

Rubén Hernández Sierra y Dario Caño Molina



**EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN AGUDA Y CRÓNICA CON BETA-
ALANINA SOBRE EL RENDIMIENTO EN DEPORTISTAS DE DEPORTES
ANAERÓBICOS CONTINUOS DE ALTA INTENSIDAD: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA.**

Trabajo de fin de grado en Nutrición Humana i Dietética

Tutorizado: Manel Santafé

Reus, 2026

RESUMEN

Introducción: El mundo del deporte y la nutrición deportiva sufre un proceso de profesionalización e individualización donde cada vez más aspectos son trabajados de manera detallada i profunda. Las ayudas ergogénicas son herramientas útiles que siguen ganando importancia e interés por parte de la comunidad científica. El uso de beta- alanina ha demostrado tener efectos positivos en el rendimiento de los atletas, pero siguen existiendo dudas sobre su eficacia en ciertos tipos de deportes y contextos. Esta revisión analiza el efecto de la suplementación aguda y crónica con beta-alanina en los deportes anaeróbicos continuos de alta intensidad.

Objetivo: Conocer los efectos de la suplementación aguda y crónica con beta-alanina sobre el rendimiento en deportistas de deportes anaeróbicos continuos de alta intensidad.

Material y métodos: Se realizó una revisión sistemática siguiendo la declaración PRISMA y el modelo PICOS, incluyendo ensayos controlados aleatorizados publicados entre 2015 y 2025 sobre suplementación con beta-alanina en ejercicios continuos de alta intensidad, evaluando los resultados mediante extracción de datos y análisis del riesgo de sesgo con RoB 2 de Cochrane.

Resultados: Se incluyeron 16 estudios: 8 mostraron efectos beneficiosos de la beta-alanina sobre outcomes de rendimiento anaeróbico y 8 no observaron mejoras relevantes. Los beneficios aparecieron sobre todo en pruebas de alta intensidad como TTE, potencia media, trabajo total y algunas contrarrelojes. No obstante, los resultados fueron heterogéneos y condicionados por el tipo de prueba, la dosis, el deporte y el riesgo de sesgo.

Conclusiones: La beta-alanina podría mejorar el rendimiento en pruebas continuas de alta intensidad, sobre todo con suplementación crónica y en outcomes como TTE, potencia media y trabajo total. Sin embargo, la evidencia es heterogénea y se necesitan estudios de mayor calidad antes de establecer recomendaciones firmes.

Palabras clave: beta-alanina; suplementación nutricional; rendimiento deportivo; ejercicio de alta intensidad; ayudas ergogénicas; revisión sistemática

RESUM

Introducció: El món de l'esport i la nutrició esportiva pateix un procés de professionalització i individualització on cada vegada més aspectes són treballats de manera detallada i profunda. Les ajudes ergogèniques són eines útils que continuen guanyant importància i interès per part de la comunitat científica. L'ús de beta-alanina ha demostrat tenir efectes positius en el rendiment dels atletes, però continuen existint dubtes sobre la seva eficàcia en certs tipus d'esports i contextos. Aquesta revisió analitza l'efecte de la suplementació aguda i crònica amb beta-alanina en els esports anaeròbics continus d'alta intensitat.

Objectiu: Conèixer els efectes de la suplementació aguda i crònica amb beta-alanina sobre el rendiment en esportistes d'esports anaeròbics continus d'alta intensitat.

Material i mètodes: Es va realitzar una revisió sistemàtica seguint la declaració PRISMA i el model PICOS, incloent assaigs controlats aleatoritzats publicats entre 2015 i 2025 sobre suplementació amb beta-alanina en exercicis continus d'alta intensitat, avaluant els resultats mitjançant extracció de dades i anàlisi del risc de biaix amb RoB 2 de Cochrane.

Resultats: Es van incloure 16 estudis: 8 van mostrar efectes beneficiosos de la beta-alanina sobre outcomes de rendiment anaeròbic i 8 no van observar millores rellevants. Els beneficis van aparèixer sobretot en proves d'alta intensitat com TTE, potència mitjana, treball total i algunes contrarellotges. No obstant això, els resultats van ser heterogenis i condicionats pel tipus de prova, la dosi, l'esport i el risc de biaix.

Conclusions: La beta-alanina podria millorar el rendiment en proves contínues d'alta intensitat, sobretot amb suplementació crònica i en outcomes com TTE, potència mitjana i treball total. Tanmateix, l'evidència és heterogènia i es necessiten estudis de més qualitat abans d'establir recomanacions fermes.

Paraules clau: beta-alanina; suplementació nutricional; rendiment esportiu; exercici d'alta intensitat; ajudes ergogèniques; revisió sistemàtica

ABSTRACT

Background: The world of sport and sports nutrition is undergoing a process of professionalization and individualization in which more and more aspects are addressed in a detailed and in-depth manner. Ergogenic aids are useful tools that continue to gain importance and interest within the scientific community. The use of beta-alanine has been shown to have positive effects on athletes' performance, but doubts remain regarding its efficacy in certain types of sports and contexts. This review analyzes the effect of acute and chronic beta-alanine supplementation in high-intensity continuous anaerobic sports.

Objective: To determine the effects of acute and chronic beta-alanine supplementation on performance in athletes participating in high-intensity continuous anaerobic sports.

Materials and methods: A systematic review was conducted following the PRISMA statement and the PICOS model, including randomized controlled trials published between 2015 and 2025 on beta-alanine supplementation in high-intensity continuous exercise, assessing the results through data extraction and risk of bias analysis using Cochrane RoB 2.

Results: Sixteen studies were included: 8 showed beneficial effects of beta-alanine on anaerobic performance outcomes, while 8 did not report relevant improvements. Benefits appeared mainly in high-intensity tests such as TTE, mean power, total work and some time trials. However, the results were heterogeneous and influenced by the type of test, dose, sport and risk of bias.

Conclusions: Beta-alanine could improve performance in high-intensity continuous tests, especially with chronic supplementation and in outcomes such as TTE, mean power and total work. However, the evidence is heterogeneous and higher-quality studies are needed before firm recommendations can be established.

Keywords: beta-alanine; dietary supplements; athletic performance; high-intensity exercise; ergogenic aids; systematic review

Contenido

1.-INTRODUCCIÓN	6
2.-OBJETIVOS	7
3.- MATERIAL Y MÉTODOS	8
3.1. Protocolo y registro	9
3.2 Criterios de elegibilidad	9
3.3 Fuentes de información	10
3.4 Búsqueda en bases de datos	10
3.4 Selección de estudios	12
3.5 Proceso de extracción de datos	12
3.6 Síntesis de los resultados	12
3.7 Riesgo de sesgo de los estudios individuales	12
4.- RESULTADOS	13
4.1 Selección de estudios	13
4.2 Características de los estudios y resultados de los estudios individuales	13
4.3. Síntesis de los resultados	14
4.4 RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1 RIESGO DE SESGO DE LOS ESTUDIOS INDIVIDUALES CROSSOVER	25
4.5 APLICABILIDAD	27
5. DISCUSIÓN	29
5.1 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento de deportes de resistencia .	29
5.1.1. Efectos sobre el tiempo hasta el agotamiento	30
5.1.2 Efectos sobre las pruebas contrarreloj (TT)	32
5.1.3 Efectos sobre la potencia media	33
5.1.4 Efectos sobre la percepción subjetiva del esfuerzo.	34
5.1.5 Efectos sobre el trabajo total	34
5.2 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento en deportes dentro del agua	35
5.3 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento en kayak	36
5.4 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento en escalada	36
5.5 Limitaciones	37
6. CONCLUSIÓN	38
7. BIBLIOGRAFÍA	40

1.-INTRODUCCIÓN

La nutrición adaptada al deportista y sus necesidades es uno de los factores clave que influyen el rendimiento en la práctica deportiva. El deportista puede beneficiarse de distintas estrategias nutricionales entre las que encontramos el consumo de ayudas ergogénicas como la creatina, la cafeína o la beta-alanina (BA) que no son más que agentes farmacológicos enfocados a una mejora del rendimiento del atleta [1].

En los últimos años se ha popularizado en gran medida el uso de este tipo de compuestos, especialmente en los atletas que compiten al más alto nivel [2], pero encontrándose también cada vez más presentes en atletas de todas las categorías. Estudios muestran que hasta un 48% de los deportistas pueden llegar a usar suplementos deportivos y ayudas ergogénicas, [1] aunque en ocasiones sus mecanismos no son completamente comprendidos. Lo cual puede, no simplemente, no ser de gran ayuda sino también provocar un efecto contrario al deseado si el uso de estos no es adecuado. Por tanto, merece la pena explorar en profundidad el efecto esta ayuda ergogénica.

La carnosina (β -alanil-L-histidina), es un dipéptido al cual se han atribuido beneficios ergogénicos entre otros supuestos efectos como la protección contra el daño oxidativo o la glicación. Es entonces una sustancia con efectos pleiotrópicos pero las ventajas que ofrecen en contexto de ejercicio físico se atribuyen a la capacidad fisiológica de regular el equilibrio ácido-base intracelular [3].

Esta actúa básicamente como un amortiguador intramuscular de protones (H^+). En contextos de ejercicio intenso la vía glucolítica y la vía del fosfógeno ganan gran importancia en la producción y obtención de ATP, dando como resultado una acumulación de H^+ que termina derivando en una acidosis metabólica inducida por el ejercicio. Por lo que la causa de la acidosis en este contexto de alta intensidad es esta liberación de protones y no la formación de ácido láctico como se ha creído tradicionalmente. De hecho, la producción de lactato retarda, no genera la disminución de pH. Ya que sus niveles aumentan en estos casos para evitar la acumulación de piruvato, por eso si esta elevación no ocurriese la fatiga muscular y la acidosis aparecerían con mayor rapidez [4]. Por lo que si el aumento de carnosina muscular permite un mejor rendimiento esto apoyaría la idea de que el pH intracelular es un factor limitante en el rendimiento de los atletas de ejercicios anaeróbicos continuados de alta intensidad.

La importancia de la BA sobre el rendimiento reside en la velocidad de síntesis de la carnosina muscular, que tiene como factor limitante la disponibilidad de BA, sobre todo la de origen dietético ya que esta es la principal fuente de este aminoácido. Una suplementación de esta sustancia *per se* ha mostrado aumentos significativos de carnosina muscular de la orden de 42 a 66% dependiendo del método de medición y la dosis usada en la intervención [5]. Este compuesto es un aminoácido no

esencial que puede tener origen tanto en síntesis hepática como en la dieta, especialmente en carnes blancas y rojas [6]. Con el que se ha investigado para conocer las ventajas que puede aportar a nivel de rendimiento atlético debido a su mecanismo de acción mencionado anteriormente.

La literatura previa parece apuntar en una misma dirección, la suplementación con BA ha mostrado mejoras en distintas medidas de rendimiento como el salto vertical, la potencia de salto [7], la capacidad de ejercicio [8], el tiempo hasta el agotamiento (TTE), trabajo total realizado (TWD), capacidad física de trabajo en el umbral de fatiga (PWCFT) y la fatiga atenuada durante episodios repetidos de entrenamiento de resistencia [9]. Parámetros de rendimiento relacionados con la fuerza, la potencia i parámetros específicos del combate también se han visto mejorados significativamente [10]. Incluso se ha visto como la BA puede ser un potenciador de efectos conseguidos por ejercicios como el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT). En un estudio de Smith y colaboradores [11] en que compararon un grupo que consumió BA en ejercicio HIIT respecto a un grupo placebo que también realizaba las pautas de ejercicio, pero no la suplementación, dando lugar mejoras significativas en la presión parcial de oxígeno máxima (VO_2Max), mostrando también ganancias en forma de masa magra.

Es precisamente por estas evidencias que esta revisión tiene lugar, ya que varios trabajos previos muestran un efecto significativo a favor de la suplementación con BA sobre ciertos parámetros de rendimiento en contextos i tipos específicos de ejercicio, como pueden ser el trabajo total realizado o la potencia, incluyendo también medidas de rendimiento como el tiempo hasta el agotamiento/finalización del ejercicio como ya hemos mostrado. En ejercicios de alta intensidad y corta duración [12] especialmente en ejercicios que van de los 1-4 minutos de duración [13].

Gran parte de la evidencia sobre la BA se centra en los efectos de esta en varios contextos y modalidades deportivas, sin embargo, aún no se ha analizado de manera sistemática el efecto de la beta-alanina en deportes anaeróbicos continuos de alta intensidad excluyendo los interválicos o de resistencia prolongada, ni la eficacia de la modalidad de la suplementación en estos mismos.

2.-OBJETIVOS

Objetivo general: Conocer los efectos de la suplementación aguda y crónica con beta-alanina sobre el rendimiento en deportistas de pruebas anaeróbicas continuas de alta intensidad.

Objetivos específicos:

1. Revisar si la suplementación crónica con beta-alanina es efectiva para mejorar el rendimiento en deportes anaeróbicos continuos de alta intensidad.
2. Revisar si la suplementación aguda con beta-alanina es efectiva para mejorar el rendimiento en este tipo de deportes.

3. Identificar qué variables de rendimiento se ven modificadas tras la suplementación.
4. Analizar si el nivel de entrenamiento de los deportistas modula la respuesta ergogénica a la beta-alanina.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

Previo a comenzar el estudio, se revisó que no estuviera registrado previamente mediante la base de datos de revisiones sistemáticas PROSPERO (International prospective register of systematic review). Seguidamente se hizo una búsqueda preliminar en Pubmed, Scopus y Web Of Science para descartar ninguna revisión sistemática reciente y para comprobar que había suficientes artículos disponibles para justificar la elaboración de una revisión sistemática.

Para realizar la revisión bibliográfica con criterios de calidad, se han seguido las indicaciones de la declaración PRISMA (guía de comprobación de revisiones sistemáticas y metaanálisis).

Para llevar a cabo la siguiente revisión, se especificarán las características de los estudios según cada uno de los elementos del acrónimo PICOS (P problema o paciente; I intervención, tratamiento; C intervención de comparación; O resultados; S tipo de estudios).

-Población: Adultos ≥ 18 años, deportistas profesionales, amateurs o recreativos que realizan ejercicio continuo de alta intensidad predominantemente anaeróbico, dominio severo (30 seg – 10 min). El ejercicio continuo de alta intensidad predominantemente anaeróbico, correspondiente al dominio severo de intensidad, se refiere a esfuerzos realizados por encima del umbral de lactato en los que el consumo de oxígeno no alcanza un estado estable y la fatiga aparece progresivamente hasta el agotamiento. En este tipo de ejercicio existe una elevada contribución del metabolismo anaeróbico, especialmente de la glucólisis, lo que provoca acumulación de lactato y de iones hidrógeno (H^+) y una disminución del pH muscular. Generalmente, estos esfuerzos tienen una duración aproximada de 30 segundos a 10 minutos y son especialmente relevantes en el estudio de ayudas ergogénicas como la beta-alanina, debido a su papel en la mejora de la capacidad tamponadora intramuscular ([16](#), [17](#)).

-Intervención: Suplementación con Beta-Alanina, administrada mediante protocolos de duración aguda o crónica, y con diferentes dosis en la población diana

-Comparación: Grupo control con o sin presencia de Placebo

-Resultados: Que incluyan parámetros de rendimiento anaeróbico en deportes continuos de alta intensidad

-Tipo de estudios: Solo se han incluido estudios controlados aleatorizados

3.1. Protocolo y registro

Este trabajo no está registrado en ninguna parte ya que está contextualizado dentro del trabajo final de grado de nutrición de la Universidad Rovira i Virgili dentro del curso académico 2025-26. Se ha comprobado que no haya ningún estudio igual a éste en la base de datos de revisiones sistemáticas PROSPERO con la búsqueda: *beta-alanine and anaerobic performance, Acute Supplementation and beta alanine*.

3.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios para la **inclusión** de los trabajos en esta revisión sistemática fueron los siguientes:

Población: 1, estudios en adultos mayores de 18 años, ya que la población pediátrica puede tener respuestas fisiológicas variables en función de la edad y por tanto incluir esta población puede dar lugar a heterogeneidad y comprometer la validez interna ; 2, deportistas recreacionales, entrenados o profesionales/semiprofesionales para incluir todos los niveles de atletas y conocer los resultados en los distintos niveles; 4, deportistas de modalidades con esfuerzos anaeróbicos continuos de alta intensidad con el dominio severo determinado (30s-10min); 5, estudios realizados en humanos ya que estos permiten una mayor trazabilidad o seguimiento en el tiempo respecto a los modelos animales.

Tipo de intervención: 6, estudios en los que la intervención experimental consista exclusivamente en beta-alanina (aguda o crónica), con el fin de evaluar directamente su efecto ergogénico aislado sobre los resultados de rendimiento anaeróbico, evitando confusión derivada de protocolos de suplementación con múltiples ingredientes.

Comparador: estudios que establecieran un grupo control con o sin placebo, para que sea posible atribuir los efectos únicamente a la intervención.

Resultados: estudios que incluyeran medidas directas de resultados de rendimiento anaeróbico continuo como el rendimiento en contrarreloj (TTT), el tiempo hasta el agotamiento (TTE), la potencia media/ máxima en pruebas continuas etc., para asegurar que los resultados reflejaran medidas reales de rendimiento y no solo marcadores fisiológicos o perceptuales aislados.

Tipo de estudios: ensayos clínicos aleatorizados (RCTs), por constituir el diseño con mayor nivel de evidencia para evaluar la eficacia causal de una intervención, al minimizar sesgos y variables de confusión (según recomendaciones de Cochrane y PRISMA).

Idioma: estudios publicados en inglés ya que suelen tener un mayor índice de impacto y mayor difusión.

Año de publicación: publicados en los últimos 10 años (2015-2025), para asegurar que este trabajo cuenta con suficientes datos y resultados actualizados.

Los criterios para la **exclusión** de los trabajos en esta revisión sistemática fueron los siguientes:

Población: adultos con patologías metabólicas, cardiovasculares o con limitaciones que alteren al rendimiento físico ya que pueden suponer una fuente de sesgo en los resultados de rendimiento;

Tipo de intervención: 1, Se excluirán los participantes que utilicen otros suplementos o sustancias con potencial efecto ergogénico durante la suplementación con beta-alanina, con el fin de evitar factores de confusión que impidan atribuir los efectos observados exclusivamente a esta intervención.; 2, protocolos que no especifican dosis, pauta o duración de la intervención, con el fin de garantizar la reproducibilidad y permitir comparaciones significativas entre estudios.

Comparador: estudios sin grupo control.

Tipo de estudios: 1, estudios observacionales debido a su menor capacidad de establecer una relación causal, priorizando otro tipo de estudios que garanticen un mayor nivel de evidencia; 2, revisiones narrativas, sistemáticas y metaanálisis ya que este tipo de estudios tienen sus propios objetivos y pueden no coincidir con los planteados en este trabajo; 3, estudios de caso, series de casos y diseños n-of-1 debido a su bajo valor muestral pudiendo alterar el estudio.

Resultados: estudios que mostraron resultados no relevantes para los objetivos planteados en la revisión o que no cumplan los criterios de inclusión.

3.3 Fuentes de información

Se realizó una búsqueda en PubMed, SCOPUS, Web of science y Cochrane central con el objetivo de seleccionar los artículos para este trabajo. Fueron artículos potencialmente seleccionables aquellos publicados entre el 2015-2025 y la última vez que se realizó una búsqueda fue el 1 de febrero de 2026

3.4 Búsqueda en bases de datos

Se formuló la estrategia de búsqueda utilizando términos MeSH y, posteriormente, añadiendo sinónimos siempre que la base de datos lo requiriera. A cada base de datos se le añadieron filtros como fecha de publicación de los últimos 10 años, artículos en inglés y estudios en humanos (hombres). En la [Tabla 1](#) se detalla la búsqueda

Taula 1. Estrategia de búsqueda. En esta tabla se muestran todos los términos detallados para reproducir la búsqueda.

Bases de datos	Búsqueda	Comentarios
PubMed	("Exercise Test"[MeSH] OR "Bicycling"[tiab] OR cycling[tiab] OR cyclist*[tiab] OR "bicycle ergometer"[tiab] OR "time to exhaustion"[tiab] OR TTE[tiab] OR "time trial"[tiab] OR "rowing test"[tiab] OR "400 m"[tiab] OR "800 m"[tiab] OR "1500 m"[tiab]	Búsqueda avanzada. Filtros: adultos, últimos 10 años, inglés, humanos, hombres, no revisiones, no metaanálisis 25 resultados

	OR "continuous exercise"[tiab]) AND ("beta-Alanine"[MeSH] OR beta-alanine[tiab] OR "β-alanine"[tiab] OR "beta alanine"[tiab] OR "3-aminopropionic acid"[tiab]) AND ("Physical Exertion"[MeSH] OR RPE[tiab] OR Borg[tiab] OR CR10[tiab] OR "perceived fatigue"[tiab] OR "exercise performance"[tiab] OR "high-intensity performance"[tiab] OR "anaerobic performance"[tiab] OR "anaerobic capacity"[tiab] OR "power output"[tiab] OR "peak power"[tiab] OR "mean power"[tiab] OR "blood lactate"[tiab] OR lactate[tiab] OR "blood pH"[tiab] OR "acid-base balance"[tiab] OR "heart rate"[tiab] OR fatigue[tiab])	
Web of science	TS=("beta-alanine" OR "β-alanine") AND TS=("exercise performance" OR "anaerobic performance" OR "time trial" OR "time to exhaustion" OR "power output") AND TS=("continuous exercise" OR cycling OR rowing OR "400 m") NOT TS=("systematic review" OR "meta-analysis" OR "review")	Búsqueda avanzada. Filtros: últimos 10 años, humanos, artículos en inglés y tipo de documento artículo 36 resultados
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY ("exercise test" OR bicycling OR cycling OR cyclist* OR "bicycle ergometer" OR "time to exhaustion" OR TTE OR "time trial" OR "rowing test" OR "400 m" OR "800 m" OR "1500 m" OR "continuous exercise") AND TITLE-ABS-KEY ("beta-alanine" OR "β-alanine" OR "beta alanine" OR "3-aminopropionic acid") AND TITLE-ABS-KEY (RPE OR Borg OR CR10 OR "perceived fatigue" OR "exercise performance" OR "high-intensity performance" OR "anaerobic performance" OR "anaerobic capacity" OR "power output" OR "peak power" OR "mean power" OR "blood lactate" OR lactate OR "blood pH" OR "acid-base balance" OR "heart rate" OR fatigue) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2027 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "ar") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "j") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "t NOT TITLE-ABS-KEYsystematic review ORmeta-analysis") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "MEDI OR LIMIT-TO SUBJAREA") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "NURS OR LIMIT-TO SUBJAREA") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "t LIMIT-TO EXACTKEYWORD")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))	Búsqueda avanzada. Filtros: Últimos 10 años, humanos, solamente artículos en inglés, sin contar revisiones/metaanálisis 42 resultados
Cochrane Central	("beta-alanine" OR "beta alanine" OR β-alanine) AND ("time trial" OR "time to exhaustion" OR "anaerobic performance" OR "power output") AND ("400 m" OR "800 m" OR "1500 m" OR cycling OR bicycl* OR rowing)	Búsqueda avanzada. Filtros: Año de publicación 2025-2026, ingles. 38 resultados

3.4 Selección de estudios

Mediante una primera lectura de los títulos y resúmenes de los artículos obtenidos, se identificaron aquellos potencialmente susceptibles de ser incluidos en el estudio, de acuerdo con la estrategia de búsqueda previamente descrita y con los objetivos de la investigación. En aquellos casos en los que la lectura del título y el resumen generaba dudas sobre la relevancia del artículo, se procedía a la lectura completa del mismo. Asimismo, se eliminaron los artículos duplicados que aparecieron en las diferentes bases de datos. Posteriormente, los artículos seleccionados se descargaron con el fin de realizar una lectura más detallada, y aquellos que cumplían con los criterios de inclusión fueron utilizados en el proceso de extracción de datos.

3.5 Proceso de extracción de datos

Durante el proceso se diferenciaron dos etapas. En la primera, se realizó una lectura detallada de todos los artículos seleccionados con el fin de unificar los resultados; para ello, se elaboraron tablas resumen con los conceptos clave extraídos de cada estudio. En la segunda, se excluyeron aquellos trabajos que no cumplían los objetivos de la investigación y se confeccionaron las dos tablas presentadas.

3.6 Síntesis de los resultados

Se unificaron los resultados obtenidos mediante dos tablas que incluían distintos ítems: tema del estudio, apellido del primer autor y año de publicación, tipo de prueba atlética, tamaño de la muestra, diseño del estudio, duración o tiempo de seguimiento, metodología, resultados y conclusión/comentario.

3.7 Riesgo de sesgo de los estudios individuales

A continuación, se evaluó el riesgo de sesgo de los estudios incluidos en nuestro trabajo mediante la herramienta de Cochrane. Esta herramienta contempla distintos ítems evaluables que corresponden a posibles errores sistemáticos que pueden haberse producido en las investigaciones analizadas. En concreto, se evaluaron los siguientes dominios:

- Sesgo derivado del proceso de aleatorización
- Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas
- Sesgo debido a datos de resultados incompletos
- Sesgo en la medición de los resultados
- Sesgo en la selección de los resultados reportados.

Estos nombres de dominios son descripciones directas de las causas de sesgo.

4.- RESULTADOS

4.1 Selección de estudios

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo del proceso de identificación, cribado y selección de estudios para una revisión, siguiendo la estructura PRISMA. En la fase de identificación, se localizaron un total de 141 registros a través de distintas bases de datos: PubMed (n = 25), Web of Science (n = 36), Scopus (n = 42) y Cochrane Central (n = 38). Antes del cribado, se eliminaron 60 registros duplicados.

En la fase de cribado, quedaron 81 publicaciones, que fueron evaluadas para determinar su elegibilidad. Durante esta etapa, se excluyeron varios estudios por diferentes razones: 77 por no disponer de resumen (*abstract*) o por el contenido de este, 3 por el año de publicación y 1 por tratarse de un estudio en ratones.

Finalmente, en la fase de inclusión, se seleccionaron 16 estudios, que fueron incorporados en la revisión final.

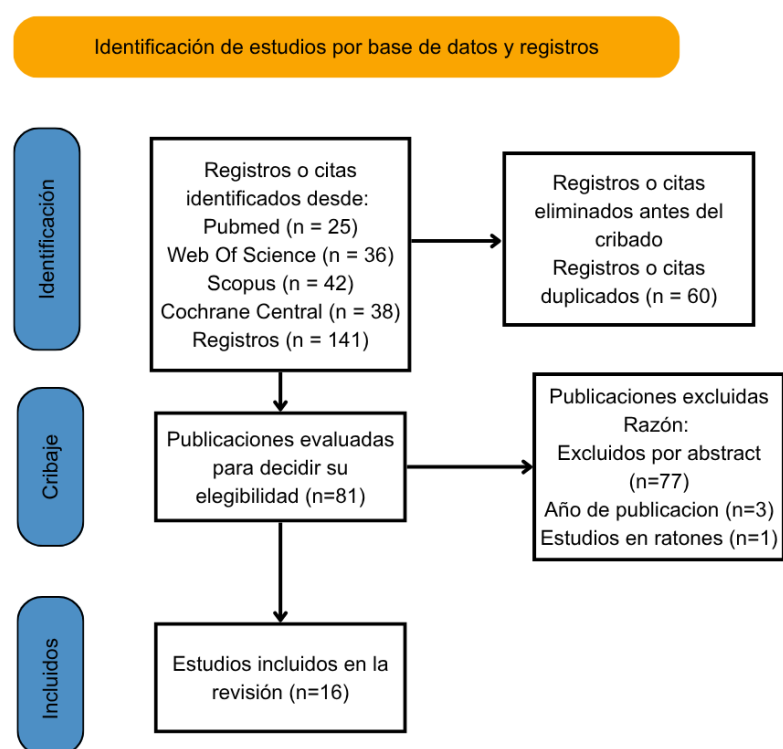


Figura 1. Proceso de selección de estudios. La figura representa las fuentes de las que se extraen los distintos estudios, los motivos de exclusión y el número final de estudios incluidos.

4.2 Características de los estudios y resultados de los estudios individuales

Clasificamos los 16 artículos incluidos en la revisión según los resultados obtenidos en los ensayos: intervenciones ergogénicas con beta-alanina que mostraron efectos beneficiosos sobre los *outcomes* de rendimiento anaeróbico, expuestos en la Tabla 2, e intervenciones ergogénicas con beta-

alanina sin efectos beneficiosos sobre los *outcomes* de rendimiento anaeróbico, recogidos en la Tabla 3.

4.3. Síntesis de los resultados

De los 16 artículos incluidos finalmente en la revisión, un total de 8 (8/16), es decir, un 50 %, fueron clasificados como intervenciones con efecto en el rendimiento anaeróbico, mientras que la otra mitad no presentó beneficios en estas variables.

En la Tabla 2 se puede ver un resumen de los artículos que evalúan Intervenciones ergogénicas con beta-alanina con efectos beneficiosos sobre los *outcomes* de rendimiento anaeróbico.

Ojeda y colaboradores (2023; 18) analizaron el efecto de la β -alanina (BA) en atletas de resistencia mediante un diseño cruzado doble ciego. Compararon dosis baja y alta antes de pruebas de carrera de 6 minutos. Los resultados mostraron mejoras significativas tras la suplementación, aunque sin diferencias entre dosis. Así que la BA parece útil para esfuerzos de alta intensidad en atletas de resistencia, especialmente en zonas anaeróbicas, aunque aumentar la dosis no garantiza beneficios adicionales claros.

Ávila-Gandía y colaboradores (2021;19) realizaron un estudio en ciclistas de élite con suplementación alta durante 7 días. Evaluaron el rendimiento en un test contrarreloj de 10 minutos y observaron mejoras en potencia, distancia y trabajo total frente al placebo. Por tanto, la carga corta e intensiva de BA puede ser eficaz para mantener o mejorar el rendimiento en esfuerzos sostenidos de alta intensidad.

Por otro lado, Sas-Nowosielski y colaboradores (2021; 20) analizaron el efecto de la BA en escaladores mediante un protocolo pre-post. Y no obtuvieron mejoras en rutas difíciles, pero sí mejoras significativas en rutas más sencillas (más movimientos y tiempo hasta el fallo). Así que la BA puede beneficiar esfuerzos de duración intermedia (~ 1 min), pero no parece determinante en esfuerzos muy exigentes o técnicos.

Bellinger & Minahan (2016A; 21) en un estudio con ciclistas entrenados con suplementación durante 4 semanas observan mejoras en rendimiento anaeróbico (mayor tiempo hasta el agotamiento, mayor capacidad anaeróbica) y en contrarreloj de 4000 m. Por tanto, la BA tiene un claro efecto ergogénico en esfuerzos anaeróbicos y puede mejorar el rendimiento en pruebas de media duración.

Por otro lado, Glenn y colaboradores (2015; 22) trabajando con mujeres máster con suplementación durante 28 días no obtuvieron cambios iniciales, pero al final aumentó el tiempo hasta el agotamiento y el trabajo total, además de mejorar la eliminación de lactato. Así que los

efectos de la BA parecen acumulativos y más evidentes a largo plazo, especialmente en poblaciones máster.

En un estudio reciente Pérez-Piñero y colaboradores (2024; 23) evaluaron ciclistas del World Tour con dosis muy altas en formato de liberación sostenida y observaron mejoras significativas en potencia relativa y tiempo en contrarreloj. Se puede decir que las dosis elevadas pueden ser especialmente efectivas en atletas de alto nivel, aunque su aplicación práctica debe considerar tolerancia y seguridad.

Bellinger y Minahan (2016B; 24) evaluando el efecto de la BA en contrarrelojes de 1, 4 y 10 km y en pruebas supramáximas no obtuvieron mejoras en pruebas cortas o largas, pero sí en el tiempo hasta el agotamiento. Así que la BA parece actuar principalmente sobre la capacidad anaeróbica más que sobre el rendimiento en pruebas específicas de ciclismo.

Los mismos autores del estudio anterior, Bellinger y Minahan (2016C; 25) pero esta vez analizando la BA combinada con entrenamiento interválico de alta intensidad (SIT) observaron mayor intensidad de entrenamiento, mejora en capacidad anaeróbica y mayor tiempo hasta el agotamiento, sin cambios diferenciales en VO_2max o contrarreloj. Según este trabajo la BA potencia los efectos del entrenamiento de alta intensidad, especialmente en el componente anaeróbico.

En conjunto, estos estudios muestran que la β -alanina mejora principalmente el rendimiento anaeróbico y el tiempo hasta el agotamiento y tiene efectos más claros en esfuerzos de alta intensidad (1–10 min) presenta mayor eficacia con suplementación prolongada o en atletas entrenados. Además, tiene efectos variables en pruebas de resistencia pura o contrarreloj.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los artículos que evalúan intervenciones ergogénicas con beta-alanina sin efectos beneficiosos sobre los *outcomes* de rendimiento anaeróbico.

Perim y colaboradores (2022; 26) analizaron el efecto de la BA en el rendimiento en ciclismo de carrera mediante un diseño cruzado, doble ciego y controlado. Compararon una dosis de 6,4 g/día frente a placebo. Los resultados no mostraron mejoras significativas en la interacción grupo-tiempo ni entre grupos. Por tanto, la BA no mejora el rendimiento en una prueba de esfuerzo anaeróbico continuo de alta intensidad, aunque sí aumenta significativamente la carnosina muscular.

Por otro lado, Brisola y colaboradores (2018; 27) evaluaron el efecto de la BA en el rendimiento de jugadores de waterpolo de nivel competitivo nacional, registrando datos pre y post suplementación. La suplementación se dividió en 4,8 g/día durante los primeros 10 días y 6,4 g/día en los 18 días restantes. Los resultados mostraron un aumento de la *critical force*, pero una reducción de la capacidad anaeróbica disponible. Por tanto, su efecto puede considerarse mixto.

Tabla 2. Intervenciones ergogénicas con beta-alanina con efectos beneficiosos sobre los *outcomes* de rendimiento anaeróbico. Conceptos clave y breve descripción de estudios que consideran beneficiosa, para el rendimiento anaeróbico de alta intensidad, la suplementación con beta-alanina

TEMA	AUTOR	ATLETAS	N	DISEÑO	DOSIS	METODOLOGÍA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN. COMENTARIO
BA (beta-alanina) y rendimiento en las zonas de transición aeróbicas-anaeróbicas en atletas de resistencia	Ojeda et al, 2023 (18)	Atletas masculinos de resistencia	12	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, <i>crossover</i>	-Baja (30mg·día) -Alta (45mg·kg) Previamente	Evaluación mediante test de carrera de 6 minutos (6-MRT), midiendo la distancia recorrida en esos minutos. Realizando test: -Previamente a la suplementación -Tras el primer tipo de dosis de suplementación -Tras el cruzamiento	Los resultados muestran diferencias significativas entre la distancia recorrida en la prueba previa a la suplementación y los test tras suplementación con ambas dosis. Además, no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de dosis	La suplementación con BA 60 minutos antes de una prueba de máxima intensidad, en un contexto de duración anaeróbica, puede ser útil en atletas de resistencia. Además, aunque no se muestran diferencias significativas la suplementación con dosis elevada mostro un efecto substancialmente mayor que en una dosis baja.
Efectos de la carga de BA en el rendimiento contrarreloj en ciclistas	Ávila-Gandía et al, 2021. (19)	Ciclistas de elite pertenecientes a uno de los 5 mejores equipos de ciclismo de carretera en el 2019, según la UCI (Unión ciclista internacional)	12	Ensayo clínico aleatorizado paralelo, controlado con placebo	20g/día durante 7 días	Registro de un test de 10 minutos (10-min TT) previo y posterior a la suplementación donde se recogieron variables de rendimiento medido mediante: distancia cubierta, potencia media (W) y trabajo total (J)	La suplementación con beta-alanina durante 7 días mejoró el rendimiento en el 10-min TT, aumentando la potencia media, la distancia recorrida y el trabajo total frente al placebo, que mostró un descenso del rendimiento. No hubo cambios en cadencia ni RPE.	Una semana de carga con altas dosis de BA, puede ayudar a mantener el rendimiento, incluso en sesiones de entrenamiento intensivo sostenido de alta exigencia donde se puede dar una disminución del rendimiento
BA en escalada continua	Sas-Nowosielski et al, 2021. (20)	Escaladores de élite con experiencia en competición, incluidos medallistas a nivel nacional	15	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo, con diseño pre-post.	4g·/día, durante 4 semanas	Registro de pruebas de ejercicio PRE y POST suplementación. Se realizó un mismo protocolo para los dos grupos: -Rendimiento intermitente de alta intensidad para parte superior del cuerpo, mediante	En contexto de travesía difícil, no hubo diferencias entre grupos. Ambos mejoraron ligeramente en número de movimientos y tiempo hasta el fallo, pero sin interacción significativa. En cambio en la travesía más sencilla, el grupo BA	Este estudio demuestra que cuatro semanas de suplementación con BA pueden mejorar el rendimiento durante la escalada continua de aproximadamente 1 minuto. Sin embargo, no logró mejorar la escalada de menor duración.

						7 series de trabajo con descansos 1:1. -Travesía “difícil” en la escala de Búlder, mediante la evaluación de tiempo hasta el fallo (TtF) y número de movimientos hasta el fallo (NoM) -Travesía fácil en la escala de Búlder, mediante los mismos métodos de puntuación que en la anterior prueba.	mejoró de forma clara y significativa tanto en número de movimientos (+51%) como en tiempo hasta el fallo (+59%), comparado con los resultados del grupo placebo, que mostró mejoras menores.	
Efectos de la suplementación con β -alanina sobre el rendimiento en ciclismo	Bellinger & Minahan, 2016A. (21)	Ciclistas masculinos entrenados, en activo competitivamente	17	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, paralelo y controlado con placebo.	6.4 g/día de BA durante 4 semanas	Previamente al período de suplementación los atletas registraron sus resultados en las siguientes pruebas: - Test supramáximo hasta el agotamiento (120% VO_2max) para evaluar el rendimiento anaeróbico continuo, registrando tiempo hasta el agotamiento (s), capacidad anaeróbica (kJ) y lactato sanguíneo ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). -Contrarreloj de 4000 m, donde se midieron tiempo total (s), potencia media (W) y la contribución aeróbica y anaeróbica al output de potencia (W)	La suplementación con BA mejoró de forma significativa el rendimiento anaeróbico continuo, aumentando el tiempo hasta el agotamiento (s) y la capacidad anaeróbica (kJ) durante la prueba supramáximo, se detectaron mayores valores de lactato post-ejercicio ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). En la contrarreloj de 4000 m, el grupo BA redujo el tiempo total (s) e incrementó la potencia media (W), mostrando mayor contribución anaeróbica al output de potencia (W).	La suplementación con BA puede tener efectos ergogénicos positivos en outputs anaeróbicos del rendimiento, por lo que su consumo puede ser una opción viable para ciclistas.
Suplementación prolongada con BA y su efecto en el rendimiento de alta	Glenn et al, 2015. (22)	Atletas máster femeninas	22	Ensayo aleatorizado doble ciego, controlado con placebo	800mg *4 dosis al día (3,2g-día)	Cada 7 días desde el inicio de la suplementación se realizó una prueba de tiempo hasta el agotamiento (TTE) al 120 % del VO_2peak. En cada sesión se	No se observaron diferencias significativas inicialmente entre los grupos ni en las semanas intermedias, pero a los 28	La suplementación con beta-alanina durante 28 días aumenta el tiempo hasta el agotamiento (TTE) y el trabajo total completado (TWC) en ciclistas máster femeninas, junto con

intensidad en mujeres máster.						registraron el TTE, el trabajo total completado (TWC) y las concentraciones de lactato en reposo, inmediatamente tras el ejercicio y a los 20 minutos de recuperación.	días de suplementación el TTE aumento en el grupo experimental al igual que el TWC, incluso las concentraciones de lactato a los 20 minutos de recuperación, el grupo BA mostró lactato significativamente menor en el día 28, indicando una mayor tasa de aclaramiento	un incremento en la tasa de aclaramiento de lactato
Suplementación con altas dosis de BA en ciclistas de alto rendimiento	Pérez-Piñero et al, 2024. (23)	Ciclistas del World Tour pertenecientes a uno de los 5 mejores equipos de carretera de la UCI	11	Ensayo doble ciego aleatorizado, controlado con placebo	BA con fórmula de liberación sostenida, en 31 porciones de 5g por dosis durante 7 días (155g).	Test idénticos previos y posteriores al período de suplementación, donde los <i>outcomes</i> de interés medidos fueron, potencia media y relativa (W/kg) y tiempo para completar la prueba.	BA mejoró significativamente el tiempo para completar la contrarreloj y la potencia media relativa frente al grupo placebo, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los cambios de resultados del grupo PLA (placebo) y BA (experimental)	La suplementación con altas dosis de BA pueden ser una gran opción para el rendimiento ciclista en contrarreloj en ascenso.
Efectos de la suplementación con beta-alanina sobre pruebas de rendimiento en ciclismo	Bellinger & Minahan, 2016B (24)	Ciclistas varones entrenados habituados al ejercicio de alta intensidad y familiarizados con las pruebas de laboratorio	14	Ensayo controlado aleatorizado con placebo y doble ciego	6.4 g/día en cuatro dosis iguales diarias en 28 días.	Consistieron en pruebas preliminares que incluyeron un test incremental prolongado para la determinación del VO ₂ máx, realizadas en días separados (>48 h). Más de 72 horas después, los participantes completaron pruebas basales para las contrarrelojes de 1, 4 y 10 km, así como la prueba de ciclismo supramáximo hasta el agotamiento, también	No se observaron mejoras estadísticamente significativas en las contrarrelojes de 1 y 10 km, aunque en el caso de los 4 km se observó una tendencia a la mejora. Sin embargo, la suplementación con beta-alanina produjo un aumento significativo en el tiempo hasta el	La suplementación con beta-alanina prolongó de forma significativa el tiempo hasta el agotamiento (TTE) en la prueba de ciclismo supramáximo y pudo haber proporcionado una mejora relevante en el TT de 4 km. Sin embargo, no se vio afectado el rendimiento en las contrarrelojes de 1 y 10 km

						en días separados por más de 48 horas.	agotamiento en la prueba de ciclismo supramáximo.	
Efectos de la suplementación con β -alanina con el entrenamiento de intervalos de velocidad en ciclismo.	Bellinger & Minahan, 2016C. (25)	Ciclistas varones entrenados en resistencia	14	Ensayo doble ciego controlado con placebo	Carga de suplementación de 6,4 g/día durante 28 días	Realizaron una prueba de ejercicio gradual prolongada, después, completaron una familiarización con cada prueba de rendimiento en días diferentes. Después de completar las pruebas preliminares se realizaron una prueba de ciclismo supramáxima hasta el agotamiento, una TT de 4 y 10 km y 4 × 1 km esprints en días separados (>48 h) en tres momentos: precarga, poscarga y después de un programa de SIT.	Después de 5 semanas de SIT, la intensidad del entrenamiento aumentó en mayor medida con la suplementación de β -alanina. La suplementación con β -alanina también mejoró el tiempo de ciclismo supramáximo hasta el agotamiento en mayor medida que el placebo. Sin embargo, en el rendimiento en TT de 4 y 10 km mejoró en una magnitud similar en ambos grupos. Después del SIT, la β -alanina también aumentó la capacidad anaeróbica, mientras que el VO ₂ máx. aumentó de manera similar en cada grupo.	La suplementación con β -alanina mejora la intensidad del entrenamiento durante el SIT y proporciona beneficios adicionales al ciclismo supramáximo extenuante en comparación con el SIT solo

BA (Beta Alanina), g (gramos), J (julios), kJ (kilojulios), mg (miligramos), MRT (Maximal Running Test), n (número de la muestra), nmol·L (nanomoles por litro), NoM (número de movimientos hasta el fallo), PLA (Placebo), PRE (previo), PRO (posterior), RPE (Rate of Perceived Exertion), s (segundos), SIT (Sprint Interval Training), Tff (tiempo hasta el fallo), TTE (Time to Exhaustion), TWC (Trabajo total completado), UCI (Unión Ciclista Internacional), VO₂max (volumen de oxígeno máximo), W (watts), W/kg (potencia media y relativa), 10 min TT (10-minute Time Trial).

En otro ensayo de Brisola y colaboradores (2017; 28) con jugadores de waterpolo, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las pruebas, mejorando el rendimiento en ambos grupos de manera similar. Así, la beta-alanina suplementada según el mismo formato del estudio de 2018 (; 27) no mejora el rendimiento en parámetros de natación.

Black y colaboradores (2018; 29) valoraron el efecto de la BA en el pH muscular y en la relación potencia-duración en un estudio doble ciego, aleatorizado y controlado. Aunque se observaron diferencias significativas entre grupos para la potencia máxima y un pequeño aumento del pH sanguíneo durante el ejercicio incremental en bicicleta, estos cambios no fueron suficientes para alterar la relación potencia-duración ni para aumentar el contenido de carnosina muscular en todos los casos.

En el estudio de Patel y colaboradores (2021; 30), donde se evaluó la BA en ciclismo de alta intensidad en condiciones de normoxia e hipoxia, no se observaron efectos ergogénicos en el TTE. Tampoco hubo diferencias significativas en ninguna de las dos condiciones.

Glenn y colaboradores (2015; 31) realizaron un ensayo aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo cruzado para evaluar la suplementación aguda de BA en ciclistas femeninas competitivamente activas. La suplementación consistió en una única dosis de 1,6 g. Se evaluó la prueba Wingate (30 s) y no se observaron diferencias significativas; sin embargo, sí se redujo la percepción del esfuerzo (RPE), aunque sin impacto en el rendimiento anaeróbico. Esto sugiere un posible efecto sobre la fatiga percibida, pero no sobre el rendimiento.

En el ensayo de Bech y colaboradores (2018; 32), se evaluó la BA en el rendimiento de remeros de kayak de élite, tanto femeninos como masculinos. La suplementación fue de 80 mg/kg de peso corporal al día durante 8 semanas. Tras la intervención, el rendimiento en la prueba de 1000 m no mostró mejoras significativas ni diferencias entre grupos.

En un estudio reciente, Norberto y colaboradores (2020; 33) evaluaron la BA en nadadores varones competitivos con al menos 4 años de experiencia. La suplementación consistió en 6 cápsulas diarias de 800 mg (4,8 g/día). El rendimiento en 400 m no mostró mejoras significativas ni dentro del grupo de BA ni frente al placebo. Por lo tanto, la suplementación resultó inefectiva para este *outcome*.

En conjunto, estos estudios muestran que la β -alanina, suplementada de forma aguda o crónica y en dosis variables, no mejora de manera consistente el rendimiento anaeróbico en parámetros como potencia-duración, Wingate (30 s) o TTE. Aunque algunos estudios muestran efectos mixtos, el resultado predominante es la ausencia de mejoras significativas. Este efecto no significativo fue similar en hombres y mujeres, aunque las dosis no siempre fueron equivalentes.

Tabla 3. Intervenciones ergogénicas con beta-alanina sin efectos beneficiosos sobre los *outcomes* de rendimiento anaeróbico. Conceptos clave y breve descripción de estudios que consideran no beneficiosa, para el rendimiento anaeróbico de alta intensidad, la suplementación con beta-alanina.

TEMA	AUTOR	ATLETAS	N	TIPO DE DISEÑO	DOSIS	METODOLOGÍA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN. COMENTARIO
BA (beta-alanina) y rendimiento en el ciclismo de carretera.	Perim et al, 2022 (26)	Ciclistas con al menos un año de experiencia y un volumen de entrenamiento de >60km.	17	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.	6.4 g/día durante 28 días.	10 min de calentamiento a 1 W·kg ⁻¹ en rodillo, acto seguido, completaron un time-trial de 4 km con resistencia equivalente a un 5% de pendiente, pudiendo cambiar de marcha libremente y viendo solo la distancia restante. El resultado fue el tiempo total de finalización. Previo y posterior a la suplementación.	Ni el grupo placebo ni el grupo suplementado con BA experimentaron mejoras significativas con relación a la interacción grupo-tiempo ni entre grupos.	La suplementación con BA no generó mejoras en el rendimiento en la prueba de esfuerzo anaeróbico continuo de alta intensidad pese al aumento significativo de carnosina muscular.
Efectos de la suplementación con BA sobre el rendimiento en jugadores de waterpolo	Brisola et al, 2018. (27)	Jugadores de waterpolo de nivel competitivo nacional, con al menos 3 años de experiencia competitiva.	22	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, paralelo y controlado con placebo, con toma de datos de rendimiento PRE y POST suplementación.	4,8 g/día durante 10 días, luego 6,4 g/día durante 18 días, lo que resultó en 163,2 g durante 28 días	Los atletas realizaron dos pruebas distintas previamente al período de suplementación. -TSGT, test incremental progresivo hasta el agotamiento. -3 min <i>all-out</i> , esfuerzo continuo máximo durante 3 minutos, donde se midió: <i>Critical force</i> , indicador de resistencia continua W 'capacidad anaeróbica, fuerza pico, fuerza media, fatiga. Las cuales se volvieron a realizar tras el período de suplementación.	La suplementación con β-alanina mejoró la capacidad de sostener fuerza durante un esfuerzo continuo de 3 minutos (aumento de la <i>critical force</i>), pero redujo la capacidad anaeróbica disponible (descenso del W'). No se observaron cambios relevantes en el resto de las variables.	La suplementación con BA puede mejorar ciertos parámetros del rendimiento anaeróbico, mientras puede disminuir negativamente otros por lo que su efecto es mixto.

BA y rendimiento en parámetros de natación	Brisola et al, 2017. (28)	Jugadores de waterpolo, integrantes de un equipo del campeonato nacional brasileño.	22	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, paralelo y controlado con placebo, en dos medidas PRE y POST suplementación	4 semanas, donde: -Primeros 10 días, 4.8g-día -Últimos 18 días, 6.4g-día	Evaluación de resultados de 3 pruebas distintas, 30-s <i>maximal tethered swimming</i> , 200-m swimming performance y 30-second <i>crossbar jumps</i> , previamente al período de suplementación y posteriormente a este.	No se observaron diferencias significativas entre el grupo β -alanina y el grupo placebo en ninguna de las pruebas. Aunque el grupo β -alanina mostró mejoras internas pre-post en varias variables, estas mejoras no fueron superiores a las del placebo. En la prueba que nos interesa (200 m), el grupo β -alanina mejoró ligeramente su rendimiento, pero dicha mejora tampoco difirió del placebo	La suplementación con BA durante 4 semanas, con este formato puede no mejorar el rendimiento en parámetros de natación
Efectos de la suplementación con B-alanina en el pH muscular y a la relación potencia-duración	Black et al. 2018 (29)	Varones recreativamente activos sanos.	20	Estudio doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo.	6,4 g/día durante 28 días.	El protocolo incremental de rampa consistió en 3 min de pedaleo basal sin carga seguido de un aumento de rampa en la salida de potencia de 30 W/min hasta el fallo de la tarea. Se instruyó a los sujetos para que mantuvieran su cadencia autoseleccionada durante el mayor tiempo posible. La prueba se terminó cuando la frecuencia de pedaleo cayó >10 rpm por debajo de la cadencia elegida durante >5 s a pesar del fuerte estímulo verbal. El VO2 máx. se determinó como el valor medio más alto de 30 s y el	Se observaron diferencias significativas entre grupos para la potencia máxima, fue mayor en el grupo BA de antes a después de la suplementación respecto al grupo PL. Pero, no se observaron diferencias entre grupos para el GET	El pequeño aumento del pH sanguíneo durante el ejercicio incremental en bicicleta fue significativamente mayor aumentando el rendimiento en relación con el grupo PL, pero esto no fue suficiente para alterar la relación potencia-duración. La suplementación con BA no siempre aumenta el contenido de carnosina muscular

						GET se estableció a partir de los datos de intercambio de gases promediados en intervalos de tiempo de 10 s		
Efectos de la suplementación con BA (beta-alanina) sobre el ciclismo de alta intensidad en normoxia	Patel KA et al. 2021 (30)	Hombres recreativamente activos	19	Ensayo doble ciego, aleatorizado.	6,4 g/día durante 28 días	Se realizaron siete pruebas separadas, una prueba de potencia máxima (Powermax), dos pruebas de familiarización CCT110% (en normoxia seguida de hipoxia). Y, cuatro pruebas principales; dos pruebas CCT110% antes de la suplementación y dos después de la suplementación.	La suplementación con beta-alanina no tiene efectos energéticos en el TTE en normoxia	La capacidad de ejercicio con cuatro semanas de suplementación con beta-alanina no tuvieron ningún efecto sobre la capacidad de ciclismo de alta intensidad en ninguna de las dos condiciones.
Suplementación aguda con BA y rendimiento anaeróbico en atletas femeninas	Glenn et al, 2015. (31)	Ciclistas femeninas entrenadas y competitivamente activas	12	Ensayo aleatorizado, doble ciego controlado con placebo cruzado	1,6g en una sola toma	Las participantes realizaron tres pruebas Wingate de 30 s en cicloergómetro, separadas por 2 min de recuperación activa. Se midieron potencia pico, potencia media (W), potencia relativa (w/kg) e índice de fatiga como indicadores directos de rendimiento anaeróbico. Además, se registraron lactato sanguíneo, frecuencia cardíaca y percepción del esfuerzo (RPE), considerados marcadores fisiológicos y perceptuales complementarios.	El Wingate 1 (30s), que al ser el primero en ser estudiado no se considera un esfuerzo interválico sino continuo, muestra que no se observaron diferencias significativas entre beta-alanina y placebo en el Wingate 1. La potencia, potencia media, potencia relativa e índice de fatiga fueron similares entre condiciones. La suplementación redujo la percepción del esfuerzo (RPE), pero sin impacto en el rendimiento anaeróbico.	La suplementación aguda con 1.6g no demuestra efectos positivos sobre los parámetros de rendimiento anaeróbico, aunque si muestran potencial para reducir la fatiga percibida

BA y rendimiento en kayak	Bech et al, 2018. (32)	Remeros de kayak de élite, tanto femeninos como masculinos	17	Ensayo clínico aleatorizado doble ciego controlado con placebo	80mg·por kg peso corporal·día	Antes y después de 8 semanas de suplementación, los atletas realizaron un test de 1000 m en ergómetro de kayak. Se registraron los <i>outcomes</i> de interés: tiempo para completar la prueba y potencia media	Tras la suplementación, el rendimiento en el test de 1000 m (tiempo y potencia media) se mantuvo similar al valor previo, sin mejoras significativas. Tampoco se observaron diferencias entre el grupo BA y el grupo placebo en ninguno de estos <i>outcomes</i>	La suplementación con β -alanina durante 8 semanas no produjo mejoras en el rendimiento del test de 1000 m en ergómetro de kayak.
Suplementación con BA sobre el rendimiento en pruebas de natación	Norberto et al, 2020. (33)	Nadadores varones activos competitivamente, con experiencia de al menos 4 años a nivel nacional	13	Ensayo clínico aleatorizado doble ciego controlado con placebo	6 cápsulas al día· 800 mg = 4,8 g/día	Se realizó una prueba de 400m libres, en la que se tomaron datos sobre tiempo y velocidad, en un análisis previo y otro posterior al período de 6 semanas de. Durante las semanas que duró el estudio los dos grupos realizaron el mismo protocolo de entrenamiento	Tras 6 semanas de suplementación, el rendimiento en 400 m (tiempo y velocidad) no mostró mejoras significativas ni dentro del grupo BA ni frente a la comparación frente al placebo.	La suplementación en esta forma resultó inefectiva en el rendimiento de los 400m libres en natación.

BA (Beta Alanina), CCT10% (constant cycling test), g (gramo), GET (gasto energético total), m (metros), mg (miligramos), MRT (Maximal Running Test), n (número de la muestra), nmol·L (milimol por litro), NoM (número de movimientos hasta el fallo), pH (potencial de hidrógeno), PLA (Placebo), PRE (previo), PRO (posterior), RPE (Rate of Perceived Exertion), s (segundos), SIT (Sprint Interval Training), TSGET (test incremental progresivo hasta el agotamiento), TTE (Time to Exhaustion), VO₂max (Volumen de oxígeno máximo), W' (reserva de trabajo anaeróbico), W/kg (potencia media y relativa), 10 min TT (10-minute Time Trial).

4.4 Riesgo de sesgo de los estudios individuales

Se elaboró la Tabla 4 (ver también la figura 2) para exponer la diversidad de riesgo de sesgo de cada uno de los estudios. La mayoría de ellos son ensayos doble ciego controlados con placebo, pero aun así difieren en algunos de los criterios definidos por la herramienta RoB 2 de Cochrane, por lo que presentan riesgos de sesgo distintos, más o menos elevados.

En general, los estudios presentaban un proceso de aleatorización bien descrito; sin embargo, algunos de ellos no mencionaban cuál fue exactamente su proceso de ocultación de la secuencia de asignación. Por este motivo, debimos clasificarlos como estudios que generan cierta preocupación en este dominio. Este fue el error mayoritario en el dominio 1.

Aun así, el factor que más se ha repetido entre gran parte de los artículos incluidos en la revisión, y que ha llevado a muchos de ellos a ser clasificados como estudios que despiertan cierta preocupación por posible sesgo, se encuentra en el dominio 5. Muy pocos artículos mencionan la existencia de un protocolo o registro previo, por ejemplo, en bases como ClinicalTrials.gov.

En ninguno de los estudios encontramos un riesgo elevado de sesgo, con excepción de los artículos de Brisola y colaboradores (2017 y 2018; 28 y ; 27). En ambos casos, además de la falta de registro y protocolo previos ya mencionada, se analizaron múltiples *outcomes* sin especificar cuál de ellos era el principal, lo que podría suponer un riesgo de *selective reporting*.

En algunos estudios se observa que, aunque ciertos dominios han sido clasificados como *some concerns*, el resultado final es de bajo riesgo de sesgo. Esto ocurre porque, en estos casos concretos, los *some concerns* no afectan directamente al resultado. No hay indicios de grupos desequilibrados y los resultados reportados son coherentes, aunque no se describan con un nivel de detalle perfectamente definido algunos métodos, como los de aleatorización. Esta falta de detalle aparece en varios estudios, pero según el contexto y la precisión metodológica de cada uno, puede clasificarse dentro del conjunto global como de mayor o menor riesgo.

La exigencia aplicada ha sido la misma para todos los estudios; sin embargo, en el conjunto, no todos los artículos con dominios más “interpretativos” presentaban medidas tan objetivas, un diseño tan controlado o una coherencia tan sólida en los resultados.

4.4.1 Riesgo de sesgo de los estudios individuales *crossover*

De forma independiente, analizamos también el riesgo de sesgo de los estudios con un diseño cruzado incluidos en la revisión. Estos resultados se presentan en la Tabla 5. También se hizo la figura 3 para una imagen más gráfica de los resultados.

En el primero de ellos, el reciente estudio de Ojeda y colaboradores (2023; 18), se identificaron ciertas dudas sobre el riesgo de sesgo en los dominios 1 y 2. En el dominio 1, la debilidad aparece, como en muchos otros estudios, porque no se especifica cómo se generó la secuencia de aleatorización, lo que deja espacio a interpretación. Además, tampoco se presenta información sobre la ocultación de la asignación, por lo que el investigador podría haberla conocido. Es cierto que los autores mencionan la “asignación a condiciones”, pero no detallan el procedimiento.

Tabla 4. Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales. Análisis del riesgo de sesgo de los estudios incluidos mediante la herramienta RoB 2 de Cochrane.

Estudios	Dominio 1	Dominio 2	Dominio 3	Dominio 4	Dominio 5	Global
Protocolos de suplementación con beneficios ergogénicos						
Ojeda et al, 2023. (18)	(?)	(?)	(+)	(+)	(+)	(?)
Ávila-Gandía et al, 2021. (19)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Sas-Nowosielski et al, 2021. (20)	(+)	(+)	(+)	(+)	(?)	(?)
Bellinger & Minahan, 2016A. (21)	(?)	(?)	(+)	(+)	(?)	(?)
Glenn et al, 2015. (22)	(+)	(+)	(+)	(+)	(?)	(+)
Pérez-Piñero et al, 2024. (23)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Bellinger & Minahan, 2016B. (24)	(?)	(+)	(+)	(+)	(?)	(+)
Bellinger & Minahan, 2016C. (25)	(?)	(+)	(+)	(+)	(?)	(+)
Protocolos de suplementación sin beneficios ergogénicos						
Perim et al, 2022. (26)	(?)	(?)	(?)	(+)	(?)	(?)
Brisola et al, 2018. (27)	(+)	(+)	(?)	(+)	(-)	(-)
Brisola et al, 2017. (28)	(?)	(?)	(?)	(+)	(-)	(-)
Black et al. 2018. (29)	(?)	(+)	(+)	(+)	(?)	(?)
Patel KA et al. (30)	(?)	(+)	(+)	(+)	(?)	(?)
Glenn et al, 2015. (31)	(+)	(+)	(+)	(+)	(?)	(?)
Bech et al, 2018. (32)	(?)	(?)	(?)	(+)	(?)	(?)
Norberto et al, 2020. (33)	(?)	(?)	(?)	(+)	(?)	(?)

(+) Bajo riesgo de sesgo, (?) Algunas preocupaciones acerca del riesgo de sesgo, (-) Alto riesgo de sesgo. Dominio 1: Sesgo derivado del proceso de aleatorización. Dominio 2: Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas. Dominio 3: Sesgo debido a datos faltantes. Dominio 4: Sesgo en la medición del resultado. Dominio 5: Sesgo en la selección del resultado comunicado.

En el dominio 2, tampoco queda totalmente claro si los participantes o los investigadores eran conscientes de la intervención, ya que el cegamiento no está descrito con suficiente detalle, lo que

nuevamente deja margen a interpretación. Por estos motivos, clasificamos este estudio como uno que presenta ciertas dudas.

Por último, en el estudio de Glenn y colaboradores (2015; 31) vuelve a observarse, como en muchos otros, la ausencia de un registro previo, por lo que el riesgo de sesgo en el dominio 5 puede verse comprometido.

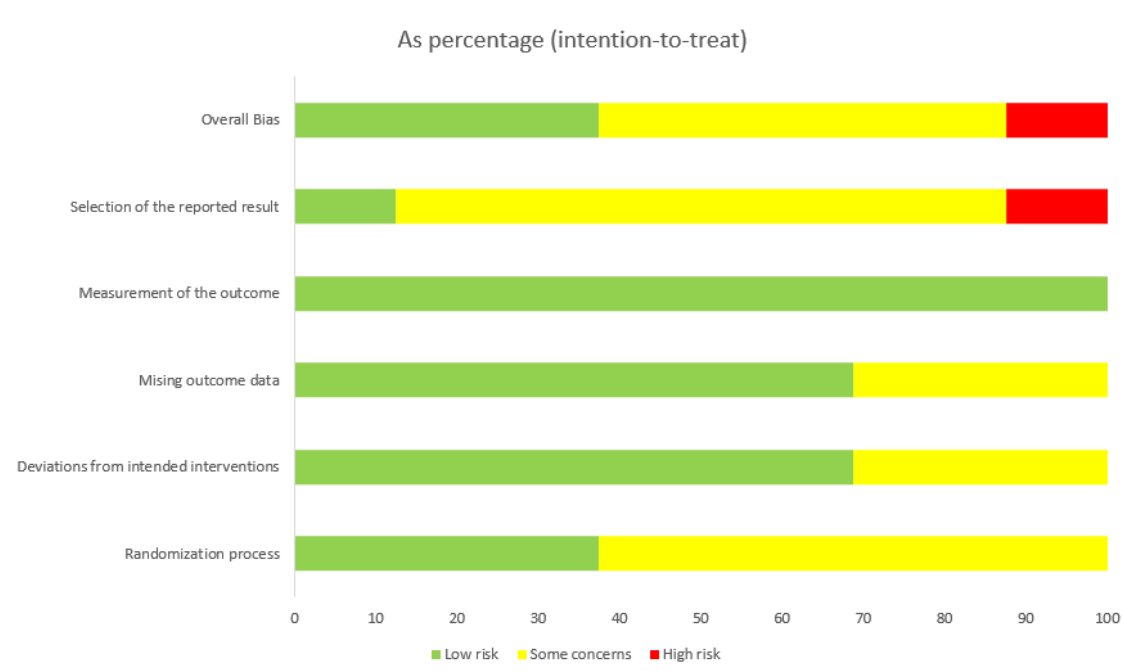


Figura 2. Gráfico del riesgo de sesgo: revisión de los argumentos de los autores de los estudios incluidos en esta revisión sistemática sobre cada dominio de riesgo de sesgo, presentados como porcentajes. En orden ascendente: Dominio 1: Sesgo derivado del proceso de aleatorización. Dominio 2: Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas. Dominio 3: Sesgo debido a datos faltantes. Dominio 4: Sesgo en la medición del resultado. Dominio 5: Sesgo en la selección del resultado comunicado. Riesgo de sesgo global.

4.5 APLICABILIDAD

La aplicabilidad de los estudios se evaluó mediante el sistema SIGN, asignando a cada ensayo un nivel de evidencia en función de su diseño y calidad metodológica. La tabla siguiente resume esta valoración.

Tabla 5. Evaluación de la calidad metodológica y aplicabilidad de los estudios incluidos según los criterios SIGN. La tabla resume el nivel de evidencia asignado a cada ensayo clínico aleatorizado y la justificación correspondiente basada en el riesgo de sesgo, precisión, validez interna y relevancia para la población diana.

ESTUDIO	CALIDAD METODOLÓGICA	NIVEL SIGN	JUSTIFICACIÓN
Ojeda et al., 2023 (18).	Metodología sólida y bien controlada	1+	Ensayo con aleatorización descrita, doble ciego, control adecuado de efectos de periodo y <i>carryover</i> , sin pérdidas de datos, medición objetiva del rendimiento (distancia en 6-MRT) y análisis estadístico apropiado. Cumple criterios de ECA bien conducido, aunque no alcanza los requisitos de 1++.
Ávila-Gandía et al., 2021 (19).	Ensayo robusto y bien controlado	1+	Ensayo aleatorizado paralelo, doble ciego, con protocolo claramente descrito, control adecuado de la intervención, mediciones objetivas de rendimiento, análisis estadístico

			apropiado y seguimiento casi completo. Presenta bajo riesgo de sesgo y adecuada validez externa.
Sas-Nowosielski et al., 2021 (20).	Metodología adecuada con limitaciones relevantes	1-	Ensayo doble ciego con aleatorización, pero sin control estricto del entrenamiento ni dieta, tamaño muestral reducido, ausencia de ocultación descrita y mediciones parcialmente dependientes del esfuerzo. Presenta limitaciones metodológicas que reducen la validez interna.
Bellinger & Minahan, 2016A. (21).	Ensayo sólido con limitaciones menores	1+	Ensayo aleatorizado con protocolo detallado, control adecuado del ejercicio y mediciones objetivas, aunque sin descripción de ocultación de asignación y con uso de suplementos previos en algunos participantes. Presenta bajo riesgo de sesgo y adecuada validez interna.
Glenn et al, 2015. (22).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Diseño aleatorizado doble ciego, pero sin ocultación descrita, control insuficiente del entrenamiento y dieta, muestra pequeña y variabilidad elevada reducen validez.
Pérez-Piñero et al, 2024. (23).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Ensayo aleatorizado doble ciego, pero muestra muy pequeña, ausencia de ocultación descrita y variabilidad ambiental reducen notablemente la validez interna.
Bellinger & Minahan, 2016B. (24).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Ensayo aleatorizado doble ciego, pero muestra pequeña, ausencia de ocultación descrita y confusores no controlados reducen la validez interna del estudio.
Bellinger & Minahan, 2016C. (25).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Randomizado, doble ciego y controlado; protocolo sólido y resultados objetivos, aunque muestra pequeña y sin carnosina limitan precisión afectando al sesgo.
Perim et al, 2022. (26).	Metodología adecuada con limitaciones moderadas	1+	Randomizado, doble ciego y controlado; medición directa de carnosina, aunque muestra pequeña y variabilidad moderada limitan precisión sin aumentar riesgo de sesgo.
Brisola et al, 2018. (27).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Ensayo aleatorizado con resultados inconsistentes, sin interacción significativa, potencia insuficiente y alta imprecisión que limitan la validez interna global.
Brisola et al, 2017. (28).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Ensayo aleatorizado con mejoras solo intragrupo, sin interacción significativa, potencia insuficiente y resultados imprecisos que limitan la validez interna.
Black et al. 2018. (29).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Suplementación no aumentó carnosina, ausencia de efectos fisiológicos esperados, potencia limitada y resultados inconsistentes reducen notablemente la validez interna.
Patel KA et al. (30).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Imprecisión elevada, ausencia de medición de carnosina, potencia insuficiente y efectos nulos entre grupos reducen claramente la validez interna.
Glenn et al, 2015. (31).	Metodología adecuada con limitaciones menores	1+	Randomizado, doble ciego y placebo-controlado; tamaño muestral pequeño y detalles metodológicos incompletos, aunque con riesgo de sesgo bajo-moderado.
Bech et al, 2018. (32).	Metodología sólida con limitaciones moderadas	1+	Randomizado, doble ciego y controlado; muestra pequeña, sin medición de carnosina y control limitado de entrenamiento, con riesgo de sesgo bajo-moderado.
Norberto et al, 2020. (33).	Metodología adecuada con limitaciones importantes	1-	Randomizado, doble ciego y controlado; muestra pequeña, ausencia de intervalos de confianza y variabilidad moderada limitan la precisión y aumentan incertidumbre.

(1+) Ensayo clínico aleatorizado bien conducido, con riesgo de sesgo bajo o moderado. (1-) Ensayo clínico aleatorizado con limitaciones importantes y riesgo de sesgo alto.

Dado que la evidencia de mayor calidad (1+) es limitada y no muestra resultados consistentes entre los estudios, no puede emitirse una recomendación fuerte a favor del uso sistemático de beta-alanina para mejorar el rendimiento en deportistas entrenados. Su utilización debería considerarse de forma individualizada y condicionada al contexto, teniendo en cuenta las características del deportista, el tipo de prueba y los objetivos específicos del entrenamiento. Por tanto, siguiendo los criterios SIGN, el grado de recomendación corresponde a un nivel B, entendida como una recomendación condicionada y dependiente del contexto.

5. DISCUSIÓN

Esta es la primera revisión sistemática que evalúa los efectos de la beta-alanina (BA) en modalidades deportivas anaeróbicas continuas de alta intensidad.

La evidencia incluida en esta revisión muestra una clara predominancia de intervenciones crónicas con beta-alanina (19–30, 32, 33), mientras que las intervenciones agudas (18, 31) fueron menos frecuentes. Los estudios abarcaron deportes o pruebas de carácter anaeróbico continuo como remo, natación, escalada y diferentes modalidades de ciclismo, con variabilidad en las demandas fisiológicas específicas de cada disciplina. Asimismo, las variables de rendimiento evaluadas fueron heterogéneas, destacando el tiempo hasta el agotamiento, el trabajo total y la potencia media, entre otras. Esta distribución condiciona la solidez de las conclusiones y ayuda a interpretar por qué ciertos estudios muestran efectos ergogénicos y otros no.

Dado que la respuesta ergogénica a la beta-alanina depende en gran medida de la demanda fisiológica del deporte, y considerando la heterogeneidad existente entre los estudios incluidos, tanto en el tipo de intervención como en las características de las modalidades deportivas y las variables evaluadas, los resultados deben interpretarse con cautela. Generalizar los efectos de la beta-alanina sin considerar estas diferencias podría conducir a conclusiones poco precisas o no aplicables a contextos específicos.

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en cada modalidad deportiva incluida en la revisión, evaluando si los distintos indicadores de rendimiento se ven modificados tras la suplementación con BA. En cada deporte se examina cómo influyen el tipo de protocolo utilizado (agudo o crónico) y el nivel de entrenamiento de los deportistas en la magnitud de la respuesta ergogénica, permitiendo interpretar de forma integrada los efectos de la intervención en contextos específicos de rendimiento.

5.1 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento de deportes de resistencia

Las muestras analizadas abarcan desde sujetos recreativamente activos o ciclistas entrenados hasta atletas altamente competitivos, incluyendo también atletas femenina máster. Además, los protocolos empleados difieren entre estudios, incorporando pruebas supramáximas hasta el agotamiento, contrarrelojes de distintas distancias y variables fisiológicas asociadas al rendimiento. Por ello, con el objetivo de facilitar la comparación e interpretación de los hallazgos, este apartado se ha organizado en diferentes subgrupos en función del tipo de *outcome* evaluado.

La mayoría de los estudios incluidos en esta revisión se realizaron en pruebas de ciclismo, por lo que los *outcomes* analizados en este apartado cuentan con un mayor número de investigaciones disponibles. Esto permite una interpretación más consistente de los resultados en comparación con otros deportes incluidos en la revisión, donde el número de estudios es más reducido.

Los resultados de la presente revisión se encuentran parcialmente en consonancia con la revisión sistemática y metaanálisis de Georgiou et al., (34) donde se observó un efecto significativo de la suplementación crónica con beta-alanina sobre el rendimiento en esfuerzos máximos o supramáximos de 0,5 a 10 minutos, especialmente tras 4 semanas de suplementación, con dosis de 5,6–6,4 g/día y en pruebas de 4–10 minutos.

En una línea similar, Saunders et al. (35) también observaron un efecto global significativo de la suplementación crónica con beta-alanina sobre la capacidad y el rendimiento físico, identificando la duración del ejercicio como un moderador relevante del efecto ergogénico. Este aspecto coincide con los resultados de la presente revisión, donde los beneficios fueron más evidentes en esfuerzos continuos de alta intensidad y duración intermedia, especialmente en *outcomes* como el tiempo hasta el agotamiento, la potencia media y el trabajo total completado.

5.1.1. Efectos sobre el tiempo hasta el agotamiento

En esta revisión se recabaron artículos en que la suplementación con beta-alanina obtienen mejoras significativas en el tiempo hasta el agotamiento (TTE) tanto en atletas masculinos como femeninos. Este efecto se produjo en estudios que aplicaron protocolos de suplementación crónica con beta-alanina, aunque con diferencias en la dosis utilizada entre poblaciones. En el caso de los hombres (21, 24, 25) la dosis empleada fue superior a la utilizada en mujeres. En ambos estudios, la mejora significativa del TTE se observó en pruebas de ciclismo supramáximo realizadas al 120% del $\text{VO}_2\text{máx}$.

En el estudio realizado en mujeres (22), además del incremento significativo del TTE, los investigadores observaron una mejora en el trabajo total completado (TWC) y una mayor tasa de aclaramiento de lactato durante la recuperación. Aunque la tasa de aclaramiento de lactato no constituye un *outcome* directo de rendimiento, puede ayudar a interpretar los resultados obtenidos,

ya que una mayor capacidad de recuperación metabólica podría favorecer el mantenimiento del esfuerzo y contribuir indirectamente a las mejoras observadas en el TTE y el TWC.

Esta implicación del metabolismo del lactato también se observa en uno de los estudios realizados en hombres (21), donde se detectaron mayores concentraciones de lactato tras la suplementación con beta-alanina. Sin embargo, este hallazgo debe diferenciarse del aclaramiento de lactato observado en el estudio mencionado, ya que mientras el primero refleja una mayor acumulación o producción durante el esfuerzo, el segundo hace referencia a una mayor reducción del lactato durante la recuperación.

Apenas se encontraron diferencias significativas en el resto de las pruebas de rendimiento evaluadas. Esto sugiere que la beta-alanina podría mostrar un mayor efecto ergogénico en pruebas continuas de alta intensidad llevadas hasta el agotamiento, donde el deportista mantiene el esfuerzo máximo posible sin una duración previamente establecida, o simplemente una mayor capacidad de mantener el esfuerzo supramáximo en el tiempo.

Por otra parte, otro estudio (30) no observó una mejora significativa del TTE tras la suplementación con beta-alanina. Aunque este estudio también aplicó un protocolo de suplementación crónica, similar al utilizado en hombres (21, 24, 25), los resultados no mostraron un efecto ergogénico significativo.

En relación con el TTE, el único estudio que no mostró mejoras (30) fue realizado en una población recreacionalmente activa, mientras que aquellos que sí encontraron efectos beneficiosos (21, 24, 25) evaluaron a ciclistas entrenados e incluso competitivos. Esta diferencia sugiere que el nivel de entrenamiento podría influir en la magnitud de la respuesta ergogénica, siendo posible que los deportistas más entrenados obtengan un mayor beneficio en este tipo de pruebas.

Al interpretar estos hallazgos, debe tenerse en cuenta el riesgo de sesgo de los estudios incluidos. Los estudios que observaron mejoras significativas en el TTE fueron clasificados como de bajo riesgo de sesgo mediante la herramienta RoB 2 de Cochrane, lo que aumenta la confianza en sus resultados. En cambio, el estudio de Patel et al. (30) presentó algunas preocupaciones metodológicas, principalmente relacionadas con el proceso de asignación y el diseño del estudio, por lo que sus resultados deben interpretarse con mayor cautela. En conjunto, la evidencia disponible sugiere que la suplementación crónica con beta-alanina podría mejorar el TTE en pruebas supramáximas, aunque la magnitud y consistencia del efecto puede depender del diseño metodológico, las características de los participantes y las condiciones experimentales.

Esta interpretación coincide con Saunders et al. (35), quienes observaron mayores efectos de la beta-alanina sobre la capacidad de ejercicio que sobre el rendimiento deportivo específico. En esta revisión, esto también se refleja en ciclismo, donde las mejoras fueron más consistentes en

pruebas supramáximas hasta el agotamiento, como el TTE, que en pruebas más específicas como algunas contrarrelojes.

5.1.2 Efectos sobre las pruebas contrarreloj (TT)

El rendimiento en pruebas contrarreloj fue otro de los *outcomes* analizados en este trabajo. Según los resultados de esta revisión, la suplementación con beta-alanina puede mejorar el rendimiento en este tipo de pruebas, ya sea reduciendo el tiempo necesario para completar una distancia determinada o aumentando la distancia recorrida en un tiempo fijo. De los seis estudios que evaluaron este desenlace, cinco mostraron resultados positivos (19, 21, 23, 24), entre los cuales se incluyen ensayos con un riesgo de sesgo bajo (19, 23, 24), lo que aporta una calidad metodológica relativamente aceptable a la evidencia disponible.

En cambio, uno de los estudios que evaluó este desenlace no mostró ningún beneficio significativo respecto al grupo placebo (26). Además, este estudio presenta ciertas dudas metodológicas en la evaluación de su riesgo de sesgo, lo que limita la solidez de sus resultados y podría explicar, al menos en parte, la ausencia de efectos ergogénicos.

Cabe mencionar que, entre los estudios que mostraron un efecto beneficioso, se observaron dos estrategias de suplementación con dosis relativamente elevadas: 20–22 g/día de BA o 6,4 g/día. Esta última también fue la utilizada en el estudio que no encontró efectos positivos. En cuanto a los resultados, los beneficios se observaron principalmente en pruebas contrarreloj con distancia fija, especialmente en tests de 4 km, donde los participantes completaron la distancia en menor tiempo tras el periodo de suplementación (21, 23, 24). Del mismo modo, en pruebas con un tiempo predeterminado (10 minutos), se registró una mayor distancia recorrida tras la suplementación (19).

Por otro lado, un estudio (24) mostró mejoras en otros desenlaces, como el tiempo hasta el agotamiento (TTE), pero no en el rendimiento contrarreloj en distancias de 1 y 10 km, donde no se observaron diferencias entre grupos. Esta discrepancia evidencia cierta controversia en los resultados actuales, lo que dificulta generalizar conclusiones firmes para este desenlace. No obstante, los datos disponibles sugieren que, en pruebas contrarreloj, la suplementación con dosis relativamente elevadas de BA podría ser recomendable, siempre considerando el contexto del deportista y la posible aparición de efectos secundarios, especialmente la parestesia y la tolerancia individual a esta.

En el caso del TT, todos los estudios que mostraron mejoras en el rendimiento (19, 21, 23, 24) utilizaron protocolos de suplementación crónica y evaluaron a ciclistas entrenados, incluyendo dos trabajos realizados en deportistas de élite (19, 23). Este patrón sugiere que tanto la suplementación prolongada como un mayor nivel de entrenamiento podrían potenciar el efecto ergogénico de la β -alanina en este tipo de prueba.

De forma consistente con la revisión sistemática de Zanella et al. (36), que concluyó que, los resultados de la presente revisión muestran una ergogenicidad variable de la beta-alanina, condicionada por la heterogeneidad en dosis, duración y protocolos. No obstante, a diferencia de Zanella et al. (36), cuyos hallazgos se centraron en parámetros bioquímicos y percepción del esfuerzo, esta revisión identifica efectos más consistentes en pruebas supramáximas y contrarreloj, especialmente en ciclistas entrenados y bajo suplementación crónica. En conjunto, ambas revisiones coinciden en que la beta-alanina puede ser eficaz en esfuerzos de alta intensidad de 0,5–10 minutos, aunque la magnitud del efecto depende del contexto fisiológico, el nivel de entrenamiento y la calidad metodológica de los estudios.

5.1.3 Efectos sobre la potencia media

En estudios realizados en ciclistas de élite (19) se observó una mejora significativa en la potencia media. Este resultado podría estar influenciado por el protocolo de carga utilizado, ya que la dosis de beta-alanina fue considerablemente superior a la empleada en otros estudios, con una ingesta de 20 g/día durante 7 días. Esta estrategia de carga elevada y de corta duración podría haber contribuido a los efectos observados sobre el rendimiento.

No obstante, también se han descrito mejoras significativas en la potencia media con protocolos más habituales, como una suplementación de 6,4 g/día durante 4 semanas (21), concretamente en una prueba contrarreloj de 4 km. En este caso, los participantes no eran ciclistas de élite, sino ciclistas entrenados y activos competitivamente. Por tanto, los resultados sugieren que la beta-alanina podría tener efectos positivos sobre la potencia media en ciclistas de distinto nivel competitivo, aunque esta interpretación debe realizarse con cautela debido a las diferencias en dosis, duración de la suplementación, características de la muestra y tipo de prueba utilizada.

En otro estudio (31), en el que se administró beta-alanina de forma aguda en una dosis de 1,6 g, no se observaron diferencias significativas en la potencia media. Aunque la suplementación produjo una mejora en la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), esta no se tradujo en una mejora del rendimiento anaeróbico. Estos resultados podrían estar condicionados por la baja dosis administrada en comparación con los protocolos habituales utilizados en otros estudios, generalmente basados en estrategias de suplementación crónica o cargas más elevadas. Además, este fue el único estudio incluido que no observó efectos significativos sobre la potencia media, y presentó un riesgo de sesgo con algunas preocupaciones, a diferencia de los estudios que sí mostraron efectos positivos, clasificados con bajo riesgo de sesgo. Por tanto, debido al número reducido de estudios que evalúan este *outcome* y a la heterogeneidad existente en los protocolos de suplementación, no es posible establecer una conclusión firme sobre el efecto de la β -alanina en la potencia media. No obstante, se

aprecia una tendencia hacia una mejor respuesta cuando la suplementación es crónica, aunque no pueden establecerse diferencias según el nivel de entrenamiento, dado que todos los participantes pertenecían a poblaciones de ciclistas competitivos.

5.1.4 Efectos sobre la percepción subjetiva del esfuerzo.

El *outcome* de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) fue evaluado en un número reducido de estudios, por lo que sus resultados deben interpretarse con cautela. En uno de los estudios incluidos (19), no se observaron efectos significativos de la suplementación con beta-alanina sobre el RPE. Este estudio presentó una metodología diferente al resto, con un protocolo de carga elevada de 20 g/día durante 7 días. Aunque en dicho trabajo sí se encontraron mejoras en otros *outcomes* relacionados con el rendimiento anaeróbico, estas no se reflejaron en cambios significativos en la percepción subjetiva del esfuerzo.

En cambio, en otro estudio (31), la suplementación no produjo mejoras significativas en los *outcomes* principales de rendimiento anaeróbico, pero sí se observó una reducción del RPE. Este hallazgo sugiere que la beta-alanina podría influir sobre la percepción del esfuerzo sin que necesariamente exista una mejora paralela del rendimiento físico. No obstante, la interpretación de estos resultados debe realizarse con prudencia, ya que el estudio que no observó efectos sobre el RPE presentó un bajo riesgo de sesgo, mientras que el estudio que sí encontró mejoras generó algunas preocupaciones metodológicas.

Por tanto, la evidencia disponible sobre el efecto de la beta-alanina en el RPE es limitada y heterogénea. Aunque existen indicios de una posible mejora en la percepción subjetiva del esfuerzo, actualmente no es posible establecer una conclusión firme, siendo necesarios más estudios con diseños metodológicos sólidos y protocolos comparables.

5.1.5 Efectos sobre el trabajo total

El trabajo total completado fue otro de los *outcomes* de rendimiento evaluados en la revisión. De forma general, los estudios que analizaron esta variable observaron un efecto positivo tras la suplementación con beta-alanina. En uno de ellos (19), realizado en ciclistas de élite, se utilizó un protocolo de carga elevada de 20 g/día durante 7 días. En este caso, se observó un aumento del trabajo total completado y una mejor capacidad para mantener el rendimiento durante sesiones de entrenamiento intensivo y de alta exigencia.

Por otra parte, otro estudio (22), realizado en atletas máster femeninas, también encontró mejoras en este *outcome* utilizando una dosis considerablemente menor, de 3 g/día durante un periodo de suplementación crónica. La existencia de resultados positivos con protocolos tan diferentes sugiere que la beta-alanina podría tener un efecto favorable sobre el trabajo total

completado en distintos perfiles de ciclistas y con diferentes estrategias de suplementación. No obstante, esta interpretación debe realizarse con cautela, ya que únicamente dos estudios evaluaron este outcome. Aun así, ambos presentaron bajo riesgo de sesgo, lo que aumenta la confianza en los resultados observados. Por tanto, aunque la evidencia disponible es limitada, los datos actuales sugieren un posible efecto positivo de la suplementación con beta-alanina sobre el trabajo total completado, si la suplementación se da de manera crónica. Los dos estudios disponibles evaluaron poblaciones muy distintas, ciclistas masculinos de élite y ciclistas-máster femeninas, lo que impide determinar si la BA ofrece mayores o menores beneficios en un perfil concreto de deportistas. Esta heterogeneidad limita la comparabilidad entre estudios y no permite establecer conclusiones sólidas sobre posibles diferencias en la respuesta según la población evaluada.

Los resultados de la presente revisión coinciden parcialmente con los hallazgos de Quesnele et al. (37), quienes observaron que la suplementación con beta-alanina puede aumentar la potencia, la capacidad de trabajo y reducir la fatiga, aunque destacaron una marcada heterogeneidad metodológica y la ausencia de efectos consistentes en varios outcomes. De forma similar, esta revisión identifica mejoras principalmente en esfuerzos supramáximos y pruebas contrarreloj, especialmente bajo protocolos crónicos y en deportistas entrenados, mientras que otros indicadores muestran resultados menos uniformes. A diferencia de Quesnele et al., que integraron estudios de múltiples modalidades sin un análisis específico por deporte, la presente revisión ofrece una interpretación más contextualizada según la disciplina y el nivel de entrenamiento, lo que permite matizar la respuesta ergogénica observada. En conjunto, ambas revisiones coinciden en que la eficacia de la beta-alanina depende del protocolo, la dosis, la duración y las características de la muestra, aunque la presente revisión aporta una mayor precisión al evaluar modalidades concretas y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos.

5.2 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento en deportes acuáticos

En relación con los deportes acuáticos, esta revisión identificó estudios que evaluaron *outcomes* de rendimiento anaeróbico en waterpolo y natación. Las muestras estuvieron formadas por deportistas competitivamente activos, aunque los protocolos de evaluación y los *outcomes* analizados fueron diferentes entre estudios, lo que limita la comparación directa de los resultados.

En uno de los estudios realizados en waterpolo (27), se aplicó un protocolo de suplementación progresiva con beta-alanina de 4,8 g/día durante 10 días, seguido de 6,4 g/día durante 18 días. Los resultados mostraron una mejora en la capacidad de sostener fuerza durante un esfuerzo continuo de 3 minutos, reflejada en el aumento de la *critical force*. Sin embargo, también se observó una reducción del W' , lo que indica una menor capacidad anaeróbica disponible. Además, no se encontraron cambios

relevantes en el resto de las variables evaluadas, por lo que la interpretación de estos resultados debe realizarse con cautela.

En otro estudio del mismo autor (28), con una muestra y protocolo de suplementación similares, no se observaron mejoras significativas en los parámetros de rendimiento en natación. De forma similar, en el estudio realizado con nadadores (33), donde se utilizó una dosis de 4,8 g/día distribuida en seis tomas, la suplementación con beta-alanina no mostró efectos positivos sobre el rendimiento en los 400 m libres, ni en el tiempo de prueba ni en la velocidad.

En conjunto, los resultados disponibles no muestran un efecto ergogénico claro de la beta-alanina sobre el rendimiento en deportes acuáticos. No obstante, esta conclusión debe interpretarse con prudencia, ya que dos de los tres estudios incluidos presentaron alto riesgo de sesgo y el tercero mostró algunas preocupaciones metodológicas. Por tanto, aunque la evidencia actual sugiere que la suplementación con beta-alanina podría no mejorar de forma consistente los parámetros anaeróbicos en deportes acuáticos al menos con una estrategia crónica, se necesitan más estudios con mayor calidad metodológica, muestras más amplias y protocolos comparables para establecer recomendaciones sólidas.

5.3 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento en kayak

En relación con el kayak, únicamente se identificó un estudio (32) que evaluó los efectos de la suplementación con beta-alanina sobre *outcomes* de rendimiento. Este trabajo empleó una estrategia de suplementación individualizada, con una dosis de 80 mg/kg/día. Sin embargo, no se observaron efectos beneficiosos significativos sobre el rendimiento en el test de 1000 m, ni en el tiempo de finalización ni en la potencia media. Además, el rendimiento se mantuvo similar respecto a los valores previos a la suplementación y no se encontraron diferencias significativas entre el grupo suplementado con beta-alanina y el grupo placebo.

Por tanto, con la evidencia disponible, la suplementación con beta-alanina no parece mostrar un efecto ergogénico claro sobre los parámetros de rendimiento anaeróbico evaluados en kayakistas de élite. No obstante, esta conclusión debe interpretarse con reservas, ya que procede de un único estudio y este presentó algunas preocupaciones metodológicas en la evaluación del riesgo de sesgo. En consecuencia, son necesarios más estudios con mayor calidad metodológica, muestras más amplias y protocolos comparables antes de establecer una recomendación sólida sobre su uso en esta modalidad deportiva.

5.4 Efecto de la suplementación con beta-alanina en el rendimiento en escalada

En relación con la escalada, únicamente se identificó un estudio (20) que evaluó los efectos de la suplementación con beta-alanina sobre el rendimiento en escaladores de élite con experiencia competitiva. Por tanto, al igual que ocurre con el kayak, la evidencia disponible es limitada y los hallazgos deben considerarse con reservas.

En este estudio se utilizó una suplementación crónica de 4 g/día de beta-alanina, una dosis algo inferior a la empleada habitualmente en otros trabajos incluidos en la revisión. Los resultados fueron diferentes en función de la dificultad de la prueba. En la travesía difícil no se observaron diferencias significativas entre grupos, aunque el grupo suplementado mostró ligeras mejoras en el número de movimientos realizados y en el tiempo hasta el fallo. Sin embargo, estas mejoras no alcanzaron una interacción significativa, por lo que no pueden atribuirse claramente a la suplementación.

En cambio, en la travesía más sencilla, el grupo suplementado con beta-alanina mostró mejoras significativas tanto en el número de movimientos como en el tiempo hasta el fallo. Estos resultados sugieren que la beta-alanina podría mejorar el rendimiento en esfuerzos continuos de escalada de aproximadamente 1 minuto de duración, especialmente cuando la intensidad permite mantener el esfuerzo durante un periodo suficiente para que la capacidad tamponadora muscular tenga un papel relevante. No obstante, no se observaron beneficios claros en la prueba de mayor dificultad y menor duración.

Por tanto, aunque este estudio apunta a un posible efecto positivo de la beta-alanina en pruebas de escalada continua de duración cercana al minuto, la evidencia sigue siendo insuficiente para establecer una recomendación sólida. Además, el estudio presentó algunas preocupaciones en la evaluación del riesgo de sesgo, por lo que sus resultados no pueden generalizarse sin precaución. Se necesitan más estudios en escaladores, con muestras más amplias, diferentes niveles de dificultad y protocolos de suplementación comparables.

5.5 Limitaciones

Una de las principales limitaciones de esta revisión es la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos. Aunque todos evaluaban la suplementación con beta-alanina en pruebas de alta intensidad, existieron diferencias importantes en el tipo de deporte, el nivel de los deportistas, la duración de las pruebas, los outcomes analizados y los protocolos de suplementación utilizados. Esto dificulta la comparación directa entre estudios y limita la posibilidad de establecer conclusiones generales.

Otra limitación importante es el reducido número de estudios disponibles por modalidad deportiva. La mayoría de la evidencia procede de estudios realizados en ciclismo, mientras que en

deportes como kayak, escalada, natación el número de trabajos incluidos fue muy bajo. En algunos casos, las conclusiones se basan en un único estudio, por lo que deben interpretarse con cautela.

También debe considerarse la variabilidad en los protocolos de suplementación. Los estudios utilizaron estrategias muy diferentes, desde suplementación aguda con dosis bajas hasta protocolos crónicos de varias semanas o cargas elevadas durante pocos días. Esta variabilidad impide determinar con precisión qué dosis, duración o estrategia de suplementación resulta más eficaz para mejorar el rendimiento en ejercicios anaeróbicos continuos de alta intensidad.

Asimismo, los outcomes de rendimiento evaluados fueron diversos. Algunos estudios analizaron el tiempo hasta el agotamiento, otros la potencia media, el trabajo total, pruebas contrarreloj, distancia recorrida o variables específicas como critical force. Esta diversidad hace que algunos outcomes estén respaldados por varios estudios, mientras que otros solo aparecen en investigaciones aisladas, reduciendo la solidez de las conclusiones.

Otra limitación relevante es el riesgo de sesgo de los estudios incluidos. Aunque varios trabajos presentaron bajo riesgo de sesgo, otros mostraron algunas preocupaciones metodológicas, especialmente en relación con la ocultación de la asignación, la ausencia de registro previo del protocolo y la selección del resultado comunicado. Además, algunos estudios presentaron alto riesgo de sesgo, lo que reduce la confianza en sus resultados.

También existe una limitación relacionada con el perfil de los participantes. Los estudios incluyeron poblaciones muy diferentes, desde sujetos recreativamente activos hasta deportistas competitivos, atletas máster, ciclistas de élite o deportistas de disciplinas específicas. Esta variabilidad impide confirmar con claridad si el nivel de entrenamiento modula la respuesta ergogénica a la beta-alanina.

6. CONCLUSIONES

1. La suplementación con beta-alanina puede presentar un efecto ergogénico en determinadas pruebas anaeróbicas continuas de alta intensidad, especialmente en esfuerzos supramáximos o de duración intermedia donde la fatiga metabólica puede limitar el rendimiento.
2. Este efecto no fue homogéneo entre deportes ni outcomes, por lo que la respuesta parece depender del tipo de prueba, la duración del esfuerzo, el protocolo utilizado y las características de los deportistas.
3. La suplementación crónica fue la estrategia más estudiada y mostró los resultados más favorables, principalmente en el tiempo hasta el agotamiento, la potencia media y el trabajo total completado.

4. La suplementación aguda cuenta con menor evidencia y no permite establecer conclusiones sólidas, ya que sus efectos fueron limitados y no siempre se tradujeron en mejoras directas del rendimiento.
5. Los outcomes que parecen modificarse con mayor frecuencia son el tiempo hasta el agotamiento, la potencia media y el trabajo total completado, mientras que el RPE, las contrarrelojes, la velocidad o el tiempo de prueba mostraron resultados menos consistentes.
6. Los beneficios parecen observarse con mayor frecuencia en deportistas entrenados, competitivos o de élite, aunque la heterogeneidad de las muestras impide confirmar claramente que el nivel de entrenamiento module la respuesta ergogénica.
7. La beta-alanina podría considerarse una ayuda ergogénica útil en contextos específicos de ejercicio continuo de alta intensidad, pero su recomendación debe individualizarse según el deporte, la prueba, la dosis, la duración de la suplementación y el perfil del deportista.
- 8.** La evidencia disponible presenta limitaciones importantes, ya que varios estudios muestran algunas preocupaciones metodológicas o riesgo de sesgo elevado; por ello, futuras investigaciones deberían incluir muestras más amplias, diseños más rigurosos, protocolos comparables y una mejor definición de los outcomes principales.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Huerta Ojeda Á, Tapia Cerda C, Poblete Salvatierra MF, Barahona-Fuentes G, Jorquera Aguilera C. Effects of Beta-Alanine Supplementation on Physical Performance in Aerobic-Anaerobic Transition Zones: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2020;12(9):2490. doi:10.3390/nu12092490.
2. Derave W, Tipton KD. Dietary Supplements for Aquatic Sports. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2014;24(4):437-449. doi:10.1123/ijsnem.2014-0017.
3. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, Swinton PA, Dolan E, Roschel H, Sale C, Gualano B. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(8):658-669. doi:10.1136/bjsports-2016-096396.
4. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287(3):R502-R516. doi:10.1152/ajpregu.00114.2004.
5. Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C, Wise JA. The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*. 2006;30(3):279-289. doi:10.1007/s00726-006-0299-9.
6. Berti Zanella P, Donner Alves F, Guerini de Souza C. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017;57(9):1132-1141. doi:10.23736/S0022-4707.16.06582-8.
7. Cimadevilla-Fernández-Pola E, Martínez-Roldán C, Maté-Muñoz JL, Guodemar-Pérez J, Sánchez-Calabuig MA, García-Fernández P, Hervás-Pérez JP, Hernández-Lougedo J. Effects of β -alanine supplementation on subjects performing high-intensity functional training. *Nutrients*. 2024;16(14):2340. doi:10.3390/nu16142340.
8. de Camargo JBB, Brigatto FA. Beta-alanine for improving exercise capacity, muscle strength, and functional performance of older adults: a systematic review. *J Aging Phys Act*. 2024;33(4):399-407. doi:10.1123/japa.2024-0118.
9. Jordan T, Lukaszuk J, Misic M, Umoren J. Effect of beta-alanine supplementation on the onset of blood lactate accumulation (OBLA) during treadmill running: pre/post 2 treatment experimental design. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7:20. doi:10.1186/1550-2783-7-20.
10. Fernández-Lázaro D, Fiandor EM, García JF, Busto N, Santamaría-Peláez M, Gutiérrez-Abejón E, Roche E, Mielgo-Ayuso J. β -alanine supplementation in combat sports: evaluation of sports performance, perception, and anthropometric parameters and biochemical markers—a systematic review of clinical trials. *Nutrients*. 2023;15(17):3755. doi:10.3390/nu15173755.
11. Smith AE, Walter AA, Graef JL, Kendall KL, Moon JR, Lockwood CM, Fukuda DH, Beck TW, Cramer JT, Stout JR. Effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men: a double-blind trial. *J Int Soc Sports Nutr*. 2009;6:5. doi:10.1186/1550-2783-6-5.
12. Georgiou GD, Antoniou K, Antoniou S, Michelekaki EA, Zare R, Ali Redha A, Prokopidis K, Christodoulides E, Clifford T. Effect of beta-alanine supplementation on maximal intensity exercise in trained young male individuals: a systematic review and meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2024;34(6):397-412. doi:10.1123/ijsnem.2024-0027.
13. Antonio J, Pereira F, Curtis J, Rojas J, Evans C. The top 5 can't-miss sport supplements. *Nutrients*. 2024;16(19):3247. doi:10.3390/nu16193247.
14. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2021;74(9):790-799. doi:10.1016/j.rec.2021.07.010.
15. O'Connor D, Green S, Higgins JP. Defining the review question and developing criteria for including studies. In: Higgins JP, Green S, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Chichester: Wiley-Blackwell; 2008. doi:10.1002/9780470712184.ch5.

16. Li G, Li Z, Liu J. Amino acids regulating skeletal muscle metabolism: mechanisms of action, physical training dosage recommendations and adverse effects. *Nutr Metab (Lond)*. 2024;21(1):41. doi:10.1186/s12986-024-00820-0.
17. Azevedo RA, Silva-Cavalcante MD, Lima-Silva AE, Bertuzzi R. Fatigue development and perceived response during self-paced endurance exercise: state-of-the-art review. *Eur J Appl Physiol*. 2021;121(3):687-696. doi:10.1007/s00421-020-04549-5.
18. Ojeda ÁH, Barahona-Fuentes G, Galdames Maliqueo S, Guzmán Solis M, Cabrera MMY, Jorquera-Aguilera C. Acute supplementation with beta-alanine improves performance in aerobic-anaerobic transition zones in endurance athletes. *J Am Nutr Assoc*. 2023;42(2):187-194. doi:10.1080/07315724.2021.2020183.
19. Ávila-Gandía V, Torregrosa-García A, Pérez-Piñero S, Ortolano R, Abellán-Ruiz MS, López-Román FJ. One-week high-dose β -alanine loading improves World Tour cyclists' time-trial performance. *Nutrients*. 2021;13(8):2543. doi:10.3390/nu13082543.
20. Sas-Nowosielski K, Wyciślik J, Kaczka P. Beta-alanine supplementation and sport climbing performance. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(10):5370. doi:10.3390/ijerph18105370.
21. Bellinger PM, Minahan CL. Metabolic consequences of β -alanine supplementation during exhaustive supramaximal cycling and 4000-m time-trial performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(8):864-871. doi:10.1139/apnm-2016-0095.
22. Glenn JM, Gray M, Stewart R, Moyon NE, Kavouras SA, DiBrezza R, Turner R, Baum J. Incremental effects of 28 days of beta-alanine supplementation on high-intensity cycling performance and blood lactate in masters female cyclists. *Amino Acids*. 2015;47(12):2593-2600. doi:10.1007/s00726-015-2050-x.
23. Pérez-Piñero S, Ramos-Campo DJ, López-Román FJ, Ortolano R, Torregrosa-García A, Luque-Rubia AJ, Ibáñez-Sorosa N, Andreu-Caravaca L, Ávila-Gandía V. Effect of high-dose β -alanine supplementation on uphill cycling performance in World Tour cyclists: a randomised controlled trial. *PLoS One*. 2024;19(9):e0309404. doi:10.1371/journal.pone.0309404.
24. Bellinger PM, Minahan CL. Additive benefits of β -alanine supplementation and sprint-interval training. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(12):2417-2425. doi:10.1249/MSS.0000000000001050.
25. Bellinger PM, Minahan CL. The effect of β -alanine supplementation on cycling time trials of different length. *Eur J Sport Sci*. 2016;16(7):829-836. doi:10.1080/17461391.2015.1120782.
26. Perim P, Gobbi N, Duarte B, Oliveira LF, Costa LAR, Sale C, Gualano B, Dolan E, Saunders B. Beta-alanine did not improve high-intensity performance throughout simulated road cycling. *Eur J Sport Sci*. 2022;22(8):1240-1249. doi:10.1080/17461391.2021.1940304.
27. Brisola GMP, Redkva PE, Pessôa Filho DM, Papoti M, Zagatto AM. Effects of 4 weeks of β -alanine supplementation on aerobic fitness in water polo players. *PLoS One*. 2018;13(10):e0205129. doi:10.1371/journal.pone.0205129.
28. Brisola GMP, Milioni F, Papoti M, Zagatto AM. Effects of 4 weeks of β -alanine supplementation on swim-performance parameters in water polo players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(7):943-950. doi:10.1123/ijsp.2016-0133.
29. Black MI, Jones AM, Morgan PT, Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A. The effects of β -alanine supplementation on muscle pH and the power-duration relationship during high-intensity exercise. *Front Physiol*. 2018;9:111. doi:10.3389/fphys.2018.00111.
30. Patel KA, Farias de Oliveira L, Sale C, James RM. The effect of β -alanine supplementation on high intensity cycling capacity in normoxia and hypoxia. *J Sports Sci*. 2021;39(11):1295-1301. doi:10.1080/02640414.2020.1867416.
31. Glenn JM, Smith K, Moyon NE, Binns A, Gray M. Effects of acute beta-alanine supplementation on anaerobic performance in trained female cyclists. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2015;61(2):161-166. doi:10.3177/jnsv.61.161.

32. Bech SR, Nielsen TS, Hald M, Jakobsen JP, Nordsborg NB. No effect of β -alanine on muscle function and kayak performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(3):562-569. doi:10.1249/MSS.0000000000001447.
33. Norberto MS, Barbieri RA, Bertucci DR, Gobbi RB, Campos EZ, Zagatto AM, De Freitas EC, Papoti M. Beta-alanine supplementation effects on metabolic contribution and swimming performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020;17(1):40. doi:10.1186/s12970-020-00365-6.
34. Georgiou GD, Antoniou K, Antoniou S, Michelekaki EA, Zare R, Ali Redha A, Prokopidis K, Christodoulides E, Clifford T. Effect of beta-alanine supplementation on maximal intensity exercise in trained young male individuals: a systematic review and meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2024;34(6):397-412. doi:10.1123/ijsnem.2024-0027.
35. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, Swinton PA, Dolan E, Roschel H, Sale C, Gualano B. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017;51(8):658-669. doi:10.1136/bjsports-2016-096396.
36. Berti Zanella P, Donner Alves F, Guerini de Souza C. Effects of beta-alanine supplementation on performance and muscle fatigue in athletes and non-athletes of different sports: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57(9):1132-1141. doi:10.23736/S0022-4707.16.06582-8.
37. Quesnele JJ, Laframboise MA, Wong JJ, Kim P, Wells GD. The effects of beta-alanine supplementation on performance: a systematic review of the literature. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24(1):14-27. doi:10.1123/ijsnem.2013-0007.