



Impacto de los probióticos sobre el $VO_2\text{max}$ en adultos sanos y deportistas: una revisión sistemática

The Effect of Probiotics on $VO_2\text{max}$ in Healthy Adults and Athletes: A Systematic Review

PAULA SÁNCHEZ SABINA Y RAÚL ESPERT

Paula Sánchez Sabina

Hospital Clínico Universitario, Valencia, España
paula.sanchez.sabina@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-6594-0604>

Raul Espert

Universitat de València, España
raul.espert@uv.es
<https://orcid.org/0000-0001-9734-910X>

Resumen

La microbiota intestinal desempeña un papel relevante en procesos fisiológicos relacionados con el metabolismo energético, la función inmunitaria y la respuesta al ejercicio físico. En relación con esto, se ha propuesto el uso de los probióticos como posible herramienta para mejorar el rendimiento físico. El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar la evidencia científica disponible sobre el efecto de la suplementación probiótica en la capacidad cardiorrespiratoria máxima, medida a través del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$), en adultos sanos y deportistas. La presente revisión se llevó a cabo siguiendo las directrices PRISMA 2020, efectuando una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y ProQuest. Finalmente, se seleccionaron seis ensayos clínicos controlados aleatorizados a doble ciego ($N = 274$ participantes totales; evaluando futbolistas, ciclistas, corredores, triatletas, jugadores de bádminton y adultos sanos) publicados entre 2020 y 2024. Las intervenciones evaluadas emplearon protocolos monocepa o multicepa, con dosis entre 1×10^{10} y 4.5×10^{11} UFC/día y periodos de tratamiento de 4 a 16 semanas. La calidad metodológica según la herramienta Joanna Briggs Institute (JBI) reflejó un riesgo de sesgo bajo a moderado. Cinco de los seis estudios observaron mejoras significativas en el $VO_2\text{max}$ en los grupos suplementados con probióticos con respecto a los valores basales. Sin embargo, estos resultados procedían de comparaciones intragrupo, sin diferencias significativas frente al grupo placebo. Asimismo, se constató una marcada infrarrepresentación femenina (73,7% de varones en estudios con datos por sexo), sumando una elevada heterogeneidad en las poblaciones (nivel de entrenamiento) e intervenciones estudiadas (diversidad de cepas y dosificación). En conclusión, aunque la evidencia disponible sugiere una posible asociación entre los probióticos y la mejora del $VO_2\text{max}$, existen limitaciones metodológicas y ausencia de superioridad demostrada frente al placebo que impiden establecer una relación causal.

Palabras clave: probióticos; capacidad cardiovascular; consumo de oxígeno; microbioma gastrointestinal; rendimiento atlético.

Abstract

The gut microbiota plays a significant role in physiological processes related to energy metabolism, immune function, and the response to physical exercise. In this regard, the use of probiotics has been proposed as a potential tool to enhance physical performance. The aim of this systematic review was to analyze the available scientific evidence on the effect of probiotic supplementation on maximal cardiorespiratory fitness, measured through maximal oxygen uptake (VO_2max), in healthy adults and athletes. This review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, performing a systematic search across the PubMed, Scopus, Web of Science, and ProQuest databases. Ultimately, six double-blind randomized controlled clinical trials (total $N = 274$ participants; evaluating soccer players, cyclists, runners, triathletes, badminton players, and healthy adults) published between 2020 and 2024 were selected. The evaluated interventions employed single-strain or multi-strain protocols, with doses ranging between 1×10^{10} and 4.5×10^{11} CFU/day and treatment periods of 4 to 16 weeks. Methodological quality appraisal using the Joanna Briggs Institute (JBI) tool indicated a low to moderate risk of bias. Five of the six studies observed significant improvements in VO_2max in the probiotic-supplemented groups compared to baseline values. However, these results derived from intragroup comparisons, with no significant differences found compared to the placebo group. Furthermore, a marked female underrepresentation was noted (73,7% males in studies reporting sex-disaggregated data), alongside high heterogeneity across the studied populations (training status) and interventions (strain diversity and dosage). In conclusion, although the available evidence suggests a potential association between probiotics and VO_2max improvement, methodological limitations and the lack of demonstrated superiority over placebo prevent the establishment of a causal relationship.

Keywords: probiotics; cardiorespiratory fitness; oxygen consumption; gastrointestinal microbiome; athletic performance.

Correo de correspondencia: raul.espert@uv.es

Fecha de recepción: 29/07/2026 **Fecha de aceptación:** 08/09/2026



Licencia: este trabajo se comparte bajo la licencia de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional de Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

© 2027 Paula Sánchez Sabina y Raúl Espert

Citación: Sánchez Sabina, P., Espert, R. Impacto de los probióticos sobre el VO_2max en adultos sanos y deportistas: Una revisión sistemática. *RevDisCliNeuro*. 2027; 14(1), 9-xx. <https://doi.org/10.14198/DCN.33993>



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema/cuestión

La capacidad cardiorrespiratoria es uno de los principales indicadores de salud, relacionado con la producción de energía celular a partir del oxígeno. El consumo máximo de oxígeno (VO₂max) se considera la medida de referencia para evaluar esta capacidad. Se define como la máxima cantidad de oxígeno que el organismo puede transportar y utilizar mientras se lleva a cabo ejercicio físico aeróbico. En otras palabras, es el volumen máximo de oxígeno que una persona puede procesar por minuto [1]. El VO₂max se asocia con una menor probabilidad de desarrollar enfermedades cardiovasculares y metabólicas, así como con una reducción del riesgo de mortalidad en la población general, mientras que en el ámbito deportivo se relaciona con un mayor rendimiento en disciplinas de resistencia [2]. El VO₂max está influido por variables como la edad, el Índice de Masa Corporal (IMC), el sexo, la actividad física o la capacidad muscular [1]. Aunque tradicionalmente los determinantes de esta variable se han atribuido principalmente a factores cardiovasculares, respiratorios y musculares, en los últimos años ha surgido el interés en torno al papel de la microbiota intestinal en la adaptación del organismo al ejercicio físico y en el rendimiento deportivo [3]. En este contexto, los probióticos se plantean como una herramienta para modificar la microbiota y potenciar las adaptaciones fisiológicas derivadas del ejercicio.

1.2. Revisión de la literatura

La microbiota es un conjunto de microorganismos que se ubica distribuido por el organismo, acumulando la mayor concentración en el intestino grueso. Se estima que el tracto gastrointestinal está conformado por billones de microorganismos, mayoritariamente bacterias, aunque también se encuentran virus, hongos y arqueas [4]. Esta comunidad de organismos tiene diversas funciones en el organismo en torno al metabolismo y la protección ante las infecciones: interviene en el suministro de nutrientes esenciales como las vitaminas, en la degradación de nutrientes no digeribles y en la obtención de ácidos grasos de cadena corta (SCFA), así como en la protección ante microorganismos patógenos y en la regulación, diferenciación y maduración del sistema inmunitario. Es por ello que la microbiota juega un papel relevante en la salud general del individuo [3-5].

La composición de la microbiota intestinal se establece desde el nacimiento evolucionando a lo largo de toda la vida, influenciada por factores genéticos y del entorno como el tipo de parto, la alimentación, la actividad física, el estrés y el consumo de antibióticos [6]. Debido a la gran variabilidad interpersonal, no existe un patrón único o considerado “normal” de microorganismos que se considere saludable, sino que la salud intestinal se define como un equilibrio de la microbiota o simbiosis. Cuando este equilibrio se rompe, produciendo una pérdida de bacterias beneficiosas y un aumento de microorganismos patógenos, hablamos de disbiosis. Este desequilibrio se asocia con el desarrollo de patologías infecciosas, metabólicas o del neurodesarrollo [7].

La relación entre la microbiota intestinal y el ejercicio físico parece ser bidireccional, y esta se describe a través del eje intestino-músculo [8,9]. Por un lado, como ya se ha

mencionado, las bacterias intervienen en la producción de SCFA, como el acetato, propionato y butirato, que participan en la regulación del metabolismo energético, aumentan la disponibilidad de sustratos para el ejercicio, reducen la inflamación y favorecen la recuperación muscular. Algunas de estas bacterias (v.g., *Veillonella atypica*) también son capaces de degradar el lactato que se produce con el esfuerzo tras el ejercicio físico, convirtiéndolo en propionato, reduciendo así la fatiga y aportando un sustrato energético. Por otro lado, la práctica regular de ejercicio de resistencia y un alto nivel de aptitud cardiorrespiratoria (VO_2max), se relaciona con un aumento de la diversidad microbiana (α -diversidad), incrementando la cantidad de las bacterias productoras de SCFA, favoreciendo un metabolismo eficaz y favorable para el rendimiento deportivo [9]. A su vez, la microbiota es capaz de modular la inflamación, el estrés oxidativo y la función inmunitaria, los cuales son factores que están estrechamente relacionados con el rendimiento físico. Además, también es capaz de regular la motivación y ansiedad competitiva a través del eje intestino-cerebro mejorando la concentración y rendimiento en la actividad deportiva [8-10]. Por tanto, la evidencia sugiere que la modulación de la microbiota podría ser una estrategia para potenciar las adaptaciones fisiológicas derivadas del ejercicio físico. Es por ello que se plantean los suplementos probióticos como una posible vía para modificar la composición de la microbiota y potenciar el rendimiento deportivo.

Los probióticos son definidos por la Asociación Científica Internacional de Probióticos y Prebióticos (ISAPP) como microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del hospedador [11]. Debido a su capacidad para modular la composición y, por lo tanto, la actividad metabólica de la microbiota intestinal, los probióticos han despertado un gran interés como herramienta para mejorar diferentes aspectos del rendimiento deportivo.

Diversos estudios se han centrado en estudiar el efecto que tienen los probióticos y sus derivados en la capacidad de resistencia de personas sanas y deportistas. Mientras que algunos autores han demostrado una mejora de esta capacidad con el consumo de probióticos [12-14], otros no han demostrado diferencias significativas [15]. Por otra parte, pocos estudios son los que han analizado el impacto específico en el consumo máximo de oxígeno. Por ejemplo, Salarkia et al. [13] llevaron a cabo un estudio en nadadoras adolescentes a las que se les suministró un yogur probiótico durante 8 semanas, observando un aumento significativo del VO_2max en el grupo suplementado. En cambio, el estudio realizado por Lamprecht et al. [15] no mostró diferencias significativas entre el grupo control y el grupo suplementado con probióticos en esta variable tras 14 semanas de intervención.

1.3. Justificación

A pesar del creciente interés en la relación entre microbiota intestinal y rendimiento deportivo, la evidencia sobre el impacto de la suplementación probiótica en la capacidad cardiorrespiratoria máxima sigue siendo limitada, ya que la mayoría de las investigaciones ponen el foco en otras variables indicadoras de rendimiento físico. Ante la falta de estudios centrados específicamente en la variable VO_2max , resulta necesario recabar y sintetizar la información disponible con el fin de comprobar si la suplementación probiótica optimiza la capacidad aeróbica máxima en población sana y deportista.

2. OBJETIVO

El objetivo de esta revisión sistemática es analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre el efecto de la suplementación con probióticos en la capacidad cardiorrespiratoria máxima, evaluada específicamente mediante el consumo máximo de oxígeno (VO_2max), en adultos sanos y deportistas. A su vez, se pretende analizar diversos factores que puedan influir en su respuesta, como las características de la población, el tipo de intervención empleada y la duración de la misma. Con el fin de aumentar la homogeneidad metodológica, esta revisión se centra exclusivamente en estudios que emplean suplementos probióticos con cepas y concentraciones claramente especificadas, y que evalúan específicamente el VO_2max como variable principal de capacidad cardiorrespiratoria.

3. MÉTODO

El diseño de esta investigación corresponde a una revisión sistemática de la literatura científica, siguiendo las directrices y recomendaciones metodológicas de la declaración PRISMA 2020 [16]. Esta guía se empleó en la estructuración, redacción y evaluación de la investigación, con la intención de garantizar la transparencia, la replicabilidad y el rigor científico en este estudio. Cabe señalar que el protocolo de la presente revisión no fue registrado previamente en bases de datos prospectivas, sin embargo, todos los procedimientos de búsqueda y criterios de elegibilidad se definieron de manera previa a la recolección de datos. El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar la evidencia disponible sobre los efectos de la suplementación probiótica en la capacidad cardiorrespiratoria, evaluada mediante el consumo máximo de oxígeno (VO_2max), en adultos sanos y deportistas. Para ello, se centró la atención en la intervención a base de la administración de probióticos en adultos sanos y deportistas, así como en la medición de la variable fisiológica VO_2max para observar la existencia o ausencia de cambios debidos a la intervención. El proceso metodológico de recolección y selección de información fue realizado por la autora de esta revisión y contrastado por su coautor, y se estructuró en cuatro fases consecutivas: búsqueda inicial, búsqueda sistemática, búsqueda manual o inversa y extracción de datos. Dos revisores (PSS y RET) extrajeron de forma independiente los datos de los estudios incluidos, utilizando un formulario piloto desarrollado ad hoc. Las discrepancias en la extracción se resolvieron por consenso. El riesgo de sesgo se evaluó también de manera independiente por ambos revisores mediante la herramienta JBI Critical Appraisal Tool for Randomized Controlled Trials. Las valoraciones por dominio y los juicios globales se compararon y las discrepancias se resolvieron por discusión.

3.1. Búsqueda inicial

La primera fase de la investigación consistió en una exploración preliminar del volumen de literatura publicada sobre el impacto de la suplementación con probióticos sobre el rendimiento deportivo, concretamente en la variable fisiológica VO_2max . Esto se llevó a cabo para evaluar la evidencia existente, determinar la viabilidad de la revisión y constatar la presencia o ausencia de revisiones sistemáticas previas con los mismos objetivos. A

través de esta consulta inicial en la base de datos PubMed se identificaron otras bases de datos relevantes para el campo de las neurociencias y la medicina del deporte. A la vez, este proceso permitió acotar los términos clave para llevar a cabo la búsqueda.

3.2. Búsqueda Sistemática

Para guiar el proceso de búsqueda sistemática y delimitar los resultados, se formuló la pregunta de investigación siguiendo el marco conceptual PICO (Población, Intervención, Comparación, Resultado):

Población (P): Adultos sanos (rango de edad entre 18 y 60 años), que incluyeran tanto a deportistas, atletas o competidores activos como a individuos sanos físicamente activos, independientemente de la disciplina deportiva y el sexo.

Intervención (I): Suplementación oral con microorganismos probióticos vivos, ya sea mediante intervenciones basadas en cepas bacterianas aisladas (monocepa) o combinaciones comerciales o experimentales de múltiples cepas (multicepa), independientemente de su vehículo de administración (cápsulas, o matrices alimentarias), siempre y cuando constara la dosis diaria administrada en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y la duración temporal de la intervención.

Comparación (C): Existencia de un grupo de comparación o de control, el cual puede ser un grupo de control sin intervención activa o un grupo placebo suministrado con una sustancia inerte o alimento homólogo libre de microorganismos vivos.

Resultados (O): Evaluación objetiva de la capacidad cardiorrespiratoria del sujeto mediante la cuantificación del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$) o del consumo pico de oxígeno ($VO_2\text{peak}$).

La búsqueda sistemática de la literatura se llevó a cabo durante los meses de abril y mayo de 2026. Se consultaron cuatro bases de datos electrónicas: PubMed, Web Of Science (WOS), Scopus y ProQuest. La estrategia de búsqueda se diseñó utilizando operadores booleanos (AND, OR) para la combinación de los términos relacionados con la intervención (probióticos y microbiota intestinal) y la variable de rendimiento cardiorrespiratorio ($VO_2\text{max}$). La cadena de búsqueda estandarizada, pero adaptada a los requerimientos y campos de búsqueda de cada base de datos fue: (*probiotics* OR *probiotic* OR "*Lactobacillus*" OR "*Bifidobacterium*" OR "*gut microbiota*") AND ($VO_2\text{max}$ OR "*maximal oxygen uptake*" OR "*cardiorespiratory fitness*" OR "*aerobic capacity*" OR "*oxygen consumption*").

Al ejecutar las búsquedas, se aplicaron filtros metodológicos con el objetivo de automatizar el proceso y limitar los estudios a un rango temporal delimitado a los últimos 10 años (2016-2026) para garantizar la actualidad de los resultados. Asimismo, se acotó la búsqueda a ensayos controlados aleatorizados (ECA), muestras humanas y a publicaciones en idioma español e inglés según la disponibilidad de cada plataforma. En PubMed se introdujo la cadena literal en todos los campos aplicando los límites de humanos, ECA y el rango temporal (últimos 10 años), lo que arrojó 31 registros; en Scopus se acotó la

búsqueda al título, resumen y palabras clave con los filtros de humanos, ECA y últimos 10 años, obteniendo 64 artículos; en Web of Science se empleó el campo *Topic* incluyendo en la cadena de búsqueda “*randomized controlled trial*” y limitando la búsqueda a los últimos 10 años para obtener 25 resultados; finalmente, en ProQuest se buscó exclusivamente en el resumen acotando a artículos principales en inglés o español publicados en la última década, recabando 49 documentos. De este modo, la estrategia de búsqueda combinada en las cuatro plataformas electrónicas sumó un volumen inicial de 169 artículos.

Para la optimización y gestión de los artículos y del proceso de selección de la muestra, las referencias obtenidas en las búsquedas en las bases de datos se exportaron en formatos estandarizados (.ris o .bib) e importaron a la plataforma web Rayyan (Rayyan Systems Inc.). Se procedió a la detección de los artículos duplicados a través de los algoritmos de detección automatizada de esta herramienta y a la posterior eliminación mediante una supervisión directa, tras lo cual se eliminaron 60 duplicados, obteniendo 109 artículos restantes. Seguidamente, se comenzó el proceso de cribado (screening), evaluando los títulos y los resúmenes de los artículos restantes para excluir aquellos que no coincidían con el objetivo de esta revisión, lo que dio como resultado 17 artículos elegibles para su lectura. Posteriormente, un artículo no pudo ser recuperado en formato de texto completo, por lo que se procedió a la evaluación de los 16 artículos restantes, aplicando los criterios de elegibilidad establecidos previamente:

Criterios de inclusión:

- Estudios que cumplan con el marco conceptual PICO mencionado anteriormente.
- Ensayos Clínicos Controlados Aleatorizados (ECA) de diseño paralelo o cruzado (crossover), con diseño a doble ciego.
- Estudios que cuenten con una muestra humana total igual o superior a 20 participantes ($N \geq 20$).
- Estudios publicados en los últimos 10 años (2016-2026) y redactados en idioma inglés o español.
- Artículos originales publicados en revistas científicas en formato de texto completo accesible.

Criterios de exclusión:

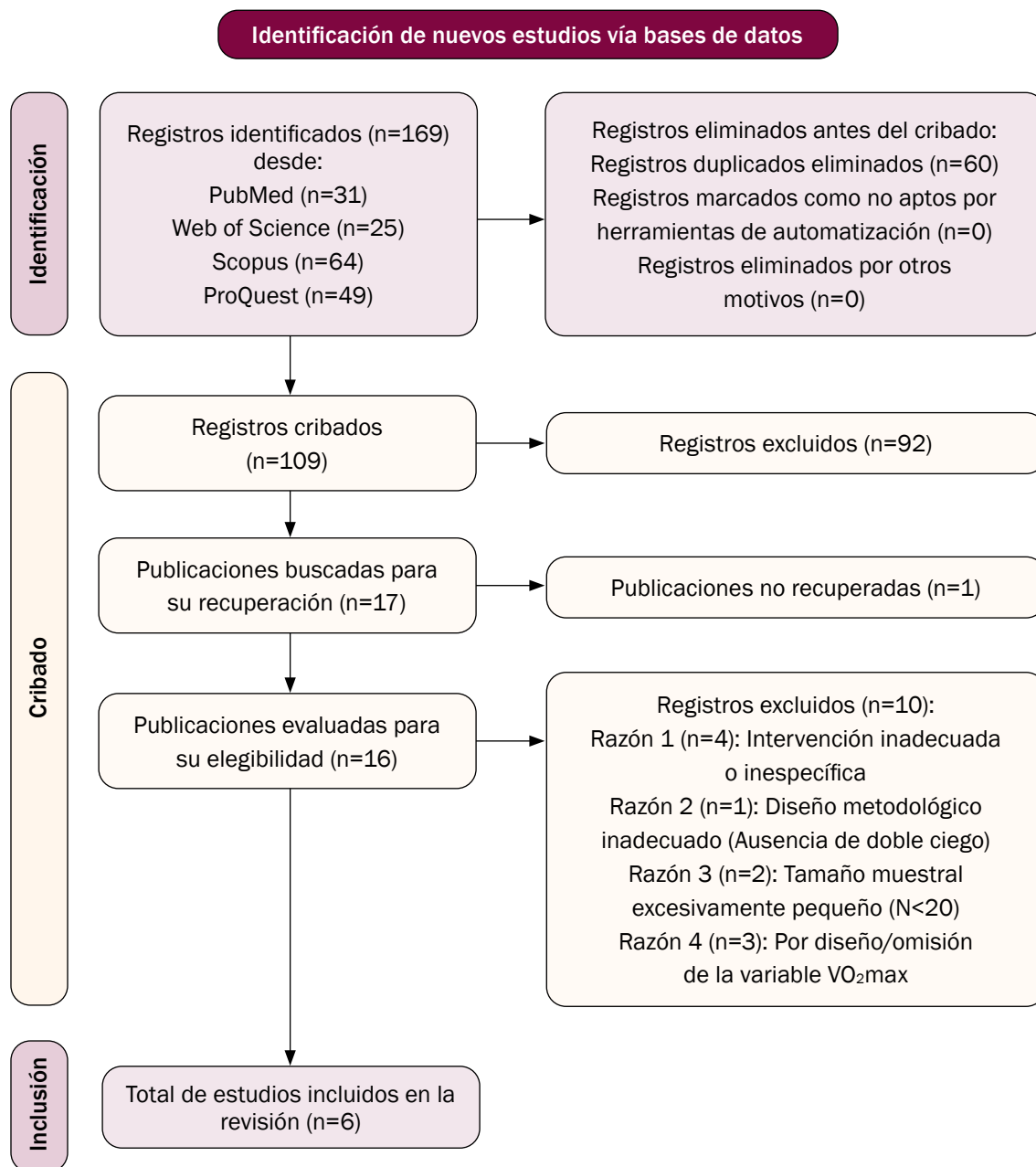
- Estudios con poblaciones clínicas o que presenten patologías que puedan alterar el rendimiento o la fisiología.
- Informes de expertos, cartas del editor, libros, monografías, relatos clínicos, revisiones sistemáticas o metaanálisis.
- Estudios preclínicos o desarrollados exclusivamente en modelos animales (ratas o ratones).

La definición de los criterios de inclusión y exclusión se estableció previamente para asegurar la validez interna de la evidencia recabada. El marco PICO delimitó la búsqueda a adultos sanos e intervenciones con cepas y dosis especificadas sobre el VO₂max, descartando patologías y modelos preclínicos. La restricción a ECA a doble ciego se estableció como un requisito previo para evitar posibles sesgos derivados del conocimiento de la

suplementación, mientras que el tamaño muestral mínimo ($N \geq 20$) garantizó una potencia estadística básica y evitar que los resultados se vieran alterados por muestras excesivamente pequeñas. Por último, el rango temporal (2016-2026), los idiomas (inglés/español) y el acceso a texto completo aseguraron la actualidad y exhaustividad de la literatura.

Tras este proceso se obtuvo un total de 6 artículos que cumplieron con todos los criterios de elegibilidad. Este proceso de cribado y selección se encuentra detallado en el diagrama de flujo PRISMA de la presente investigación (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).



Fuente: elaboración propia

3.3. Búsqueda manual o inversa

Una vez finalizado el cribado sistemático de las bases de datos, se procedió a una tercera fase de búsqueda manual o inversa. Esta se llevó a cabo mediante la revisión de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados para su inclusión, así como de revisiones narrativas estrechamente relacionadas con el objeto de estudio.

El propósito de esta búsqueda fue localizar estudios que cumplieren con los criterios que pudieran haber sido omitidos por la cadena de búsqueda o los algoritmos de las bases de datos. A través de este proceso no se identificaron artículos que cumplieran con el filtro del rango temporal de publicación (2016-2026), por lo que la muestra definitiva se mantuvo en 6 artículos; sin embargo, aquellos artículos que cumplían con el resto de criterios de elegibilidad se utilizaron exclusivamente de manera complementaria para la fundamentación teórica y la discusión.

3.4. Extracción de datos y evaluación de calidad

Para facilitar la estructuración de la información relevante, se diseñó una tabla resumen de los resultados en la plataforma Rayyan. De cada uno de los 6 artículos incluidos se extrajeron las siguientes variables: 1) Datos de la bibliografía (primer autor y año de publicación); 2) Diseño metodológico del ensayo clínico; 3) Características sociodemográficas de la muestra (tamaño muestral total, edad media, distribución por sexos y nivel de condición física o disciplina deportiva de los participantes); 4) Parámetros de la intervención (cepa específica del probiótico administrado, dosis diaria en UFC/día y duración temporal del tratamiento); y 5) Resultados cuantitativos sobre el VO₂max o VO₂peak.

Además, se llevó a cabo una evaluación de la calidad metodológica mediante la herramienta revisada del *Joanna Briggs Institute* para ensayos controlados aleatorizados (JBI Critical Appraisal Tool for Randomized Controlled Trials) [17], la cual analiza 13 ítems metodológicos valorados como “Sí”, “No” o “No claro”. Esta valoración fue realizada de forma individual por la autora principal. El nivel global de riesgo de sesgo se estableció según el porcentaje de criterios cumplidos: bajo ($\geq 70\%$ de respuestas afirmativas, $\geq 10/13$ ítems), moderado (50–69%, 7–9/13 ítems) y alto ($< 50\%$, $< 7/13$ ítems). Los resultados detallados para cada ítem se reflejan en la Tabla 2. La valoración global tras la aplicación de esta herramienta reflejó un riesgo de sesgo entre bajo y moderado en los ECA incluidos.

Por último, los resultados obtenidos se estructuraron mediante una síntesis exclusivamente narrativa. Se descartó la realización de un metaanálisis cuantitativo debido a la notable heterogeneidad metodológica presente entre los estudios incluidos. Esta variabilidad se reflejó en la utilización de cepas bacterianas distintas (monocepa vs. multicepa), amplias diferencias en las dosis administradas (1×10^{10} a 4.5×10^{11} UFC/día), duraciones dispares de la intervención (de 4 a 16 semanas) y niveles de condición física muy diversos entre las poblaciones evaluadas.

4. RESULTADOS

Tras las fases de búsqueda y selección descritas en la metodología, la muestra final de esta revisión quedó constituida por un total de 6 artículos, todos ellos correspondientes a ECA de diseño doble ciego, publicados entre 2020 y 2024. Los artículos descartados no cumplían con diversos criterios de elegibilidad: cuatro de ellos aplicaban una intervención que no concordaba con el objetivo de esta revisión, administrando kéfir o prebióticos y simbióticos, o no especificaban la cepa y la concentración de probióticos, o se trataban de microorganismos no vivos [18-21]; dos presentaban un tamaño muestral excesivamente pequeño ($N < 20$) [22,23]; tres no medían el $VO_2\text{max}$ como indicador de la capacidad aeróbica o lo utilizaban como variable control, por lo que no se podía analizar el efecto de la intervención sobre la misma [24-26]; y el artículo restante se descartó por incumplir el criterio de doble ciego [27].

Los artículos seleccionados proceden exclusivamente de revistas científicas situadas en los primeros cuartiles del índice internacional *Journal Citation Reports* (JCR) (Nutrients: Q1; International Journal of Environmental Research and Public Health y Journal of the International Society of Sports Nutrition: Q2).

Tabla 1. Resumen de las características de los estudios incluidos

Estudio	Diseño del estudio	Población y Muestra	Intervención	Resultados $VO_2\text{max}$
Mazur-Kurach et al. [30]	Aleatorizado, doble ciego, asignación paralela, controlado con placebo	26 ciclistas de ruta competitivos hombres 18-26 años PRO: n=13 PLA: n=13	Cápsula multicepa (1×10^{11} UFC/día) durante 16 semanas (<i>L. plantarum</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>B. breve</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>B. longum</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. lactis</i> , <i>S. thermophilus</i>)	Aumento significativo del $VO_2\text{max}$ en el grupo probiótico en comparación con el valor inicial ($p < 0.05$). Sin cambios intragrupo significativos en el grupo placebo. Sin diferencias estadísticamente significativas en la comparación intergrupo ($p > 0.05$)
Salleh et al. [31]	Aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo	30 jugadores universitarios de bádminton 19-22 años PRO: n = 15 PLA: n = 15	Bebida probiótica monocepa (3×10^{10} UFC/día) durante 6 semanas (<i>Lactobacillus casei</i> Shirota)	Aumento significativo de la capacidad aeróbica en un 5,88% (66.01 ± 3.80 vs. 69.89 ± 4.33 mL/kg/min; $p < 0.001$). Sin cambios intragrupo significativos en el grupo placebo. Sin diferencias estadísticamente significativas en la comparación intergrupo ($p > 0.05$)

Estudio	Diseño del estudio	Población y Muestra	Intervención	Resultados VO ₂ max
Huang et al. [28]	Aleatorizado, doble ciego, diseño paralelo	20 triatletas masculinos PRO: n=10 PLA: n=10	Cápsula monocepa (1.5x10 ¹⁰ UFC); 2 cápsulas al día (3x10 ¹⁰ UFC/día) durante 4 semanas (<i>Lactobacillus plantarum</i> PS128)	Sin diferencias significativas en VO ₂ max entre grupos, pero aumento del 130% en resistencia (p < 0.05)
Lee et al. [32]	Aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo, diseño paralelo de 4 brazos	88 adultos sanos Mujeres n=44 Hombres n=44 20-40 años n=22 por grupo	Sobre disuelto (7.5x10 ⁹ UFC); 2 sobres al día (1.5x10 ¹⁰ UFC/día) durante 6 semanas Brazo 1: <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> LY-66 Brazo 2: <i>Lactobacillus plantarum</i> PL-02 Brazo 3: Combinación mixta LY-66 + PL-02 (1:1) Brazo 4: Placebo	Todos los grupos suplementados mostraron incrementos estadísticamente significativos (p < 0.001). El grupo placebo no mostró cambios. Sin análisis estadístico comparativo intergrupo
Smarkusz-Zarzecka et al. [33]	Aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo	66 corredores de larga distancia (70 inicio) Mujeres (n=20), edad media 33-37 años. Hombres (n=46), edad media 38-40 años. PRO: n=34 PLA: n=32	Cápsula multicepa SANPROBI BARRIER (2.5x10 ⁹ UFC/cápsula); 2 capsulas dos veces al día (1x10 ¹⁰ UFC/día) durante 12 semanas (<i>Bifidobacterium lactis</i> W52, <i>Lactobacillus brevis</i> W63, <i>Lactobacillus casei</i> W56, <i>Lactococcus lactis</i> W19, <i>Lactococcus lactis</i> W58, <i>Lactobacillus acidophilus</i> W37, <i>Bifidobacterium bifidum</i> W23 y <i>Lactobacillus salivarius</i> W24)	VO ₂ max aumentó significativamente en hombres bajo probiótico (p=0.017), pero no de forma significativa en mujeres (p=0.140). El grupo placebo no mostró mejoras. Sin diferencias estadísticamente significativas frente al grupo control en el análisis intergrupo (p > 0.05)

Estudio	Diseño del estudio	Población y Muestra	Intervención	Resultados VO ₂ max
Imanian et al. [29]	Aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo, diseño paralelo de 4 brazos	44 futbolistas masculinos Media edad 22,8 aprox. n=11 por grupo	Cápsula multicepa (4.5 x 10 ¹¹ UFC) 3 veces a la semana durante 4 semanas (<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BP06, <i>Lactocaseibacillus casei</i> BP07, <i>Lactobacillus acidophilus</i> BA05, <i>Lactobacillus delbrueckii</i> BD08 <i>bulgaricus</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> BI04, <i>Bifidobacterium longum</i> BL03, <i>Bifidobacterium breve</i> BB02 y <i>Streptococcus salivarius thermophilus</i> BT01) Brazo 1: Cápsula placebo Brazo 2: Cápsula probiótica Brazo 3: Caseína Brazo 4: Combinación capsula probiótica y caseína	Aumento significativo en los grupos suplementados con probióticos respecto al valor basal (p = 0.001). El grupo placebo no presentó mejoras significativas. Sin diferencias significativas entre grupos.

Leyenda: PRO: grupo probiótico; PLA: grupo placebo; UFC: Unidades formadoras de Colonias; VO₂max: consumo máximo de oxígeno. Fuente: elaboración propia

4.1. Características generales de los estudios incluidos

De los 6 estudios seleccionados, cuatro de ellos tienen una muestra menor de 50 (N < 50) [28-31], mientras que solo dos presentan una muestra mayor de 50 (N > 50) [32,33], lo que suma un tamaño muestral total de 274 participantes adultos sanos con un rango de edad entre los 18 y los 60 años. En cuanto a la distribución geográfica de la muestra, esta se localiza en Polonia, Malasia, Taiwán e Irán.

Los estudios muestran una notable variabilidad con respecto a las disciplinas deportivas, así como con el protocolo de intervención. Por un lado, cinco de los ensayos seleccionados evaluaron a atletas y deportistas competitivos: futbolistas de alto rendimiento [29], ciclistas de ruta clasificados como corredores competitivos [30], corredores de fondo y

larga distancia de nivel amateur y profesional [33], triatletas masculinos entrenados [28] y jugadores universitarios de bádminton [31]. Únicamente un estudio [32] desvió el foco de los atletas para analizar a una población de 88 adultos jóvenes sanos no deportistas, pero que fueron sometidos a un protocolo de ejercicio de alta intensidad (Tabata) durante el periodo de suplementación con probióticos.

Por otro lado, la administración de los probióticos oscila entre un consumo diario y tres días a la semana, con dosis que oscilaron entre 1×10^{10} UFC/día y 4.5×10^{11} UFC/día, con rangos temporales de entre 4 y 16 semanas de intervención. De igual forma, se suministraron en distintos formatos: en cápsulas o disueltos en una bebida (agua o zumo), ya preparados para su consumo o disueltos por los propios participantes previo a su consumo. A su vez, las intervenciones utilizaron tanto cepas bacterianas aisladas (monocepa) como compuestos formados por múltiples cepas (multicepa), cuyas especificaciones y dosificación se describen en la Tabla 1.

4.2. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo de los estudios incluidos

A partir del análisis de la calidad metodológica sintetizado en la Tabla 2, destacan los estudios de Imanian et al. [29] y Lee et al. [32] por su calidad metodológica y bajo riesgo de sesgo. Todos los ensayos mantuvieron el cegamiento de los participantes y personal (C4, C5 y C6), así como una medición estandarizada del resultado (C8). No obstante, la generación de la secuencia aleatoria y el ocultamiento de la asignación (C1 y C2), junto con el cegamiento del evaluador (C7), no fueron detallados en la mayoría de los trabajos (clasificados como “No claro”). Las principales limitaciones metodológicas identificadas se debieron a diferencias identificadas en la línea base de algunas variables fisiológicas en el estudio de Mazur-Kurach et al. [30] (C3), la menor fiabilidad en la determinación del VO₂max en el estudio de Salleh et al. [31] por su estimación indirecta con ecuaciones predictivas (C9) y la ausencia de un análisis por Intención de Tratar al excluir las pérdidas de seguimiento en Smarkusz-Zarzecka et al. [33] (C11).

Tabla 2. Calidad metodológica de ensayos controlados aleatorios

Estudio	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
Huang et al. [28]	No claro	No claro	Sí	Sí	Sí	Sí	No claro	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Imanian et al. [29]	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Mazur-Kurach et al. [30]	No claro	No claro	No	Sí	Sí	Sí	No claro	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Salleh et al. [31]	No claro	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No claro	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Lee et al. [32]	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Smarkusz-Zarzecka et al. [33]	No claro	No claro	Sí	Sí	Sí	Sí	No claro	Sí	Sí	Sí	No	No claro	Sí

Abreviaturas: C1. ¿Se utilizó una aleatorización real para la asignación de los participantes a los grupos de tratamiento?; C2. ¿Se ocultó la asignación a los grupos de tratamiento?; C3. ¿Eran similares los grupos de tratamiento en el momento basal?; C4. ¿Estaban los participantes cegados a la asignación del tratamiento?; C5. ¿Quiénes administraban el tratamiento estaban cegados a la asignación del tratamiento?; C6. ¿Fueron los grupos de tratamiento tratados de forma idéntica aparte de la intervención de interés?; C7. ¿Estaban los evaluadores de los resultados cegados a la asignación del tratamiento?; C8. ¿Se midieron los resultados de la misma manera para los grupos de tratamiento?; C9. ¿Se midieron los resultados de manera fiable?; C10. ¿Fue completo el seguimiento y, si no lo fue, se describieron y analizaron adecuadamente las diferencias entre los grupos en cuanto a su seguimiento?; C11. ¿Fueron analizados los participantes en los grupos a los que fueron aleatorizados?; C12. ¿Se utilizó un análisis estadístico apropiado?; C13. ¿Fue apropiado el diseño del ensayo y se tuvieron en cuenta en la realización y el análisis del ensayo las desviaciones del diseño estándar de ECA (aleatorización individual, grupos paralelos)? Fuente: elaboración propia

4.3. Síntesis de los Efectos en la Capacidad Aeróbica Máxima (VO₂max)

La capacidad aeróbica máxima fue evaluada mediante diferentes procedimientos: por medición directa del intercambio de gases respiratorios a través del protocolo de Bruce en cinta rodante [28,29,32,33] o de una prueba aeróbica en cicloergómetro con incrementos cada 2 minutos [30], y por estimación indirecta a partir del rendimiento en una prueba de carrera de ida y vuelta de 20 metros [31].

De los seis estudios incluidos, cinco observaron mejoras estadísticamente significativas del VO₂max con respecto al nivel basal, en al menos uno de los grupos suplementados con probióticos [29-33]. Sin embargo, la mayoría de estos resultados procede exclusivamente de análisis intragrupo, por lo que limita la posibilidad de atribuir dichos cambios exclusivamente a la intervención con suplementación probiótica.

Mazur-Kurach et al. [30] observaron un incremento estadísticamente significativo del VO₂max en el grupo suplementado con probióticos tras 16 semanas de intervención (de 65.28 ± 6.00 a 69.18 ± 5.69 ml/kg/min; $p < 0.05$), mientras que el grupo placebo mostró incluso una disminución en la media de la variable (de 58.03 ± 0.52 a 57.03 ± 6.69 mL/kg/min). No obstante, la interpretación de los resultados debe realizarse con cautela, ya que existían diferencias significativas en el VO₂max entre ambos grupos desde la medición basal ($p < 0.05$), lo que compromete la comparación intergrupo de los resultados.

En el estudio de Smarkusz-Zarzecka et al. [33] se encontró una respuesta diferencial según el sexo, observándose mejoras significativas únicamente en el subgrupo masculino suplementado con probióticos (38.22 ± 5.99 vs. 41.05 ± 8.02 mL/kg/min; $p = 0.017$), mientras que el subgrupo de mujeres suplementadas, aunque mostraron una tendencia a aumentar, no alcanzó significación estadística.

El estudio de Salleh et al. [31] arrojó resultados similares: el grupo probiótico mostró un incremento significativo en el VO₂max con respecto al nivel basal (66.01 ± 3.80 vs. 69.89 ± 4.33 mL/kg/min; $p < 0.001$), mientras que el grupo placebo no mostró diferencias significativas entre la medición previa y posterior a la intervención. Sin embargo, las diferencias entre ambos grupos no mostraron un cambio estadísticamente significativo.

En el estudio de Lee et al. [32], los tres grupos probióticos mostraron diferencias estadísticamente significativas. El grupo PL-02 incrementó 1.09 veces con respecto a la medición basal (43.9 ± 4.3 vs. 47.8 ± 6.9 mL/kg/min; $p < 0.001$), el grupo LY-66 mostró un aumento de 1.06 veces (43.8 ± 5.2 vs. 46.3 ± 5.3 mL/kg/min; $p < 0.001$) y el grupo PL-02 + LY-66 un incremento de 1.07 veces (44.2 ± 4.3 vs. 47.3 ± 5.6 mL/kg/min; $p < 0.001$). Sin embargo, el estudio solo realizó comparaciones intragrupo, por lo que no se puede determinar si las mejoras observadas fueron superiores a las del grupo placebo.

En el estudio de Imanian et al. [29], se observaron mejoras estadísticamente significativas del VO₂max, tanto el grupo probiótico aislado (53 ± 4.9 vs. 55.2 ± 4.5 mL/min/kg; $p = 0.001$) como el grupo combinado con caseína (53.7 ± 4.2 vs. 55.9 ± 4.8 mL/min/kg; $p = 0.001$). Mientras tanto, el grupo placebo no mostró diferencias estadísticamente significativas respecto a la medición basal.

Por el contrario, en el estudio de Huang et al. [28] no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en las medidas de VO₂max entre los grupos placebo y probióticos, a pesar de existir una mejora del 130% en la resistencia en el grupo probiótico con respecto al grupo control. El resultado de este estudio contrasta con los observados en el resto de estudios incluidos, en los que sí se describieron mejoras.

Por consiguiente, los resultados de estos estudios sugieren la posible existencia de una asociación entre la suplementación con probióticos y la mejora del VO₂max. Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones debido a la heterogeneidad de las intervenciones y las poblaciones estudiadas limitando la solidez de los resultados.

4.4. Factores relacionados con la eficacia de la suplementación probiótica sobre el VO₂max

Entre los factores potencialmente relacionados con la eficacia de la suplementación probiótica se analizaron la duración de la misma y su modalidad en cuanto a protocolos monocepa frente a multicepa.

Respecto a la duración de la intervención, no se observó un patrón consistente que permitiera relacionar periodos más largos de suplementación con mayores mejoras del VO₂max. Tanto las intervenciones largas [30,33], de 16 y 12 semanas respectivamente, como protocolos más cortos [29,31,32], de 4 a 6 semanas, mostraron aumentos significativos intragrupo. Por el contrario, el estudio de Huang et al. [28] no reportó diferencias significativas.

De igual forma, tampoco fue posible establecer una relación entre la eficacia de la suplementación y el uso de formulaciones monocepa o multicepa. Tanto los estudios que administraron cepas aisladas, como el de Salleh et al. [31] y el de Lee et al. [32], como aquellos que utilizaron combinaciones de microorganismos, como el de Imanian et al. [29], mostraron incrementos altamente significativos con respecto a la medición basal ($p < 0.001$). Asimismo, la comparación entre formulaciones se encuentra limitada por la gran diversidad de microorganismos utilizados, lo que dificulta establecer equivalencias y estudios.

En conjunto, la evidencia actual no permite identificar si estas características específicas de la intervención se asocian con una mayor eficacia sobre la capacidad aeróbica máxima.

4.5. Influencia de las características de la población en la respuesta al tratamiento

4.5.1. Influencia del sexo en respuesta a la suplementación

Se observó un predominio de participantes masculinos en los estudios: tres estudios evaluaron exclusivamente a hombres [28,29,30], dos utilizaron muestras mixtas [32,33] y en uno de ellos no se especificó el sexo de los participantes [31]. Considerando únicamente los estudios que aportaron esta información, un 73.7% de la evidencia disponible en esta revisión se basa en la respuesta del hombre.

Esta distribución evidencia cómo las mujeres se encuentran infrarrepresentadas en la literatura disponible sobre suplementación probiótica y rendimiento aeróbico, impidiendo la generalización de los resultados a la población femenina. De los estudios que contaban con una muestra mixta, tan solo el de Smarkusz-Zarzecka et al. [33] analizó los datos por sexo. En este, los hombres suplementados con probióticos experimentaron una mejora significativa del VO_2max , mientras que las mujeres mostraron un aumento que no alcanzó la significación estadística.

Sin embargo, el reducido tamaño muestral de ambos subgrupos (hombres suplementados $n=20$; mujeres suplementadas $n=14$) limita la capacidad de establecer conclusiones sobre estas posibles diferencias de respuestas en función del sexo.

4.5.2. Influencia del nivel de entrenamiento sobre la respuesta al tratamiento

Los estudios incluidos evaluaron poblaciones con niveles de entrenamiento muy diferentes, desde atletas de alto rendimiento hasta adultos físicamente activos sin experiencia competitiva. Esta variabilidad permitió explorar si el nivel inicial de condición física podía modificar la respuesta a la suplementación probiótica.

En el estudio de Huang et al. [28], realizado en triatletas altamente entrenados, no se hallaron diferencias significativas intergrupo ($p > 0.05$). Este resultado podría sugerir la existencia de un margen de mejora reducido en deportistas con elevados niveles iniciales de capacidad aeróbica. Sin embargo, los otros estudios desarrollados en poblaciones deportistas, incluyendo futbolistas de élite, ciclistas competitivos, corredores de fondo y jugadores universitarios de bádminton [29-31,33] sí registraron incrementos significativos tras la suplementación.

En conclusión, el análisis de estos datos no permite concluir que el nivel de entrenamiento basal determine de una forma clara la eficacia de los probióticos sobre el VO_2max . Sin embargo, esta podría actuar como una variable moduladora, por lo que requeriría de mayor investigación.

5. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática fue revisar la literatura científica disponible sobre el efecto de la suplementación probiótica en la capacidad cardiorrespiratoria medida a través del consumo máximo de oxígeno (VO₂max) en adultos sanos y deportistas y sintetizar la evidencia recabada de los últimos 10 años.

La información recopilada de los seis ensayos clínicos controlados aleatorizados incluidos en esta revisión muestra que, si bien cinco de los seis estudios mostraron variaciones intragrupo favorables en el VO₂max en los grupos suplementados con probióticos con respecto a su nivel basal, dichos cambios no mostraron una superioridad estadísticamente significativa frente a los grupos placebo en la mayoría de los ensayos [29-33]. Por lo tanto, aunque la mayoría de estudios mostraron mejoras significativas intragrupo en poblaciones diversas, al no existir una superioridad demostrada frente al placebo, no es posible atribuir directamente los cambios observados a la intervención probiótica, ya que estos pueden deberse a otros factores como las adaptaciones derivadas del propio entrenamiento físico o la variabilidad individual.

Estos resultados son consistentes con la heterogeneidad observada en estudios previos. El incremento significativo en el VO₂max observado en los estudios recabados [29-33] replica los resultados obtenidos en investigaciones anteriores como la de Salarkia et al. [13]. A su vez, respaldan también los resultados obtenidos por Huang et al. [14] y O'Brien et al. [12] en cuanto a la modulación de la microbiota a través de probióticos y sus derivados para potenciar el rendimiento físico y la resistencia.

En cambio, el estudio llevado a cabo por Huang et al. [28] coincide con las conclusiones de Lamprecht et al. [15], sin identificar diferencias significativas en la capacidad aeróbica máxima, a pesar de mostrar mejoras en otras variables relacionadas. Esta ambivalencia en los resultados sugiere que los efectos de los probióticos en la capacidad cardiorrespiratoria podrían no ser directos, sino mediados por otros procesos fisiológicos.

Una posible explicación de las mejoras observadas en el VO₂max es que los probióticos actúen de forma indirecta a través de la modulación de la microbiota. Varios autores sostienen que ciertas cepas de probióticos pueden aumentar la producción de SCFA, metabolitos que intervienen en la regulación del metabolismo de la energía y en la aportación de sustratos. Además, el consumo de probióticos también se ha asociado con una menor inflamación en todo el cuerpo, una barrera intestinal más fuerte y menos problemas gastrointestinales asociados al entrenamiento intenso, factores que podrían contribuir a menores molestias en los deportistas y por lo tanto favorecer una mejor adaptación al ejercicio, contribuyendo a una mejora de la capacidad aeróbica [3,8,9].

Los resultados obtenidos muestran la ausencia de diferencia aparente entre el uso de formulaciones multicepa o monocepa, ya que las diferencias observadas se dieron en ambas modalidades. De igual forma, no se observan diferencias en la eficacia del tratamiento en función a la duración del tratamiento, ya que tanto estudios con una intervención de 16 y 12 semanas [30,33] como intervenciones de 4 o 6 semanas [29,31,32] mostraron diferencias intragrupo significativas.

Una de las principales fortalezas de esta revisión reside en el seguimiento de las recomendaciones de la declaración PRISMA para la ejecución del trabajo, lo que permite su reproducibilidad y transparencia del proceso de cribado y filtrado de estudios, permitiendo un conjunto final de seis ensayos clínicos aleatorizados de diseño doble ciego publicados en revistas indexadas de alto impacto (cuartiles Q1 y Q2 del JCR). A su vez, esta revisión ha tratado artículos con cepas probióticas específicas. Esto es relevante, ya que la especificidad en las cepas probióticas resulta de gran importancia, ya que de ellas depende su efecto en el organismo.

5.1. Limitaciones

Los resultados han de analizarse con cautela, debido a ciertas limitaciones presentes en la evidencia disponible. En primer lugar, el número de estudios incluidos fue reducido, con únicamente seis ensayos clínicos que cumplieron todos los criterios de elegibilidad establecidos. Además, cuatro de ellos contaban con tamaños muestrales de menos de 50 participantes, lo que limita la potencia estadística para detectar diferencias.

En segundo lugar, la principal limitación se relaciona con el análisis estadístico de los resultados. Como se ha descrito en el apartado de resultados, aunque cinco de los seis estudios observaron incrementos significativos del VO_2max tras la suplementación probiótica, estos resultados se obtuvieron de análisis intragrupo, es decir, comparando los valores basales con los posteriores a la intervención dentro del mismo grupo. Sin embargo, cuando se analizan las diferencias del grupo probiótico frente al placebo, no se observa una significación estadística o no es reportada por los autores, como ocurre en el caso de Lee et al. [32]. A esto se le suma una falta de homogeneidad basal de la población en el estudio de Mazur-Kurach et al. [30], donde existían diferencias significativas en los niveles basales de VO_2max previo a la intervención, lo que impide atribuir a esta última los cambios observados.

Asimismo, existió una elevada heterogeneidad en cuanto al nivel de entrenamiento de los participantes, así como en las intervenciones empleadas, mostrando diferencias en las cepas utilizadas, las dosis administradas y la duración de los tratamientos. Además, también existe heterogeneidad en los métodos de evaluación del VO_2max , combinando estudios con medición ergoespirométrica directa [28–30, 32, 33] con ensayos basados en estimaciones indirectas mediante pruebas de campo [31], lo que añade variabilidad en la precisión de los datos analizados. Esto dificulta la comparación directa entre estudios y limita la posibilidad de identificar qué protocolos de suplementación podrían resultar más eficaces.

Otra limitación relevante en la generalización de los resultados es la escasa representación femenina en la literatura disponible. Aproximadamente tres cuartas partes de los participantes eran hombres, y únicamente un estudio analizó los resultados diferenciando por sexo. Esto limita la extrapolación de los resultados a las mujeres, e impide la identificación de diferencias en los resultados relacionadas con el sexo.

En conjunto, estas limitaciones impiden establecer relaciones causales sobre la eficacia de los probióticos para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria máxima. A pesar de ello, la revisión aporta información relevante para la investigación sobre la microbiota intestinal y su comunicación con el resto del organismo.

6. CONCLUSIÓN

Los resultados sugieren que, aunque se observaron incrementos estadísticamente significativos en el VO₂max en comparaciones intragrupo pre-post intervención en cinco de los seis ensayos analizados, estos cambios no demostraron ser superiores a los observados en el grupo placebo. Por lo tanto, la evidencia actual todavía es insuficiente para afirmar su eficacia o recomendar de forma generalizada su utilización con el objetivo específico de mejorar el VO₂max.

En conclusión, aunque la evidencia analizada muestra cambios intragrupo favorables en algunos ensayos, la evidencia disponible continúa siendo limitada, heterogénea y no permite establecer una relación causal entre los probióticos y la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria máxima. La ausencia de diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo placebo impide atribuir directamente dichas adaptaciones a la intervención. Por lo tanto, sería recomendable que futuras investigaciones realizaran ensayos clínicos con muestras más amplias y representativas, y metodológicamente homogéneas para poder determinar de forma más consistente la efectividad de la suplementación con probióticos en la optimización de la capacidad aeróbica en las distintas poblaciones, así como los factores que modulan la respuesta.

FINANCIACIÓN

Este trabajo no ha recibido financiación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan que no hay conflicto de intereses.

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no han utilizado herramientas de inteligencia artificial para elaborar este trabajo.

CONTRIBUCIONES DE LA AUTORÍA

Paula Sánchez: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Captación de fondos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

Raúl Espert: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Captación de fondos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Software, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición.

7. REFERENCIAS

1. Nowak SB, Jopkiewicz A, Tomaszewski P. Biological and Social Determinants of Maximum Oxygen Uptake in Adult Men. En: Pokorski M, ed. *Advances in Medicine and Medical Research*. Adv Exp Med Biol [Internet]. Cham: Springer; 2018. p. 105-14. doi: https://doi.org/10.1007/5584_2018_296
2. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* [Internet]. 2009;301(19):2024-35. doi: <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
3. Marttinen M, Ala-Jaakkola R, Laitila A, Lehtinen MJ. Gut microbiota, probiotics and physical performance in athletes and physically active individuals. *Nutrients* [Internet]. 2020;12(10):2936. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12102936>
4. Lynch SV, Pedersen O. The human intestinal microbiome in health and disease. *N Engl J Med* [Internet]. 2016;375(24):2369-79. doi: <https://doi.org/10.1056/nejmra1600266>
5. Suárez Fernández JE, Margolles Barros A. La microbiota autóctona: composición, distribución y funciones. En: De la Fuente del Rey M, González-Pinto A, Pérez Miralles FC, coordinadores. Documento de consenso sobre la microbiota y el uso de probióticos y prebióticos en patologías neurológicas y psiquiátricas. Madrid: Ergon; 2021. p. 1-12. Disponible en: https://www.sen.es/pdf/2021/Consenso_Microbiota_2021.pdf
6. Leis Trabazo R, Collado Amores MC, Gueimonde Fernández M. Colonización y desarrollo de nuestra microbiota intestinal. Factores que la afectan. Cambios con la edad y estilo de vida. En: De la Fuente del Rey M, González-Pinto A, Pérez Miralles FC, coordinadores. Documento de consenso sobre la microbiota y el uso de probióticos y prebióticos en patologías neurológicas y psiquiátricas. Madrid: Ergon; 2021. p. 13-33. Disponible en: https://www.sen.es/pdf/2021/Consenso_Microbiota_2021.pdf
7. Guarner Aguilar F, Gómez Senent S, Álvarez Calatayud G. Disbiosis y patologías asociadas. En: De la Fuente del Rey M, González-Pinto A, Pérez Miralles FC, coordinadores. Documento de consenso sobre la microbiota y el uso de probióticos y prebióticos en patologías neurológicas y psiquiátricas. Madrid: Ergon; 2021. p. 34-45. Disponible en: https://www.sen.es/pdf/2021/Consenso_Microbiota_2021.pdf
8. Patel BK, Patel KH, Lee CN, Moochhala S. Intestinal microbiota interventions to enhance athletic performance: a review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2024;25(18):10076. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms251810076>
9. Pérez-Castillo I, Sabag-Daigle A, López-Chicharro J, Mihic N, Rueda R, Bouzamondo H. The athlete gut microbiota: state of the art and practical guidance. *Benef Microbes* [Internet]. 2024;15(2):97-126. doi: <https://doi.org/10.1163/18762891-bja00007>
10. Cheng SC, Chang C, Chen YC, Gojobori T, Chiu PK. Human gut microbiome determining

- athletes' performance: An insight from genomic analysis. *Ecol Genet Genom* [Internet]. 2025;34:100327. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egg.2025.100327>
11. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* [Internet]. 2014;11(8):506-14. doi: <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
 12. O'Brien KV, Stewart LK, Forney LA, Aryana KJ, Prinyawiwatkul W, Boeneke CA. The effects of postexercise consumption of a kefir beverage on performance and recovery during intensive endurance training. *J Dairy Sci* [Internet]. 2015;98(11):7446-9. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9392>
 13. Salarkia N, Ghadamli L, Zaeri F, Rad LS. Effects of probiotic yogurt on performance, respiratory and digestive systems of young adult female endurance swimmers: a randomized controlled trial. *Med J Islam Repub Iran* 2013;27(3):141-6. PMID: PMC3917487
 14. Huang WC, Hsu YJ, Li H, Kan NW, Chen YM, Lin JS, et al. Effect of *Lactobacillus Plantarum* TWK10 on improving endurance performance in humans. *Chin J Physiol* [Internet]. 2018;61(3):163-70. doi: <https://doi.org/10.4077/cjp.2018.bah587>
 15. Lamprecht M, Bogner S, Schippinger G, Steinbauer K, Fankhauser F, Hallstroem S, et al. Probiotic supplementation affects markers of intestinal barrier, oxidation, and inflammation in trained men; a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2012;9(1):45. doi: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-45>
 16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* [Internet]. 2021;372:n71. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 17. Barker TH, Stone JC, Sears K, Klugar M, Tufanaru C, Leonardi-Bee J, et al. The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for randomized controlled trials. *JBI Evid Synth* [Internet]. 2023;21(3):494-506. doi: <https://doi.org/10.11124/jbies-22-00430>
 18. Cheng YC, Lee CC, Lee MC, Hsu HY, Lin JS, Huang CC, et al. Effects of heat-killed *Lactiplantibacillus plantarum* TWK10 on exercise performance, fatigue, and muscle growth in healthy male adults. *Physiol Rep* [Internet]. 2023;11(19):e15835. doi: <https://doi.org/10.14814/phy2.15835>
 19. Öneş E, Zavotçu M, Nisan N, Baş M, Sağlam D. Effects of Kefir Consumption on Gut Microbiota and Athletic Performance in Professional Female Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients* [Internet]. 2025;17(3):512. doi: <https://doi.org/10.3390/nu17030512>
 20. Przewłócka K, Kujach S, Sawicki P, Berezka P, Bytowska ZK, Folwarski M, et al. Effects of probiotics and vitamin D3 supplementation on sports performance markers

- in male mixed martial arts athletes: A randomized trial. *Sports Med Open* [Internet]. 2023;9(1):31. doi: <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00576-6>
21. Zhang L, Xiao H, Zhao L, Liu Z, Chen L, Liu C. Comparison of the effects of prebiotics and synbiotics supplementation on the immune function of male university football players. *Nutrients* [Internet]. 2023;15(5):1158. doi: <https://doi.org/10.3390/nu15051158>
22. Fu SK, Tseng WC, Tseng KW, Lai CC, Tsai YC, Tai HL, et al. Effect of daily oral *Lactobacillus plantarum* PS128 on exercise capacity recovery after a half-marathon. *Nutrients* [Internet]. 2021;13(11):4023. doi: <https://doi.org/10.3390/nu13114023>
23. Li T, Rui Z, Mao L, Chang Y, Shao J, Chen Y, et al. Eight weeks of *Bifidobacterium lactis* BL-99 supplementation improves lipid metabolism and sports performance through short-chain fatty acids in cross-country skiers: a preliminary study. *Nutrients* [Internet]. 2023;15(21):4554. doi: <https://doi.org/10.3390/nu15214554>
24. Huang WC, Lee MC, Lee CC, Ng KS, Hsu YJ, Tsai TY, et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* TWK10 on exercise physiological adaptation, performance, and body composition in healthy humans. *Nutrients* [Internet]. 2019;11(11):2836. doi: <https://doi.org/10.3390/nu11112836>
25. McDermott CE, Judkins TC, Vincent HK, Culpepper T, Colee J, Nieves Jr C, et al. Impact of probiotic supplementation on exercise endurance among nonelite athletes: a randomized, placebo-controlled, double-blind, clinical trial. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2024;49(10):1377-86. doi: <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0142>
26. Schreiber C, Tamir S, Golan R, Weinstein A, Weinstein Y. The effect of probiotic supplementation on performance, inflammatory markers and gastro-intestinal symptoms in elite road cyclists. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2021;18(1):36. doi: <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00432-6>
27. Lundberg HE, Larsen S, Mathisen TF, Sundgot-Borgen J. Comparison of cheese with and without *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* LMG2 2951 on off-season muscle strength and VO2 max development in Nordic skiers: a randomized clinical trial. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2025;22(1):2566373. doi: <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2566373>
28. Huang WC, Pan CH, Wei CC, Huang HY. *Lactobacillus plantarum* PS128 improves physiological adaptation and performance in triathletes through gut microbiota modulation. *Nutrients* [Internet]. 2020;12(8):2315. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12082315>
29. Imanian B, Hemmatinafar M, Daryanoosh F, Koureshfard N, Sadeghi R, Niknam A, et al. The effect of probiotics and casein supplementation on aerobic capacity parameters of male soccer players. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2024;21(1):2382165. doi: <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2382165>
30. Mazur-Kurach P, Frączek B, Klimek AT. Does multi-strain probiotic supplementation

- impact the effort capacity of competitive road cyclists? Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2022;19(19):12205. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph191912205>
31. Salleh RM, Kuan G, Aziz MNA, Rahim MRA, Rahayu T, Sulaiman S, et al. Effects of probiotics on anxiety, stress, mood and fitness of badminton players. Nutrients [Internet]. 2021;13(6):1783. doi: <https://doi.org/10.3390/nu13061783>
32. Lee MC, Hsu YJ, Chen MT, Kuo YW, Lin JH, Hsu YC, et al. Efficacy of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* LY-66 and *Lactobacillus plantarum* PL-02 in enhancing explosive strength and endurance: a randomized, double-blinded clinical trial. Nutrients [Internet]. 2024;16(12):1921. doi: <https://doi.org/10.3390/nu16121921>
33. Smarkusz-Zarzecka J, Ostrowska L, Leszczyńska J, Orywal K, Cwalina U, Pogodziński D. Analysis of the impact of a multi-strain probiotic on body composition and cardiorespiratory fitness in long-distance runners. Nutrients [Internet]. 2020;12(12):3758. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12123758>