. Parece ser, sin embargo, que puede llegar a tener efectos sobre el mismo, pero sería necesario una mayor investigación al respecto (Cheng et al., 2016; Sureda et al., 2009; Sureda et al., 2010; Suzuki et al., 2016). Este hecho probablemente sea debido al reciente interés que se ha demostrado hacia este suplemento lo cual provoca que todavía aún exista una falta de consenso en la elaboración de los protocolos en cuanto a los sujetos experimentales a utilizar, la dosis de L-Citrulina a administrar y los test a realizar durante las mediciones.

En primer lugar, respecto al nivel de práctica de los atletas se observa como un mayor nivel de práctica puede ser determinante a la hora de conseguir unos mejores resultados en el rendimiento deportivo de los mismos (Sureda et al., 2009; Sureda et al., 2010; Suzuki et al., 2016). A la luz de los resultados observados, se puede decir que el consumo de L-Citrulina antes de la realización de una determinada prueba deportiva de resistencia puede ser beneficioso para aquellos atletas que busquen mejoras mínimas en el rendimiento que, por lo general, serán atletas de medio nivel o alto nivel (Sureda et al., 2009; Sureda et al., 2010). No será interesante, o al menos aún no

está lo suficientemente contrastado, el consumo de esta ayuda ergogénica por parte de deportistas de menor nivel de práctica deportiva o de menos experiencia debido a que los resultados obtenidos no son estadísticamente significativos como para decir que el consumo de L-Citrulina en deportistas recreacionalmente activos puede ser efectivo para provocar aumentos en su rendimiento tal y como se concluye en Hickner et al. (2006).

Un aspecto muy importante a tener en cuenta y que determina en mayor o menor medida el grado de afectación que una ayuda ergogénica o suplemento tiene sobre un sujeto deportista dependerá directamente de la dosis administrada o requerida de esa misma ayuda. Fruto de esta dosis requerida se obtendrán unos beneficios u otros o, también, unos perjuicios (Ardle y Katch, 1986). Por tanto, en este caso, se va a realizar un análisis de los estudios enmarcados en esta revisión a partir de la dosis administrada a los sujetos experimentales utilizados en cada trabajo integrado en la revisión. Las dosis utilizadas de L-Citrulina a lo largo de los trabajos varía de unos a otros y se denota falta de consenso y protocolo respecto a la cantidad y administración de la misma a los deportistas. El único paso en el que coinciden todos los artículos es en la administración del suplemento a través de la vía oral. Se hace necesario protocolizar una medida estándar la cual pueda ser reproducible en futuros estudios ya que con diversas medidas se consiguen diferentes efectos los cuales no sirven para establecer una relación de causa-efecto.

En cuanto a las pruebas llevadas a cabo a lo largo de los diferentes estudios son diversas, al igual que sucede con los anteriores factores comentados (dosis y nivel de experiencia de los sujetos experimentales). Por lo general, la práctica totalidad de los test se realizaron en entornos controlados de laboratorio a excepción de dos estudios los cuales se realizaron en entornos no controlados pero reales de competición (Sureda et al., 2009; Sureda et al., 2010). Tras el análisis de los trabajos encontrados se puede llegar a la conclusión de que no existe un patrón claro en cuanto al análisis del rendimiento mediante un test u otro encontrando pruebas de mayor duración que otras, pruebas que controlan el rendimiento por tiempo total completado bajo una distancia determinada (Cheng et al., 2016; Suzuki et al., 2016),



pruebas que lo hacen por tiempo hasta al alcanzar la extenuación (Bailey et al., 2015; Hickner et al., 2006) o pruebas protocolarizadas con test de rendimiento (Cunniffe et al., 2014).

Destacar que el estudio en el cual se obtuvieron los resultados más significativamente positivos tras la toma de L-Citrulina, en todos los niveles analizados, fue en Suzuki, Morita, Kobayashi y Kamimura (2016). En este, los sujetos debieron completar 4 km en cicloergómetro al 75% de la frecuencia cardíaca máxima en el menor tiempo posible. Del mismo modo, resultados similares se consiguieron en Bailey et al. (2015) donde los sujetos realizaron un test de corta duración (<20min) combinando moderada y vigorosa intensidad en cicloergómetro. En cuanto al desarrollo de test hasta el agotamiento, en Hickner et al. (2006) se llevaron a cabo hasta 5 de estas pruebas en cada uno de los sujetos participantes en el estudio. Bajo esta metodología también se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la mejora en el rendimiento de los deportistas. No fue así, por otro lado, en Cunniffe et al. (2014) donde no se observaron mejoras en el rendimiento tras la realización de varios sprints “all-out” consecutivos posiblemente debido a la corta duración del esfuerzo que debían experimentar los sujetos. Solamente en uno de los trabajos los test realizados fueron medidos a través de la carrera a pie en cinta. En Cheng et al. (2016) los sujetos completaron en dos días consecutivos un 5.000 m y un 10.000 m carrera a pie respectivamente. Los resultados finales en el rendimiento no fueron significativos, aunque se obtuvieron mejoras por parte del grupo experimental.

Por último, tanto en Sureda et al. (2009) y Sureda et al. (2010) los sujetos realizaron una etapa ciclista en competición, de una duración de 137 km. En ambos, no se midió el rendimiento debido al entorno no controlable en el que se llevó a cabo el estudio, pero se midieron diferentes niveles de aminoácidos y hormonas en sangre donde, en todos ellos, se obtuvieron mejoras significativas las cuales podrían tener su afectación sobre el rendimiento deportivo.

Se observa, por tanto, la existencia de una gran discrepancia en la metodología a utilizar en los test. Esto provoca, al fin y al cabo, una extensa disonancia entre los diferentes resultados obtenidos debido a que la posible afectación que pueda o no tener el suplemento sobre el rendimiento se verá afectada por

factores como: el tiempo de exposición de los sujetos a las pruebas realizadas, la intensidad a la que los sujetos realizan las mismas, el tipo de actividad realizada y el entorno de las pruebas. Este amplio abanico de factores supondría un menor impacto en los resultados finales de los estudios si se produjera, en la medida de lo posible, una estandarización de los protocolos de evaluación a utilizar.

CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados y extraído las principales conclusiones de cada uno de los estudios enmarcados en esta revisión se podría llegar a la conclusión de que al parecer la ingesta de la ayuda ergogénica L-Citrulina como suplemento podría tener efectos positivos sobre el rendimiento en deportes de resistencia por lo que su consumo estaría justificado en aquellos practicantes de estos deportes. Sin embargo, se debe recalcar la necesidad de realizar nuevos trabajos con protocolos de evaluación y de toma del suplemento estandarizados en unos rangos determinados para poder comprobar con mayor eficacia el efecto de este suplemento sobre los individuos deportistas. Por esto, se anima a seguir investigando acerca de esta ayuda ergogénica como potencial ayuda para la mejora del rendimiento deportivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ardle, M.C., & W. D. Katch. (1986). *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance*. Philadelphia: Lea and Feibiger.
2. Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Lord, T., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2015). L-citrulline supplementation improves O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, (63). Jap.00192.2014. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00192.2014>
3. Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Williams, E., Vanhatalo, A., Wylie, L. J., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2016). Two weeks of watermelon juice supplementation improves nitric oxide bioavailability but not endurance exercise performance in humans. *Nitric Oxide-Biology and Chemistry*, 59, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2016.06.008>
4. Botchlett, R., Lawler, J. M., & Wu, G. (2013).



- L-Arginine and L-Citrulline in Sports Nutrition and Health. Nutrition and Enhanced Sports Performance: Muscle Building, Endurance, and Strength.* Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396454-0.00045-X>
5. Cheng, I. S., Wang, Y. W., Chen, I. F., Hsu, G. S., Hsueh, C. F., & Chang, C. K. (2016). The Supplementation of Branched-Chain Amino Acids, Arginine, and Citrulline Improves Endurance Exercise Performance in Two Consecutive Days. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(3), 509–515.
 6. Cunniffe, B., Papageorge, M., O'Brien, B., Grimble, G. K., Davies, N. A., & Cardinale, M. (2014). The Acute Effects of Citrulline-Malate Supplementation on High Intensity Cycling Performance and Muscle Oxygenation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(5), 132.
 7. Cutrufello, P., Gadowski, S. & Zavorsky, G. (2015). The effect of L-Citrulline and watermelon juice supplementation on anaerobic and aerobic exercise performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(14), 1459-1466. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990495>.
 8. Durlak, J.A. & Lipsey, M.W. (1991). A practitioner's guide to meta-analysis. *American Journal of Community Psychology*, 19(3), 291-332.
 9. Hartman, W. J., Torre, P. M., & Prior, R. L. (1994). Dietary citrulline but not ornithine counteracts dietary arginine deficiency in rats by increasing splanchnic release of citrulline. *The Journal of nutrition*, 124(10), 1950-1960.
 10. Hickner, R. C., Tanner, C. J., Evans, C. A., Clark, P. D., Haddock, A., Fortune, C., & McCammon, M. (2006). L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 660–666. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000210197.02576.da>
 11. Marini, J. C. (2012). Arginine and Ornithine are the main precursors for Citrulline Synthesis in Mice. *Journal of Nutrition*, 142, 572–580. <https://doi.org/10.3945/jn.111.153825>
 12. Matveev, L. (1985). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Madrid: Rubiños-Raduga.
 13. Pérez-Guisado, J., & Jakeman, P. M. (2010). Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(5), 1215–22. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb28e0>
 14. Petrovic, V., Buzadzic, B., Korac, A., Vasiljevic, A., Jankovic, A., Micunovic, K. & Korac, B. Antioxidative defence alterations in skeletal muscle during prolonged acclimation to cold: role of L-Arginine/NO-Producing Pathway. *Journal of Experimental Biology*, 211(1), 114-120.
 15. Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 349(3), g7647. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>
 16. Stear, S. J., Castell, L. M., Burke, L. M., Jeacocke, N., Ekblom, B., Shing, C., & Lewis, N. (2010). A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance-part 10. *British Journal of Sports Medicine*, 44(9), 688–690. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075218>
 17. Sureda, A., Córdova, A., Ferrer, M. D., Pérez, G., Tur, J. A., & Pons, A. (2010). L-Citrulline-malate influence over branched chain amino acid utilization during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 110(2), 341–351. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1509-4>
 18. Sureda, A., Cordova, A., Ferrer, M. D., Tauler, P., Perez, G., Tur, J. a, & Pons, A. (2009). Effects of L-citrulline oral supplementation on polymorphonuclear neutrophils oxidative burst



and nitric oxide production after exercise. *Free Radical Research*, 43(9), 828–835. <https://doi.org/10.1080/10715760903071664>

19. Suzuki, T., Morita, M., Kobayashi, Y., & Kamimura, A. (2016). Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men: Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13. <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0117-z>
20. Tarazona-Diaz, M. P., Alacid, F., Carrasco, M., Martinez, I., & Aguayo, E. (2013). Watermelon Juice: Potential Functional Drink for Sore Muscle Relief in Athletes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(31), 7522–7528. <https://doi.org/10.1021/jf400964r>
21. Vanuxem, P., Vanuxem, D., Fomaris, E. & Bernasconi, P. The role of lactate and ammonium in fatigue. *Gazette Medicale*, 7, 62-72.
22. Williams, M., Lambert, C., Tipton, K., Phillips, S., Williams, M., Lawrence, M., & Wolfe, R. (2005). Dietary Supplements and Sports Performance: Amino Acids. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2(2), 63. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-2-2-63>.

