

# Efectos de distintas cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* sobre el rendimiento deportivo: una revisión narrativa

Effects of different strains of *Lactiplantibacillus plantarum* on athletic performance: a narrative review

Mónica Alonso Guadaño<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Europea de Madrid.

## Resumen

La especie *Lactiplantibacillus plantarum* pertenece a un género de bacterias lácticas grampositivas que ha suscitado interés en la comunidad científica, por sus diversos efectos biológicos beneficiosos, gracias a su papel probiótico. El presente trabajo recopila los estudios llevados a cabo desde 2019 en humanos, sobre la influencia de este probiótico en el rendimiento deportivo, la fatiga muscular y la composición corporal. Tras la búsqueda en las bases de datos PubMed, SCOPUS, Google Scholar, Scielo y Chocrane, búsqueda "*Lactobacillus plantarum*", "*Lactiplantibacillus plantarum*", "fatigue", "exercise", "probiotics" y "muscle mass", cinco estudios fueron seleccionados. Los resultados muestran evidencias claras del potencial que tiene el uso de este probiótico en el ámbito deportivo. Algunos de los resultados más relevantes fueron la mejora del rendimiento deportivo, mejorando el tiempo de agotamiento al 85% del  $VO_{2max}$ , la reducción sérica de los biomarcadores de fatiga y una composición corporal más saludable. Por lo tanto, *L. plantarum* presenta un claro potencial ergogénico. Sus efectos se asocian a una mejor adaptación fisiológica al ejercicio, menor fatiga y una recuperación más eficiente. Además, su acción antioxidante y antiinflamatoria podría contribuir a optimizar el rendimiento deportivo.

**Palabras clave:** Composición corporal, probióticos, ejercicio, masa muscular, fatiga.

## Abstract

The species *Lactiplantibacillus plantarum* belongs to a genus of gram-positive lactic acid bacteria that has aroused interest in the scientific community, due to its various beneficial biological effects, given its probiotic role. The present work compiles the studies carried out since 2019 in humans, on the influence of this probiotic on sports performance, muscle fatigue and body composition. After searching PubMed, SCOPUS, Google Scholar, Scielo and Chocrane databases, search "*Lactobacillus plantarum*", "*Lactiplantibacillus plantarum*", "fatigue", "exercise", "probiotics" and "muscle mass", five studies were selected. The results show clear evidence of the potential of the use of this probiotic in sports. Some of the most relevant results were the improvement of sports performance, improving exhaustion time at 85% of  $VO_{2max}$ , serum reduction of fatigue biomarkers and a healthier body composition. Therefore, *L. plantarum* has clear ergogenic potential. Its effects are associated with improved physiological adaptation to exercise, reduced fatigue, and more efficient recovery. In addition, its antioxidant and anti-inflammatory action could contribute to optimizing athletic performance.

**Keywords:** Body composition, probiotics, exercise, muscle mass, fatigue.

\* Autor de correspondencia: Mónica Alonso Guadaño, [monicalonso01@gmail.com](mailto:monicalonso01@gmail.com)

Recibido: Julio 10, 2025

Aceptado: Noviembre 20, 2025

Publicado: Diciembre 31, 2025

**Cómo citar:** Alonso Guadaño, M. (2025). Efectos de distintas cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* sobre el rendimiento deportivo: una revisión narrativa. *JUMP*, 12, 57-66. <https://doi.org/10.17651/jump.n12.9652>

## 1. Introducción

Los probióticos se definen como "microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped" (Hill et al., 2014). Cada vez existen más evidencias respecto al efecto beneficioso para la salud del consumo de probióticos. Entre ellas la mejora de la función gastrointestinal y la modulación de las funciones neuronales e inmunológicas. Además, disminuye el riesgo de infecciones genitales, enfermedades cardiovasculares y otros trastornos metabólicos (Nagpal et al., 2012).

Los mecanismos de acción propuestos de los probióticos se relacionan con el fortalecimiento de la integridad de la barrera intestinal, la regulación del sistema inmunológico y la mejora de la composición microbiana del intestino. Además, contribuyen a la eliminación de patógenos, la reducción del pH intestinal y el aumento de la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), mucosidad y bacteriocinas (Ohland y MacNaughton, 2010; Plaza-Díaz et al., 2019).

Nuevas líneas de investigación apoyan el papel de la suplementación con probióticos en la mejora del estado de salud y el rendimiento deportivo, tanto en atletas de élite como de la población general (Díaz-Jiménez et al., 2021; Huang et al., 2019; Sivamaruthi et al., 2019). Entre las razones que respaldan su uso, se encuentran varios efectos del ejercicio intenso (Powers y Jackson, 2008): i) a contracción del músculo esquelético que genera radicales libres; ii) la acumulación de estrés oxidativo que provoca daño en el tejido muscular y iii) procesos inflamatorios en tejido muscular y tendinoso.

Tras la realización de ejercicio agudo se inicia una compleja cascada de eventos inflamatorios, que dependen del tipo, intensidad y duración del ejercicio, dando lugar a procesos como la fatiga. En esta fase se liberan citocinas proinflamatorias, tales como TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  e IL-6. En este sentido se manifiesta que varios probióticos reducen el estrés oxidativo y las respuestas inflamatorias asociadas al ejercicio (Plaza-Díaz et al., 2019).

La fatiga es un proceso fisiológico preponderante que se manifiesta durante el ejercicio físico intenso. Los principales causantes de la aparición de fatiga son cambios metabólicos, cardiovasculares, respiratorios, termorreguladores y hormonales (Chen et al., 2016). Además, durante el ejercicio físico se liberan subproductos procedentes de las

diversas rutas metabólicas destinadas a la obtención de energía, como el ácido láctico (Giron et al., 2022). Su acumulación genera fatiga muscular, disminución del rendimiento y dificultad para mantener la contracción muscular continua (Mills et al., 2020).

La literatura sugiere que la modulación de la microbiota intestinal y del sistema inmune ejercida por los probióticos puede influir indirectamente en el rendimiento físico y la recuperación posterior (Butel, 2014). En los últimos años, ha aumentado el interés por la relación entre la composición de la microbiota intestinal y el rendimiento deportivo, dando lugar al concepto eje músculo-microbiota (Giron et al., 2022). En el colon las fibras dietéticas fermentan en ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como acetato, propionato y butirato. Estos AGCC son fuentes de energía fisiológica y moduladores del metabolismo, la permeabilidad intestinal, respuestas inflamatorias, función inmunológica y el rendimiento deportivo (Conterno et al., 2011).

En este contexto, el probiótico *Lactiplantibacillus plantarum* (*L. plantarum*), está cobrando especial relevancia en el ámbito deportivo, por sus efectos positivos en el rendimiento (Chen et al., 2016; Huang et al., 2019). Las bacterias de este género son productoras de ácido láctico que puede ser utilizado como sustrato por bacterias lactato-utilizadoras, que lo convierten en acetil-CoA. A través de la vía clásica de producción de butirato, la acetil-CoA se transforma en butirato mediante la acción secuencial de las enzimas fosfotransbutirilasa y butirato quinasa. Estas enzimas generan butirato y coenzima A y ATP (Duncan et al., 2004).

Así mismo, *L. plantarum* presenta una destacada actividad antioxidante. Durante el ejercicio de alta intensidad la suplementación con antioxidantes puede (Li et al., 2012) prolongar el rendimiento deportivo, reducir la producción de metabolitos, y disminuir la fatiga física. Numerosos estudios han demostrado la capacidad antioxidante significativa de *L. plantarum*, tanto *in vitro* como *in vivo*.

Cuatro cepas de *L. plantarum* han demostrado tener un efecto beneficioso sobre el rendimiento deportivo, fatiga muscular y/o modificación de la composición corporal: *L. plantarum* TWK10 y Ps128 de origen vegetal, *L. plantarum* PL-02 de origen humano y *L. plantarum* 299v de origen comercial (Axling et al., 2020; Huang et al., 2019, 2020; Lee et al., 2022; Lee, Hsu et al., 2021). Estas

cepas destacan dentro de esta especie, ya que son las únicas que han mostrado resultados positivos en estos parámetros.

Por el contrario, estudios con otros probióticos del género *Lactiplantibacillus*, como *L. paracasei PS23* o *L. acidophilus*, no han evidenciado mejoras en el rendimiento deportivo, aunque sí en la recuperación de la lesión y en la reducción de marcadores sanguíneos de daño muscular e inflamación (De Paiva et al., 2023; Di Dio et al., 2023). Por ello, resulta especialmente relevante la investigación sobre las cuatro cepas mencionadas, ya que presentan un potencial prometededor para optimizar el rendimiento deportivo.

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión narrativa, consultando las bases de datos PubMed, Cochrane, SCOPUS y Scielo, así como Google Scholar, desde el año 2018 hasta el 2022, con el fin de analizar los efectos de las distintas cepas del probiótico *L. plantarum* sobre el rendimiento deportivo.

## 2. Método

En el presente trabajo se ha llevado a cabo una revisión narrativa debido al número insuficiente de estudios que examinan el impacto de las cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* (TKW10, Ps128, PL-02 y 299v) sobre el rendimiento deportivo, la fatiga muscular y la composición corporal. El objetivo principal fue determinar si, en un futuro, el uso de estas cepas podría considerarse como suplemento ergogénico en la práctica deportiva.

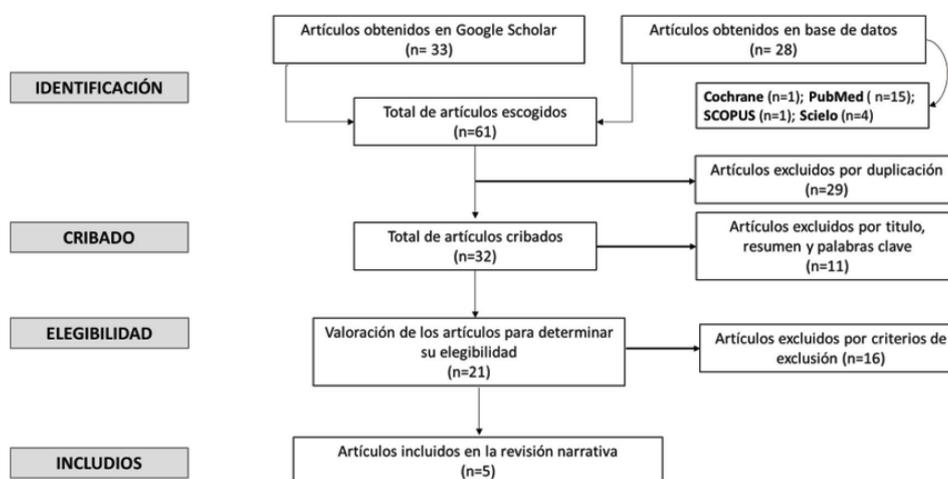
La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos científicas PubMed, SCOPUS,

Scielo y Chocrane. No obstante, los artículos más relevantes se obtuvieron principalmente de PubMed y Cochrane. Además, se utilizó Google Scholar como fuente complementaria. En esta plataforma se empleó la herramienta "incluir citas" para ampliar el alcance la búsqueda y aumentar el número de artículos relacionados con los estudios base. Se aplicaron filtros de idioma (inglés y español), tipo de documento (artículos científicos revisados por pares) y rango temporal (2019–2024).

Para esta búsqueda se utilizaron las palabras clave: "*Lactobacillus plantarum*", "*Lactiplantibacillus plantarum*", "probiotics", "exercise", "muscle mass" y "fatigue". En español se incluyeron los términos "composición corporal", "probióticos", "ejercicio", "masa muscular" y "fatiga".

Se revisaron más de 60 artículos desde 2019 hasta el 25 de mayo de 2024, seleccionándose solo aquellos que utilizaban como única cepa en cada estudio el *L. plantarum* correspondiente. Se excluyeron los estudios y artículos que estaban en otro idioma que no fuese en inglés o español, los de acceso restringido y aquellos que utilizaron varias cepas de *L. plantarum* o con fines no deportivos.

El proceso de selección se resume en **Figura 1**. Tras la primera búsqueda se obtuvo un total de 61 artículos, de los cuales 29 quedaron descartados por duplicidad entre bases de datos. Posteriormente, se excluyeron aquellos cuyo título o resumen no se relacionaba con la temática de la investigación. Tras la lectura analítica de los 21 estudios restantes, 16 se excluyeron por no cumplir con los criterios de inclusión, seleccionándose finalmente 5 estudios para en análisis.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la búsqueda, cribado y selección

La revisión fue desarrollada por un único observador que había recibido una formación específica en el procedimiento de observación, garantizando así la correcta aplicación de los criterios establecidos. Todo el proceso fue supervisado por un investigador con amplia experiencia en el ámbito de estudio, lo que contribuyó a reforzar la validez del procedimiento. Con el fin de evaluar la consistencia del sistema de codificación, se realizó un análisis de fiabilidad intraobservador mediante el coeficiente Kappa de Cohen, obteniéndose un valor superior a,90, indicativo de una concordancia casi perfecta (Landis y Koch, 1977). Es importante señalar que la inclusión de este tipo de análisis de fiabilidad no es habitual en la mayoría de las revisiones bibliométricas, lo que dota al presente estudio de un mayor rigor metodológico y aporta un elemento diferencial respecto a investigaciones previas en este campo.

#### *Criterios de selección*

- *Criterios de inclusión:* (1) artículos exclusivamente en inglés y español, (2) uso de una única cepa de *Lactiplantibacillus plantarum* en cada estudio, (3) que la cepa tenga algún impacto sobre el rendimiento deportivo.
- *Criterios de exclusión:* (1) artículos escritos en idioma diferente a inglés o español, (2) acceso al artículo completo no disponible, (3) uso de otras cepas en el mismo estudio, (4) uso de las cepas con fines no deportivos, (5) ningún dato relevante sobre el impacto en el rendimiento (6) resultados no concluyentes por influencia de otros factores no deportivos.

Además de la revisión de los estudios experimentales, se realizó un análisis bibliométrico con el propósito de describir las características generales de la producción científica relacionada con *Lactiplantibacillus plantarum* y su vínculo con el rendimiento deportivo. Este análisis permitió identificar los autores más citados, los países con mayor número de publicaciones y las revistas científicas de mayor impacto en las que se difundieron los resultados. Para ello se emplearon los indicadores de citación de Scopus y las métricas de impacto de Google Scholar Metrics, con el fin de garantizar una valoración objetiva de la relevancia y difusión de los estudios.

Asimismo, se evaluó la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los artículos seleccionados mediante la escala de Downs y Black, adaptada

al tipo de diseño de cada investigación (ensayos clínicos en humanos o estudios experimentales en modelos animales). Esta evaluación permitió ponderar la validez interna (consistencia de los métodos y control de variables) y la validez externa (posibilidad de generalizar los resultados).

Finalmente, los datos obtenidos del análisis bibliométrico se resumieron mediante estadística descriptiva, calculando frecuencias absolutas y relativas, así como medidas de tendencia central (media y mediana). La representación gráfica de los resultados se realizó a través de histogramas y diagramas de barras, elaborados con el programa Microsoft Excel (versión 2024), lo que permitió visualizar de forma clara la distribución de la información recopilada.

### 3. Resultados

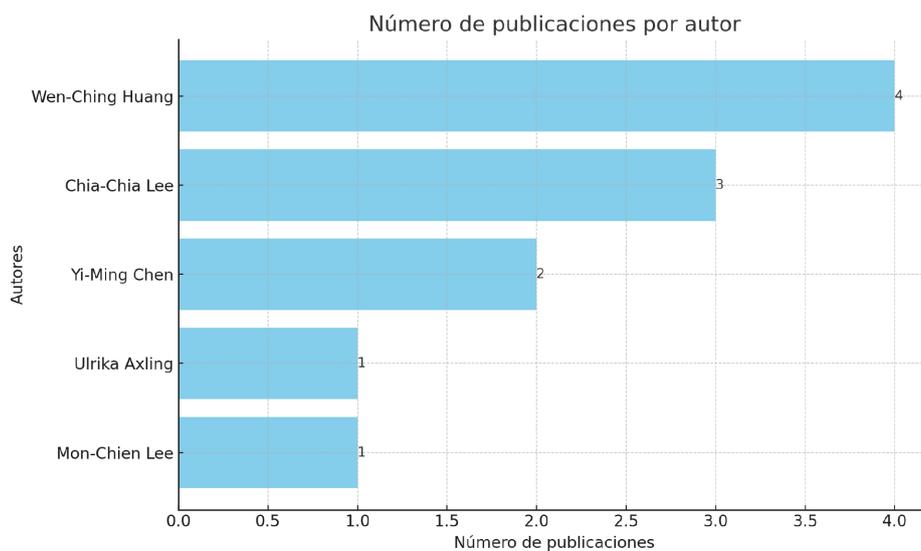
Los resultados se dividirán en dos bloques, por un lado, se realizó un análisis bibliométrico correspondiente a las Figuras 2, 3, y 4 reflejando que autores, universidades y bases de datos son los predominantes. Por otro lado, la Tabla 1 muestra el resumen de los hallazgos de los cinco artículos seleccionados

A continuación, en la Tabla 1, se presentan los resultados específicos obtenidos tras la suplementación con probióticos en el rendimiento atlético.

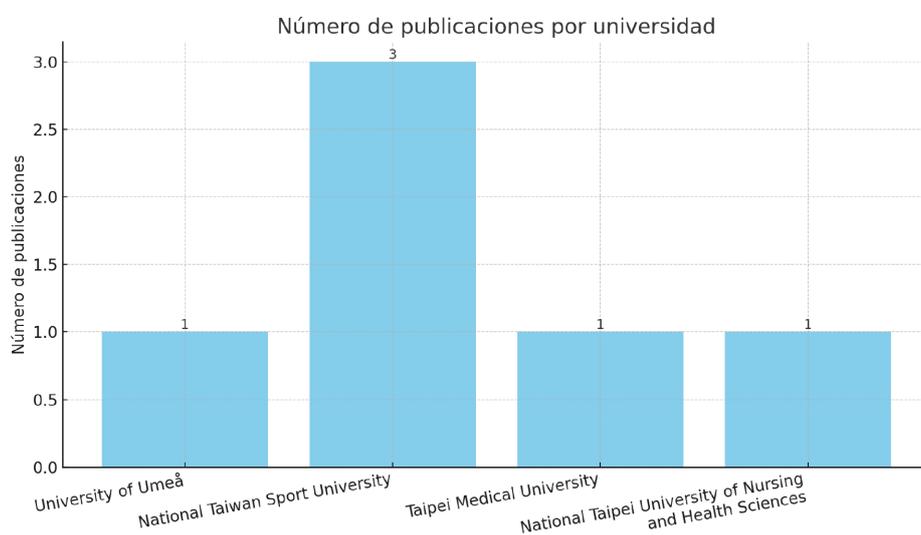
De estas figuras podemos observar que de entre las variables incluidas en los estudios revisados, Wen-Chin Huang es el autor que aparece en los 5 estudios, la Universidad de deportes de Tiawn es donde se llevan a cabo prácticamente todos los estudios relacionados con el probiótico *L. plantarum*. Además, la mayoría de publicaciones de estos estudios lo encontramos en Pubmed.

En conjunto, estos datos bibliométricos permiten identificar los principales autores, instituciones y fuentes que abordan el estudio de *Lactiplantibacillus plantarum* en el ámbito deportivo.

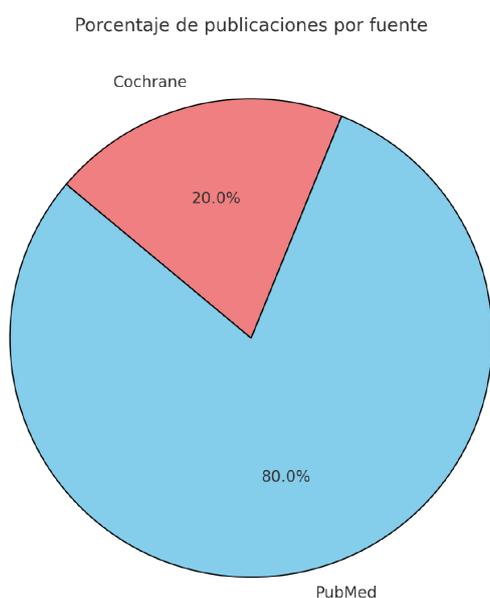
Los resultados de la Tabla 1 muestran que la suplementación durante 6 semanas con *L. plantarum* TWK10 ha demostrado aumentar el tiempo hasta el agotamiento en un 44,4% (al 85% de VO<sub>2</sub>máx), posiblemente por una mayor absorción de glucosa. Otro estudio sobre el efecto de *L. plantarum* TWK10 (6 semanas) en el rendimiento encontró un incremento del tiempo hasta el agotamiento de un 36,76% (al 85% de VO<sub>2</sub>máx), así como una disminución de la masa grasa y un aumento en la masa muscular.



**Figura 2.** Autores incluidos en las publicaciones



**Figura 3.** Universidades donde se realizaron los estudios



**Figura 4.** Bases de datos

**Tabla 1.** Efecto del probiótico sobre el rendimiento deportivo, fatiga y composición corporal

Estudio	Muestra	Diseño de estudio	Protocolo	Intervención probiótica y placebo	Deporte analizado	Conclusiones
(Huang et al., 2019)	(n= 54), 27 hombres y 27 mujeres. 20-30 a.	Ensayo clínico aleatorizado, controlado con placebo y doble ciego.	Ejercicio exhaustivo en la cinta de correr al 85% de la carga de trabajo de VO <sub>2max</sub> .	3 x 10 <sup>10</sup> UFC L.p TWK10, 9 x 10 <sup>10</sup> UFC L.p TWK10 o placebo durante 6 semanas.	Individuos que realizaban cotidianamente actividad física moderada	Tiempo hasta el agotamiento vs. Control, sin efecto dependiente de la dosis.  Niveles séricos de L y AM; G, durante y después del ejercicio  MG; MM, con efecto dependiente de la dosis
(Lee et al., 2022)	(n= 54), 26 hombres y 27 mujeres. 20-30 a.	Ensayo clínico aleatorizado, controlado con placebo y doble ciego.	Ejercicio exhaustivo en la cinta de correr al 85% de la carga de trabajo de VO <sub>2max</sub> .	3 x 10 <sup>11</sup> UFC L.p TWK10, 3 x 10 <sup>11</sup> UFC L.p TWK10-hk o placebo durante 6 semanas	Individuos que realizaban cotidianamente actividad física moderada	Tiempo hasta el agotamiento vs. Control, siendo mayor en el grupo TWK10-hk.  Niveles séricos de L y AM; G en TWK10-hk durante y después del ejercicio.  Fuerza de agarre con ambas manos. NLR y PLR TWK10-hk.
(Huang et al., 2020)	(n= 20) 20 hombres triatletas	Ensayo clínico aleatorizado, controlado con placebo y doble ciego.	Ejercicio exhaustivo en la cinta de correr al 85% de la carga de trabajo de VO <sub>2max</sub> . Entrenamiento habitual de los deportistas de triatlón (5h).	3 x 10 <sup>10</sup> UFC L.p Ps128 o placebo durante 4 semanas.	Triatlón	Tiempo hasta el agotamiento vs. Control, hasta un 130%. Sin efectos en VO <sub>2max</sub>  TNFα, IFN-γ, IL-6
(Lee, Hsu et al., 2021)	(n= 40). Ratones ICR. 46 a.		Prueba de agotamiento en natación.	2,05 x 10 <sup>9</sup> UFC L.p PL-02, 4,10x10 <sup>9</sup> UFC L.p PL-02, 1,03x10 <sup>10</sup> UFC L.p PL-02 o placebo durante 4 semanas.	Halterofilia	Tiempo hasta el agotamiento vs. Control, con efecto dependiente de la dosis (+ 2,52 en la dosis más alta).  Niveles séricos de L y AM durante y después del ejercicio.  Fuerza de agarre con a mbas manos.
(Axling et al., 2020)	(n= 39) 39 mujeres atletas. 22 a.	Estudio aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo y de diseño paralelo.	Prueba de ciclismo en ergómetro.	1x10 <sup>10</sup> UFC L.p 299v, 1x10 <sup>10</sup> UFC L.p 299v + 20mg de Fe o placebo, durante 4 semanas	Atletas femeninas	Rendimiento físico en el grupo suplementado con Fe.

Nota: Abreviaturas: L.p, *Lactiplantibacillus plantarum*; UFC, unidades formadoras de colonia; L, lactato; AM, amonio; G, glucosa; MG, masa grasa; MM, masa muscular; HK, inactivados por calor; ICR, Male Institute of Cancer Research; NLR, relación de neutrófilos/linfocitos; PLR, relación de plaquetas/linfocitos; TNFα, factor de necrosis tumoral alfa; IFN-γ, interferón gamma; IL-6, interleucina 6; Fe, hierro; ↑, aumento o mejora; ↓, disminución o menor

En términos de índices bioquímicos, se observó una disminución del lactato durante un ejercicio de intensidad moderada (60% VO<sub>2</sub>máx) y después de la prueba. Como es bien sabido, el lactato está asociado con la fatiga durante las competiciones, por lo que su reducción podría mejorar el rendimiento durante el ejercicio y la recuperación posterior.

En el estudio con TWK10, tanto viables como inactivados, los sujetos mostraron una reducción significativa en la relación plaquetas-linfocitos (PLR) después del ejercicio, mientras que solo se observó una reducción significativa en la relación neutrófilos-linfocitos (NLR) en los sujetos que recibieron TWK10 inactivado. Esto sugiere que TWK10 inactivado podría reducir el daño muscular o aumentar la tasa de recuperación después del ejercicio.

Por otro lado, la ingesta de *L. plantarum* PS128 en triatletas mostró una mejora en los parámetros de rendimiento (potencia media en la prueba de Wingate y tiempo hasta el agotamiento al 85% de VO<sub>2</sub>máx) y de fatiga después de una competición de triatlón. Además, la suplementación provocó alteraciones específicas en la microbiota, produciendo un aumento en la producción de metabolitos beneficiosos, lo cual sugiere que este probiótico, junto con los efectos mencionados anteriormente, puede aumentar el rendimiento atlético y metabolitos beneficiosos a través de la modulación de la microbiota. Además, se observó una disminución de marcadores inflamatorios (TNF $\alpha$ , IFN- $\gamma$  e IL-6) y una mejora en el estado antioxidante (TRX y MPO) tras la competición de triatlón.

El tratamiento de ratones con la cepa de *L. plantarum* PL-02, mostró, tras 4 semanas de suplementación, un aumento en los tiempos hasta el agotamiento (en minutos) en la prueba de natación: 6,81  $\pm$  1,04 (control), 8,16  $\pm$  0,75 (dosis baja), 9,74  $\pm$  0,93 (dosis media) y 17,16  $\pm$  1,53 (dosis alta). Por consiguiente, se produjo un aumento significativo dependiente de la dosis vs. el grupo control. En cuanto a la masa muscular esquelética, solo se observó un aumento significativo de 1,10 veces en el grupo que recibió la dosis más alta de PL-02. También se observó un aumento en las fuerzas de agarre en las extremidades anteriores, dependiente de la dosis, respecto al grupo control.

Por último, el estudio con *L. plantarum* 299v resultó ser el menos significativo, ya que no se observaron beneficios claros en el rendimiento

deportivo y las diferencias no fueron estadísticamente significativas para las medidas del estado del hierro. Aun así, este trabajo sugiere una posible tendencia hacia un mejor estado del hierro con *L. plantarum* 299v, ya que hubo pequeños aumentos en los niveles de ferritina y el contenido en hemoglobina en reticulocitos. Además, aunque no se observaron efectos concluyentes en las métricas del rendimiento, sí se observó una mejora significativa en el vigor del grupo tratado con 299v, específicamente en términos de energía aumentados y reducción de la fatiga, por lo que puede ser valioso para atletas que requieren un aporte energético continuo y mayores niveles de motivación.

#### 4. Discusión

El objetivo de este estudio fue realizar una revisión narrativa para conocer los efectos que tienen distintas cepas del probiótico *L. plantarum* sobre el rendimiento deportivo. Diversos estudios que han analizado las diferencias en la composición microbiana intestinal entre deportistas y la población general han encontrado diferencias significativas (Huang et al., 2020). En los deportistas, se ha observado una mayor abundancia de especies bacterianas beneficiosas y una mayor diversidad microbiana. Estos efectos positivos se relacionan con un aumento en la producción de ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato) por parte de estas bacterias.

De acuerdo con Hughes (2020), la microbiota intestinal desempeña un papel determinante en la respuesta a la dieta y al ejercicio, facilitando adaptaciones fisiológicas que favorecen la resistencia y la fuerza. Este conocimiento abre la posibilidad de aplicar estrategias de nutrición deportiva personalizadas en función del perfil microbiano de cada deportista. (Hughes, 2020).

Los estudios incluidos en esta revisión muestran una relación consistente entre la suplementación con *L. plantarum* y los cambios en la microbiota intestinal, así como en parámetros vinculados con la práctica deportiva. En particular, la cepa *L. plantarum* TWK10 ha demostrado efectos beneficiosos como probiótico y posbiótico. Mejora el rendimiento deportivo, aumentando la masa y fuerza muscular, favoreciendo una composición corporal más saludable tanto en humanos como en modelos animales (Chen et al., 2016; Lee, Liao et al., 2021; Huang et al., 2019).

La utilización de la cepa TWK10 inactivada por calor, basada en el concepto de “posbióticos”, definidos recientemente por la Asociación Científica Internacional de Probióticos y Prebióticos, “preparaciones de microorganismos inanimados y/o sus componentes que confieren un beneficio para la salud del huésped” (Żółkiewicz et al., 2020), también han mostrado resultados positivos. En este caso, los sujetos que recibieron TWK10, tanto viables como inactivados, mostraron una reducción significativa en los marcadores inflamatorios. En concreto en la relación plaquetas-linfocitos (PLR) después del ejercicio, y neutrófilos-linfocitos (NLR) en los sujetos que recibieron TWK10 inactivado. Este hallazgo sugiere que los posbióticos podrían favorecer la recuperación y reducir el daño muscular posterior al ejercicio.

Asimismo, *L. plantarum* PS128 ha mostrado una notable capacidad antioxidante, reduciendo el estrés oxidativo y la inflamación inducidos por el ejercicio (Huang et al., 2019). Estos efectos podrían tener lugar por la modificación de la microbiota, lo que se traducen en una mejora en la recuperación muscular tras la fatiga (Huang et al., 2020). También se suma a este efecto el probiótico de origen humano *L. plantarum* PL-02, ya que parece tener efectos beneficiosos en el rendimiento deportivo y reducir los marcadores de fatiga muscular (Lee, Hsu et al., 2021). Esto último sugiere el posible papel de los probióticos en la optimización del metabolismo energético y la regulación metabólica, teniendo una gran influencia en la microbiota intestinal.

Por otro lado, la cepa *L. plantarum* 299v ha mostrado una capacidad significativa para aumentar la absorción de hierro, lo que podría tener relevancia especial en mujeres deportistas, dado que la deficiencia de hierro afecta negativamente el rendimiento (Pasricha et al., 2014; Heffernan et al., 2019). Sin embargo, existe controversia en torno a la eficacia real de la suplementación férrica en individuos sin anemia, así como respecto a los efectos secundarios gastrointestinales asociados (Hoppe et al., 2017). En este contexto, mejorar la biodisponibilidad del hierro mediante probióticos como *L. plantarum* 299v podría ofrecer una alternativa más segura. Sin embargo, los resultados actuales son todavía limitados y requieren estudios de mayor tamaño y duración.

En conjunto, los resultados sugieren que las cepas de *L. plantarum* pueden contribuir a la me-

jora del rendimiento mediante mecanismos que van más allá del aumento del VO máx. Las evidencias apuntan a una influencia sobre los mecanismos de fatiga central y periférica, la regulación de la inflamación y el estrés oxidativo, y la modulación de hormonas cerebrales relacionadas con la energía y la motivación. No obstante, la evidencia aún es insuficiente para considerar los probióticos como ayudas ergogénicas establecidas, y persisten controversias acerca de su magnitud de efecto y su aplicabilidad en diferentes poblaciones deportivas.

Finalmente, los estudios con las cepas *L. plantarum* PS128 y PL-02 sugieren que el aumento del rendimiento podría no estar mediado directamente por el VO máx, sino por la modulación de la microbiota intestinal del atleta. Esta hipótesis refuerza la relevancia del eje músculo-microbiota como una línea de investigación emergente, que podría redefinir las estrategias de intervención nutricional en el deporte en los próximos años.

A pesar de estos hallazgos prometedores, la evidencia científica disponible aún es limitada. Actualmente, el uso de probióticos no está catalogado como una ayuda ergogénica, ya que no hay evidencia suficiente sobre su beneficio en el ámbito deportivo y los efectos adversos que pueden causar. Por ello, a la hora de elaborar este trabajo ha sido complicado encontrar información relevante a partir de la cual sacar unas conclusiones efectivas. Sin embargo, poco a poco se están descubriendo cepas como *Lactiplantibacillus plantarum* TWK10, Ps128, PL-02, 299v, que tienen potencial para ser utilizados en aspectos que influyen sobre el rendimiento deportivo, composición corporal y masa muscular. Para ello, sería esencial ampliar los estudios ya realizados *in vitro* o *in vivo*, con el fin de estudiar su impacto en deportistas de elite.

Tras la realización de este trabajo, y visto el potencial de este probiótico, podría ser útil un estudio clínico en deportistas de élite, enfocado hacia la mejora del rendimiento y la resistencia aeróbica.

Por ello, es esencial disponer de trabajos de investigación que proporcionen evidencia científica en la que basar toda suplementación dietética y, a este respecto, este trabajo pretende poner de manifiesto la necesidad de estudios más amplios y específicos en el campo de los probióticos, particularmente *L. plantarum*.

## 5. Conclusiones

La influencia de *L. plantarum* muestra resultados positivos y prometedores en el rendimiento deportivo, la fatiga muscular y la composición corporal. A través de una reducción de biomarcadores de fatiga, promoviendo una composición corporal más saludable. No obstante, la evidencia hoy en día es limitada y se requieren más estudios controlados y con un mayor número de muestras. En este contexto *L. plantarum* podría considerarse un probiótico con potencial ergogénico, pero su uso debe interpretarse con cautela hasta que se lleven a cabo estudios más concluyentes.

## 6. Aplicaciones prácticas

En base a los resultados obtenidos y revisados, es posible establecer ciertas consideraciones prácticas del uso de *L. plantarum* como suplemento probiótico en el ámbito deportivo.

Los estudios analizados muestran que las cepas más investigadas, *TWK10*, *PS128*, *PL-02* y *299v*, se administraron durante periodos de entre 4 y 6 semanas, con dosis diarias de  $1 \times 10^8$  a  $3 \times 10^9$  UFC. La suplementación fue continua y sin interrupciones, y en general se observó una buena tolerancia digestiva sin efectos adversos relevantes.

Los participantes de los estudios incluyeron tanto deportistas entrenados (triatletas, ciclistas, corredores) como individuos físicamente activos no profesionales. Los resultados más consistentes se observaron en deportes de resistencia aeróbica, donde la modulación de la microbiota intestinal podría influir positivamente en el metabolismo energético y en la reducción del estrés oxidativo e inflamatorio. En modelos animales, las investigaciones confirmaron efectos similares, mostrando mejoras en la capacidad de resistencia y en la fuerza muscular.

En cuanto a su influencia sobre la salud y el rendimiento, la suplementación con *L. plantarum* se ha asociado con una reducción de biomarcadores de fatiga (como el lactato y las citocinas proinflamatorias) y con una mejora de la capacidad antioxidante. Además, se ha observado un aumento del tiempo hasta el agotamiento, junto con una composición corporal más saludable, caracterizada por mayor masa muscular y menor masa grasa. Estos efectos parecen estar mediados por la modulación de la microbiota

intestinal y por una mejor eficiencia metabólica durante el ejercicio.

En la práctica, el uso de *L. plantarum* podría considerarse una estrategia nutricional complementaria, útil para favorecer la recuperación muscular y mantener el rendimiento en periodos de alta carga de entrenamiento. No obstante, la evidencia disponible sigue siendo limitada, por lo que se recomienda que su uso se realice bajo supervisión de un profesional de nutrición deportiva o medicina del deporte, adaptando la dosis y la duración al tipo de deportista y al objetivo del entrenamiento.

## Referencias

- Axling, U., Önning, G., Combs, M. A., Bogale, A., Högrström, M., & Svensson, M. (2020). The Effect of *Lactobacillus plantarum* 299v on Iron Status and Physical Performance in Female Iron-Deficient Athletes: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 12(5), 1279. <https://doi.org/10.3390/nu12051279>
- Butel M. J. (2014). Probiotics, gut microbiota and health. *Medecine et maladies infectieuses*, 44(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2013.10.002>
- Chen, Y. M., Wei, L., Chiu, Y. S., Hsu, Y. J., Tsai, T. Y., Wang, M. F., & Huang, C. C. (2016). *Lactobacillus plantarum* TWK10 Supplementation Improves Exercise Performance and Increases Muscle Mass in Mice. *Nutrients*, 8(4), 205. <https://doi.org/10.3390/nu8040205>
- Conterno, L., Fava, F., Viola, R., & Tuohy, K. M. (2011). Obesity and the gut microbiota: Does up-regulating colonic fermentation protect against obesity and metabolic disease? *Genes & Nutrition*, 6(3), 241–260. <https://doi.org/10.1007/s12263-011-0230-1>
- De Paiva, A. K. F., De Oliveira, E. P., Mancini, L., Paoli, A., & Mota, J. F. (2023). Effects of probiotic supplementation on performance of resistance and aerobic exercises: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 81(2), 153–167. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac046>
- Di Dio, M., Calella, P., Pelullo, C. P., Liguori, F., Di Onofrio, V., Gallè, F., & Liguori, G. (2023). Effects of Probiotic Supplementation on Sports Performance and Performance-Related Features in Athletes: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2226. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032226>
- Díaz-Jiménez, J., Sánchez-Sánchez, E., Ordoñez, F. J., Rosety, I., Díaz, A. J., Rosety-Rodriguez, M., Rosety, M. Á., & Brenes, F. (2021). Impact of Probiotics on the Performance of Endurance Athletes: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*.
- Giron, M., Thomas, M., Dardevet, D., Chassard, C., & Savary-Auzeloux, I. (2022). Gut microbes and muscle function: Can probiotics make our muscles stronger? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(3), 1460–1476. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12964>
- Heffernan, S. M., Horner, K., De Vito, G., & Conway, G. E. (2019). The Role of Mineral and Trace Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(3), 696. <https://doi.org/10.3390/nu11030696>
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>

- Hoppe, M., Önning, G., & Hulthén, L. (2017). Freeze-dried *Lactobacillus plantarum* 299v increases iron absorption in young females-Double isotope sequential single-blind studies in menstruating women. *PLoS one*, 12(12), e0189141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189141>
- Huang, W. C., Lee, M. C., Lee, C. C., Ng, K. S., Hsu, Y. J., Tsai, T. Y., Young, S. L., Lin, J. S., & Huang, C. C. (2019). Effect of *Lactobacillus plantarum* TWK10 on Exercise Physiological Adaptation, Performance, and Body Composition in Healthy Humans. *Nutrients*, 11(11), 2836. <https://doi.org/10.3390/nu11112836>
- Huang, W. C., Pan, C. H., Wei, C. C., & Huang, H. Y. (2020). *Lactobacillus plantarum* PS128 Improves Physiological Adaptation and Performance in Triathletes through Gut Microbiota Modulation. *Nutrients*, 12(8), 2315. <https://doi.org/10.3390/nu12082315>
- Hughes, R. L. (2020). A Review of the Role of the Gut Microbiome in Personalized Sports Nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 6, 191. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00191>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lee, C. C., Liao, Y. C., Lee, M. C., Cheng, Y. C., Chiou, S. Y., Lin, J. S., Huang, C. C., & Watanabe, K. (2022). Different Impacts of Heat-Killed and Viable *Lactobacillus plantarum* TWK10 on Exercise Performance, Fatigue, Body Composition, and Gut Microbiota in Humans. *Microorganisms*, 10(11), 2181. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112181>
- Lee, C. C., Liao, Y. C., Lee, M. C., Lin, K. J., Hsu, H. Y., Chiou, S. Y., Young, S. L., Lin, J. S., Huang, C. C., & Watanabe, K. (2021). *Lactobacillus plantarum* TWK10 Attenuates Aging-Associated Muscle Weakness, Bone Loss, and Cognitive Impairment by Modulating the Gut Microbiome in Mice. *Frontiers in nutrition*, 8, 708096. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.708096>
- Lee, M. C., Hsu, Y. J., Ho, H., Kuo, Y., Lin, W. Y., Tsai, S. Y., Chen, W. L., Lin, C. L., & Huang, C. C. (2021). Effectiveness of human-origin *Lactobacillus plantarum* PL-02 in improving muscle mass, exercise performance and anti-fatigue. *Scientific Reports*, 11(1), 19469. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98958-x>
- Li, S., Zhao, Y., Zhang, L., Zhang, X., Huang, L., Li, D., Niu, C., Yang, Z., & Wang, Q. (2012). Antioxidant activity of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from traditional Chinese fermented foods. *Food chemistry*, 135(3), 1914–1919. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.048>
- Mills, S., Candow, D. G., Forbes, S. C., Neary, J. P., Ormsbee, M. J., & Antonio, J. (2020). Effects of Creatine Supplementation during Resistance Training Sessions in Physically Active Young Adults. *Nutrients*, 12(6), 1880. <https://doi.org/10.3390/nu12061880>
- Nagpal, R., Kumar, A., Kumar, M., Behare, P. V., Jain, S., & Yadav, H. (2012). Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: A review. *FEMS Microbiology Letters*, 334(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2012.02593.x>
- Ohland, C. L., & Macnaughton, W. K. (2010). Probiotic bacteria and intestinal epithelial barrier function. *American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology*, 298(6), G807–G819. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00243.2009>
- Pasricha, S. R., Low, M., Thompson, J., Farrell, A., & De-Regil, L. M. (2014). Iron supplementation benefits physical performance in women of reproductive age: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of nutrition*, 144(6), 906–914. <https://doi.org/10.3945/jn.113.189589>
- Plaza-Díaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Gil-Campos, M., & Gil, A. (2019). Mechanisms of Action of Probiotics. *Advances in nutrition*, 10(1), S49–S66. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy063>
- Powers, S. K., & Jackson, M. J. (2008). Exercise-Induced Oxidative Stress: Cellular Mechanisms and Impact on Muscle Force Production. *Physiological Reviews*, 88(4), 1243-1276. <https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2007>
- Sivamaruthi, B. S., Periyannaina, K., & Chaiyasut, C. (2019). Effect of Probiotics Supplementations on Health Status of Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4469. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224469>
- Żólkiewicz, J., Marzec, A., Ruszczyński, M., & Feleszko, W. (2020). Postbiotics—A Step Beyond Pre- and Probiotics. *Nutrients*, 12(8), 2189. <https://doi.org/10.3390/nu12082189>