

Efecto de los probióticos en las carreras de fondo

Modalidad propuesta: **REVISIÓN**

*Propuesta de Trabajo Final de Máster:
Máster de Alimentación en la Actividad Física y el
Deporte*

Autora: Alba Denisse López Palau
Tutora del TFM: Paula Sol Ventura Wichner

Abril 2022

Índice

Resumen.....	3
1. Introducción.....	5
i. Microbiota intestinal y ejercicio.....	5
ii. Probióticos y ejercicio.....	6
2. Objetivos.....	8
3. Preguntas investigables.....	8
4. Metodología.....	9
4.1 Tipo de estudio.....	9
4.2 Criterios de selección de estudio.....	9
4.3 Justificación de criterios de selección de estudio.....	9
4.4 Diseño de estudio.....	9
5. Resultados.....	10
5.1 Efecto de <i>L. plantarum</i> TWK10 en el rendimiento deportivo.....	14
5.2 Efecto de los probióticos multicepa sobre la aptitud cardiorrespiratoria.....	15
5.3 Efecto de <i>Lactobacillus plantarum</i> PS128 sobre capacidad de ejercicio.....	15
5.4 Efecto de probióticos multicepa en los cambios fisiológicos durante la carrera.....	17
5.5 Efecto de OLP-01 sobre el rendimiento deportivo.....	18
5.6 Influencia de <i>Lactobacillus gasseri</i> CP2305 sobre niveles de estrés.....	19
5.7 Efecto de probióticos multicepa sobre los síntomas gastrointestinales.....	20
5.8 Efecto de <i>Lactobacillus casei</i> Shirota en respuesta inmunitaria.....	21
5.9 Efecto de los probióticos multicepa sobre niveles de linfocitos.....	22
5.10 Efecto de probatorio multicepa y las infecciones de tracto respiratorio superior.....	23
6. Discusión.....	24
6.1 Relación directa entre probióticos y rendimiento deportivo.....	24
6.1 Relación indirecta entre probióticos y rendimiento deportivo	26
7. Limitaciones.....	29
8. Aplicabilidad y nuevas líneas.....	30
9. Conclusión.....	32
10. Bibliografía.....	33

Resumen

Resumen: Debido a su alta demanda de esfuerzo físico, las carreras de fondo pueden afectar de forma aguda el sistema nervioso central y entérico, la fisiología del intestino y la microbiota intestinal. De los anteriores, la afectación de la microbiota intestinal puede derivar en problemas gastrointestinales y respiratorios que afectan negativamente el rendimiento deportivo. Una manera de influir en los problemas gastrointestinales de manera exógena es mediante el consumo de probióticos. Los probióticos son microorganismos vivos, que administrados en cantidades adecuadas confieren beneficios sobre la salud del huésped. El efecto entre la diversidad de la microbiota intestinal y el rendimiento deportivo no es clara. Comprender el papel de los probióticos en el rendimiento deportivo es de particular interés para los atletas que buscan mejorar sus resultados en competición y acortar el tiempo de recuperación durante fases de entrenamiento.

Metodología: Revisión bibliográfica de artículos recientes (<5 años) en revistas indexadas en UOC, NBCL, PubMed y Science Direct®. La búsqueda se realizó utilizando los siguientes términos en inglés o español “atleta”, “carrera fondo”, “probiótico” y “rendimiento”.

Resultados: Diez artículos cumplieron con todos los criterios de selección. De los anteriores, solo dos reportan una relación directa entre el rendimiento y el consumo de probióticos. Por otro lado, dos artículos mostraron una relación indirecta, mientras que los restantes seis artículos no mostraron una relación significativa.

Conclusión: Se encontró que el consumo de algunas cepas específicas de probióticos influyen en el incremento del rendimiento deportivo. Sin embargo, los artículos que evalúan el rendimiento deportivo en atletas de fondo son limitados. Por lo anterior se propone realizar más estudios que confirmen o refuten la información actual.

Palabras clave: atleta, carrera fondo, probiótico y rendimiento.

Abstract:

Background: Due to its high demand of physical effort, long-distance running can acutely affect the central and enteric nervous system, the intestine physiology and the intestinal microbiota. From the above, the impairment of the intestinal microbiota can lead to gastrointestinal and respiratory problems that negatively affect athletic performance. One way to exogenously influence gastrointestinal disorders is through the consumption of probiotics. Probiotics are live microorganisms, which confer health benefits on the host when administered in adequate amounts. The effect between gut microbiota diversity and sports performance is unclear. Understanding the role of probiotics in sports performance is of particular interest to athletes seeking to improve their performance in competition and improve recovery time during training phases.

Methodology: Bibliographic review of recent articles (<5 years) in journals indexed in UOC, NBCI, PubMed and Science Direct®. The search was performed using the following terms in English or Spanish: "athlete", "long-distance running", "probiotic" and "performance".

Results: Ten articles fulfilled all the selection criteria. Of the above, only two reported a direct relationship between performance and probiotic consumption. On the other hand, two articles showed an indirect relationship, while the remaining six articles showed no significant relationship.

Conclusion: The consumption of some specific probiotic strains was found to positively influence and increase athletic performance. However, articles evaluating sports performance in long-distance athletes are limited. Therefore, further studies are proposed to confirm or refute the current findings.

Keywords: athlete, long-distance running, probiotic and performance.

1. Introducción

Las carreras de fondo (CF) son aquellas carreras a pie cuya distancia comprende entre los 5 km hasta los 42,195 km, distancia conocida como maratón¹. La población general de Cataluña ha aumentado la elección y práctica de este tipo de deporte, según el Consell Català de l'Esport, el correr pasó de ser la 8ª a la 6ª actividad mayormente practicada por la población catalana, aumentando del 13,4%² al 17,1%³ entre el periodo del 2009 al 2019. A la par en los últimos años, ha habido un incremento en la asistencia a eventos deportivos de resistencia, incluyendo las CF⁴. Esto ha llevado a un aumento de la competitividad en estos eventos, así también como un aumento en búsqueda de ayudas ergogénicas para mejorar el rendimiento deportivo por parte de los atletas.

El entrenamiento de resistencia predomina en el volumen de trabajo de un corredor de fondo debido a su fuerte relación con el aumento de rendimiento⁵. Este tipo de entrenamientos pueden variar según la temporada, pero se estima que pueden alcanzar entre 10 a 14 sesiones que constituyen entre 80-120 kilómetros de carrera por semana, sobre todo en atletas de sub-élite y élite⁵.

Los entrenamientos o competiciones de CF como se ha hablado anteriormente pueden ser extenuantes, lo que puede llegar a afectar de forma aguda la fisiología del intestino, el sistema nervioso central y el sistema nervioso entérico que interactúan para adaptarse a los factores estresantes que conducen a las alteraciones en el flujo sanguíneo, la motilidad y la absorción de nutrientes^{6,7}. Actualmente, se han descrito tres mecanismos principales que influyen en la perturbación de la homeostasis del sistema gastrointestinal (GI): 1) hipoperfusión esplácnica y la isquemia posterior⁸; 2) daño mecánico al epitelio causado por movimiento de correr⁹; y 3) la pérdida de la integridad de la barrera epitelial en relación con la microbiota intestinal⁷.

Microbiota intestinal y ejercicio

La microbiota intestinal (MI) es un ecosistema diverso que consta de bacterias, arqueas, virus, protistas y comunidades fúngicas que viven en el intestino humano¹⁰. Entre sus principales acciones reconocidas destaca su capacidad de intervenir en la estabilidad y mejora de la inmunidad, funciones metabólicas, de nutrición y de protección contra agentes externos¹¹.

La MI puede ser alterada por el ejercicio, en especial el ejercicio de resistencia con esfuerzos físicos altos durante un tiempo prolongado, debido a los cambios sistémicos en el cuerpo, entre ellos, el aumento de oxidación estrés¹², permeabilidad intestinal⁸, desequilibrio electrolítico y agotamiento del glucógeno¹³. Por otro lado, la MI de forma

viceversa puede influir en la mejora del rendimiento deportivo del atleta, debido a su capacidad para absorber energía, modular el sistema inmunológico, regular la salud GI¹⁴ y revertir la respuesta inflamatoria después del ejercicio.^{15,16}

Los efectos beneficiosos de mejorar la diversidad de la MI pueden incluir una mejor salud del tracto intestinal, un sistema inmunitario mejorado, una mayor biodisponibilidad de nutrientes, una menor intolerancia a la lactosa, una menor prevalencia de alergias en personas susceptibles y una mejor salud mental¹⁷. Existen moduladores funcionales, que pueden influir en la mejora de la composición de la MI, conocidos como probióticos.

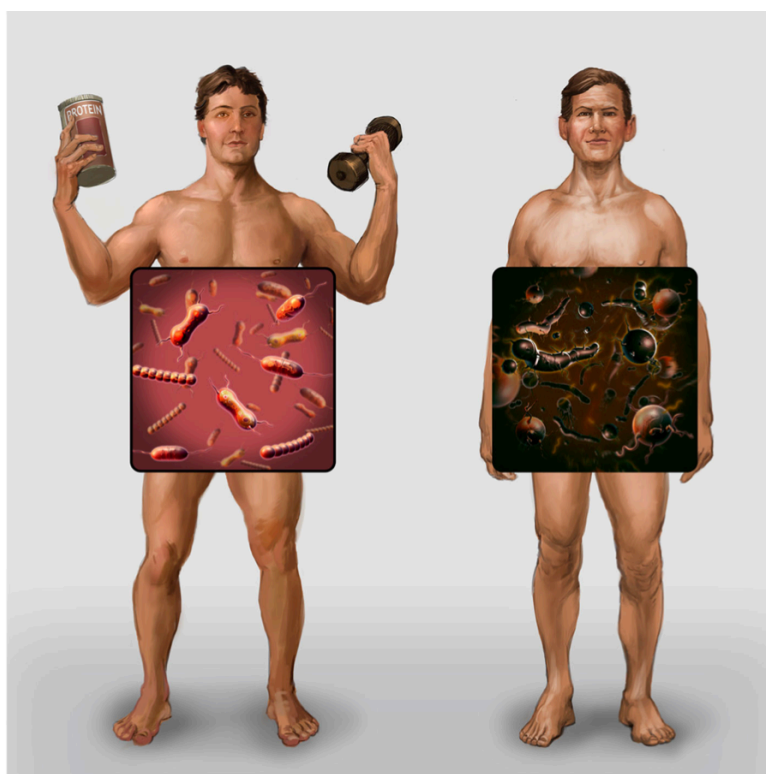


Figura 1. Representación de la diferencia de la microbiota intestinal de un atleta a un individuo sedentario. (Imagen por Stephen Somers, Milwaukee, WI, USA).

Probióticos y ejercicio

Los probióticos son “Microorganismos vivos, que administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficios sobre la salud del huésped”¹⁰. Microorganismos que se pueden obtenerse de los alimentos y de los complementos alimenticios¹¹.

El Instituto Australiano del Deporte (AIS), es una asociación reconocida mundialmente por llevar a cabo diversas iniciativas, entre las cuales destaca su labor de investigación y divulgación en el área de la nutrición y deporte. El AIS propone un

sistema de clasificación “ABCD”¹⁸, que clasifica los alimentos deportivos y los ingredientes de los suplementos en cuatro grupos, según la evidencia científica y otras consideraciones prácticas que determinan si un producto es seguro, está permitido y es eficaz para mejorar el rendimiento deportivo.

De acuerdo a la clasificación sugerida por la AIS, los probióticos pertenecen al grupo A y B, es decir, que los probióticos utilizados para la protección intestinal cuentan con sólida evidencia científica (grupo A)¹⁸ como las especies: *L. rhamnosus* GG a dosis de 4×10^{10} CFU en forma de bebida a base de leche, *B. bifidum* W23, *B. lactis* W51, *E. faecium* W54, *L. acidophilus* W22, *L. brevis* W63 y *L. lactis* W58, a dosis de 1×10^{10} UFC¹⁵. Por otro lado los probióticos utilizados para mejorar el soporte inmunológico son merecedores de mayor investigación (grupo B)¹⁸ como las especies: *L. casei* Shirota (LcS) a dosis de $6,5 \times 10^9$ UFC dos veces al día; *L. delbrueckii bulgaricus*, *B. bifidum* y *S. salivarius thermophilus* a dosis de 4×10^{10} UFC administrado en forma de bebida de yogur; *B. animalis* subsp. *lactis* BI-04 2×10^{10} UFC; *L. gasseri* $2,6 \times 10^9$ UFC, *B. bifidum* $0,2 \times 10^9$ y *B. largo* $0,2 \times 10^9$ UFC¹⁵; entre otros más. Sin embargo, aún no se cuenta con una clasificación para los probióticos relacionados con el rendimiento deportivo.

Dado el impacto potencial del ejercicio de resistencia sobre la microbiota y probióticos, esta relación ha recibido una importante atención de la investigación en los últimos años. De acuerdo al último congreso publicado por The International Society of Sports Nutrition en el 2019, los probióticos que mostraron influir en el rendimiento y recuperación de los atletas son: La especie *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* a dosis de 1×10^5 puede aumentar el VO₂max y la potencia aeróbica¹⁵; las especies *L. acidophilus* SPP, *L. delbrueckii bulgaricus*, *B. bifidum* y *S. salivarius thermophilus* a dosis de 4×10^{10} UFC administradas en forma de una lata de bebida de yogur pueden aumentar el VO₂máx¹⁵; Y la especie *L. plantarum* TWK10 a dosis de 1×10^{10} CFU ha sido demostrado que aumenta el rendimiento de resistencia.¹⁵

En la actualidad son muy escasos los estudios realizados que evalúen los efectos de los probióticos sobre el rendimiento deportivo, aunque existen numerosas evidencias de sus beneficios sobre la salud. Comprender si los probióticos juegan un papel en el rendimiento deportivo es de particular interés para los atletas que trabajan para mejorar sus resultados en competición, así como acortar el tiempo de recuperación durante fases de entrenamiento. Por lo tanto, el presente estudio pretende analizar la información más reciente para confirmar si con la toma de probióticos se puede incrementar el rendimiento deportivo, reducir el número de días de entrenamiento perdido por infección, y determinar cuáles son los más efectivos, ya que sus efectos son específicos por cepas

2. Objetivos

Objetivo general:

- Revisar la literatura científica actual para resumir y destacar la evidencia existente sobre el impacto entre el efecto de los probióticos y el rendimiento deportivo en atletas de carreras de fondo.

Objetivos específicos:

1. Examinar si el efecto de los probióticos mejoran el rendimiento deportivo mediante el aumento de volumen máximo de oxígeno (VO₂ máx).
2. Valorar si el efecto de los probióticos disminuyen el estado de fatiga a consecuencia de entrenamientos físicos y competencias de larga distancia.
3. Identificar si el efecto de los probióticos influyen en la disminución de complicaciones gastrointestinales a consecuencia de competencias de larga distancia.
4. Investigar si el efecto de los probióticos disminuyen e infecciones del tracto respiratorio superior a consecuencia de competencias de larga distancia.

3. Preguntas investigables

P	Population / Población	Atletas de carrera de fondo
I	Intervention / Intervención	Consumo de probióticos
C	Comparators / Comparación	Nulo consumo de
O	Outcome / Resultado	Mejora del rendimiento

Tabla 1. Formulación y estructuración de las preguntas clínicas en formato PICO.

¿La complementación de probióticos puede mejorar el rendimiento deportivo en atletas de carreras de fondo? En caso de ser afirmativo:

- a. ¿En qué aspectos los probióticos podrían influir en la mejora del rendimiento?
- b. ¿Qué tipo de cepa y cantidad es necesaria para observar la influencia de los probióticos con el rendimiento deportivo?

4. Metodología

4.1 Tipo de estudio: Investigación de revisión bibliográfica.

Método prisma: Para la elaboración del este estudio, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA (2020), para la correcta realización de revisiones bibliográficas. A continuación, se detalla el proceso de elaboración en sus distintas fases y se definirá los criterios de inclusión y exclusión.

4.2 Criterios de selección de estudio:

Inclusión	Atletas de carrera de fondo superiores a 10000 mts. Rango de edad entre 18 a 60 años.
	Artículos científicos primarios.
	Artículos científicos cuya redacción sea español o inglés.
	Fecha de publicación no mayor a 5 años.
Eliminación	Atletas de deportes mixtos (Ejemplo: triatlón)
	El consumo de probióticos igual o menor a 14 días.
	Artículos científicos secundarios.

Tabla 2. Características de los criterios de selección de estudio.

4.3 Justificación de criterios de selección:

- Artículos secundarios: En esta investigación se incluyen solamente artículos primarios cuya finalidad es analizar la información sin el sesgo de la interpretación de intermediarios.
- Consumo de probióticos \geq 14 días: The International Society of Sports Nutrition (ISSN) mencionan que el tiempo de adaptación del organismo al probióticos es de aproximadamente 14 días¹⁴, por lo tanto destacan tener precaución al evaluar los estudios con un periodo similar o más corto de complementación con probióticos.
- Modalidades mixtas: Se hace referencia a modalidad mixta a los deportes que combine el atletismo con ciclismo o natación como por ejemplo triatlón, debido a que solo se desea evaluar los efectos de los probióticos en el deporte de atletismo, concretamente carreras de larga duración.

4.4 Diseño de estudio: Investigación documental

Se realizó la búsqueda en plataformas electrónicas especializadas como la biblioteca de la Universidad Oberta de Catalunya (UCO), National Center for Biotechnology

Information (NBCI), PubMed Central® y Science Direct®. Las palabras claves utilizadas fueron: atleta (athlete), carrera fondo (running), probiótico (probiotic), rendimiento (performance), palabras en castellano e inglés.

Los filtros para realizar la selección de artículos adecuados para la presente revisión fueron los siguientes:

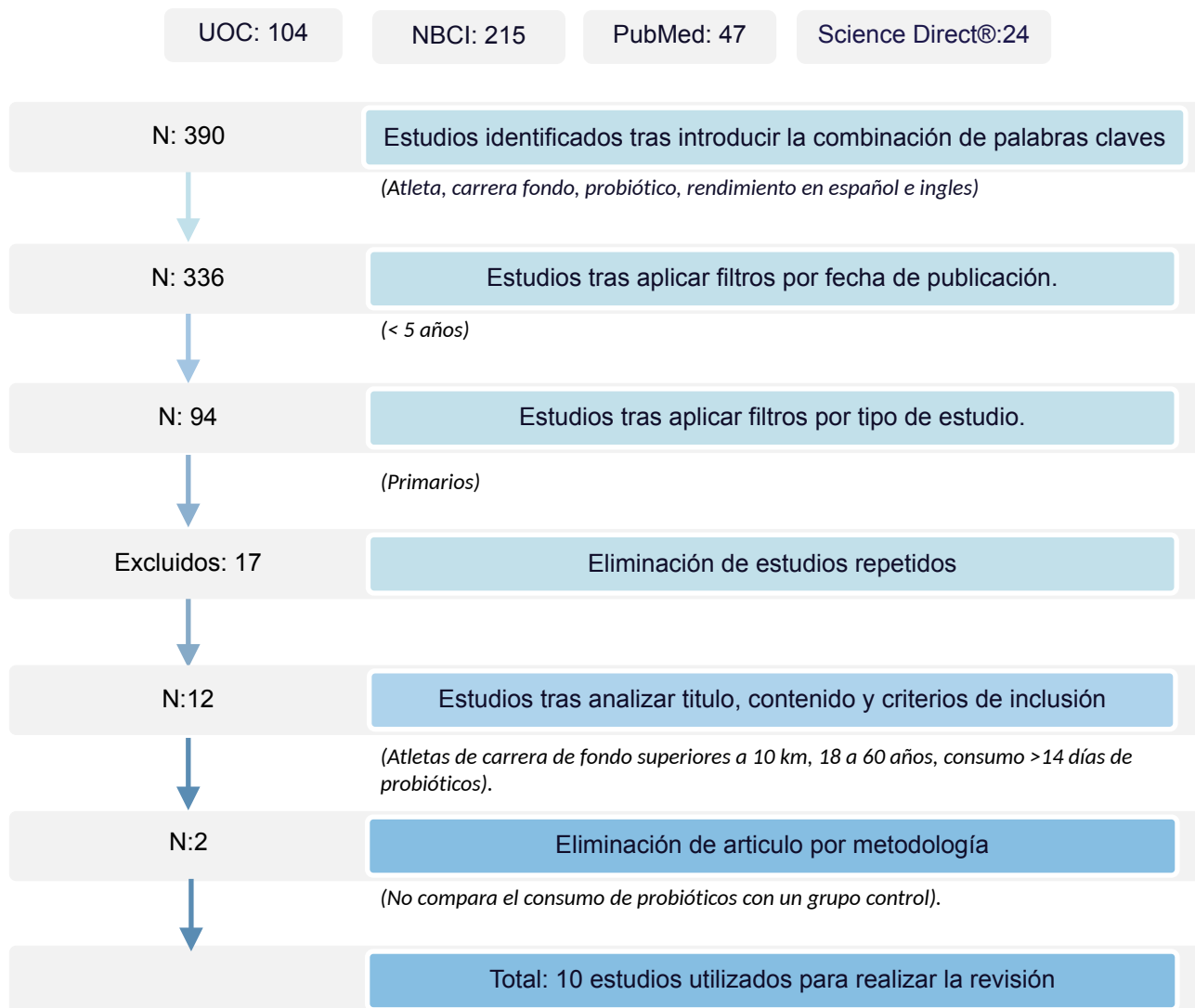


Figura 1. Diagrama de flujo. Elaboración propia.

5. Resultados

Se encontró una totalidad de 390 artículos al usar las palabras clave en las 4 diferentes plataformas de búsqueda. El número total fue reducido a 94 tras filtrar por fecha de publicación y tipo de estudio. Se excluyeron 17 artículos que se encontraban repetidos, de los 77 artículos restantes se procedió a descartar por título, resumen,

criterios de inclusión y exclusión, eliminando 65. Finalmente se excluyen 2 artículos porque en su metodología no se compara el consumo de probióticos con un grupo control, dejando una totalidad de 10 artículos afines para el presente estudio.

Para facilitar la comprensión e integración de la información, los resultados de este estudio se reportarán siguiendo las pautas y elementos de la declaración PRISMA 2020 para la revisión bibliográfica. Los resultados se muestran de manera grupal e individual. En la Tabla 3 se encuentran los aspectos más relevantes y resumidos de todos los resultados de los estudios seleccionados. En las tablas 4 a 12 se muestran los datos específicos y detallados de los resultados de estudios seleccionados.

Tabla 3. Características principales de los artículos revisados

N	Autores	Muestra	Metodología	Resultados
1	W. Huang, et al. 2018 ¹⁹	16 varones entre 20 a 40 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 cápsula con 1×10^{11} UFC <i>L. plantarum</i> TWK10, durante 6 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - \uparrow Glucosa después de agotamiento y \uparrow 1,58 veces en la mejora del rendimiento en comparación con el del grupo de placebo. - NS en la disminución de esfuerzo percibido, niveles de lactato, AGL y CK en sangre.
2	M. Vaisberg, et al. 2019 ²⁰	42 corredores varones entre 30 a 50 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 botella (80g) de leche fermentada con 40×10^9 células vivas de la cepa <i>Lactobacillus casei</i> Shirota (LcS), 30 días antes del maratón.	<ul style="list-style-type: none"> - El grupo LcS \uparrow niveles nasales de IL-10, \downarrow IL-1, IL-5, IL-6, IL-13 y TNF-α. - El grupo LcS tuvo niveles \downarrow TNF-α en comparación del grupo placebo. - NS en \downarrow de síntomas respiratorios en comparación con grupo de placebo.
3	D. Sawada, et al. 2019 ²¹	49 corredores varones entre 18 a 22 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 botella (200ml) con 1×10^{10} células inactivas de CP2305, durante 12 semanas.	<ul style="list-style-type: none"> - NS en mejora del rendimiento deportivo o en la calidad de sueño. - Grupo CP2305 \downarrow la sensación de ansiedad, estado de ánimo depresivo y cromogranina en lugar de cortisol. - Grupo CP2305 evitó significativamente la pérdida del contenido de Hb y mejoró las concentraciones de HC durante el entrenamiento. - Grupo CP2305 \uparrow la composición de Faecalibacterium y evitó \downarrow de Bifidobacterium.
4	J. Pugh et al. 2019 ²²	24 corredores (20 varones, 4 mujeres) entre 28 a 43 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 cápsula con <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL60, <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL21, <i>Bifidobacterium bifidum</i> CUL20 y <i>Bifidobacterium animalis subs p. Lactis</i> CUL34, correspondiente a 2.5×10^{10} UFC durante 28 días antes del maratón.	<ul style="list-style-type: none"> - En grupo de probióticos, hubo \downarrow en el número y \downarrow días de síntomas moderados notificados. No hubo diferencias en el grupo de placebo. - Durante la carrera los síntomas GI fueron significativamente \downarrow en grupo probiótico en comparación con el grupo placebo durante el último tercio de la carrera

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), \uparrow (Mayor/aumento) \downarrow (Menor/disminución), **NS** (No significativo). **AGL** (ácido graso libre), **CK** (creatininasa), **LcS** (*Lactobacillus casei* Shirota), **NS** (No significativo), **ITRS** (Infección de tracto respiratorio superior) y **TNF α** (Factor de Necrosis Tumoral Alfa), **VO2max** (consumo máximo de oxígeno), **Ve** (ventilación por minuto), **IL** (Interleucina), **SOD** (dismutasa), **CAT** (catalasa) y **GI** (Gastrointestinal).

Continuación de la Tabla 3

N	Autores	Muestra	Metodología	Resultados
5	H. Batatinha et al. 2020 ²³	27 maratonistas varones de entre 30 y 45 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 sobre (5g) con <i>Bifidobacterium animalis. subesp. Lactis</i> 10×10^9 y <i>Lactobacillus Acidophilus</i> 10×10^9 UFM durante 30 días.	- La suplementación con probióticos no impidió las ITRS, pero mantuvo el total de células T CD8 y los fenotipos de memoria después de la carrera. A su vez induce inmunomodulación en los linfocitos.
6	J. Smarkusz et al. 2020 ²⁴	66 corredores hombres y mujeres de 20 a 60 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 2 cápsulas con <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 en dosis de $29,5 \times 10^9$ UFC (1 cápsula), durante 3 meses.	- En hombres que consumieron probióticos hubo \uparrow en el VO ₂ max, Ve, Capacidad funcional, reserva respiratoria y la capacidad de ejercicio. - En ambos grupos de hombres y mujeres que consumieron probióticos, se observó \downarrow significativo de la concentración de TNF α .
7	C. Lin, et al. 2020 ²⁵	21 corredores (14 varones y 7 mujeres) entre 20 a 30 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 3 cápsulas con OLP-1 L, correspondiente a $1,5 \times 10^{10}$ UFC/día; durante 35 días.	- NS resultados de test de Cooper, composición corporal, función hepática, función renal, lípidos en sangre, y hemograma entre ambos grupos. - Suplementación con OLP-01, \uparrow 8 veces la cantidad de <i>Bifidobacterium</i> y nueve veces la cantidad de <i>Lactobacillus</i> en comparación al grupo placebo.
8	S. Fu, et al. 2021 ²⁶	8 corredores varones entre 25 a 29 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 2 cápsulas con PS128, correspondiente a 3×10^{10} UFC/cápsula, durante 4 semanas.	- NS en el tiempo para completar la media maratón, potencia anaeróbica, índice de fatiga, fuerza explosiva de las extremidades inferiores, y consumo máximo de oxígeno, antes y después de la media maratón en ambos grupos. - Niveles de SOD a las 3 h post, 24 h post y 48 h post fueron significativamente menor en el grupo estudio (PS128) y fue significativamente mayor a los 72 h post y 96 h post etapas. - NS niveles en CAT en ningún momento entre los dos tratamientos

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), \uparrow (Mayor/aumento) \downarrow (Menor/disminución), **NS** (No significativo). **AGL** (ácido graso libre), **CK** (creatininasa), **LcS** (*Lactobacillus casei* Shirota), **NS** (No significativo), **ITRS** (Infección de tracto respiratorio superior) y **TNF α** (Factor de Necrosis Tumoral Alfa), **VO₂max** (consumo máximo de oxígeno), **Ve** (ventilación por minuto), **IL** (Interleucina), **SOD** (dismutasa), **CAT** (catalasa) y **GI** (Gastrointestinal).

N	Autores	Muestra	Metodología	Resultados
9	E. Tavares, et al. 2021 ²⁷	14 corredores varones entre 36 a 43 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 cápsula con <i>Lactobacillus acidophilus</i> LB-G80, <i>Lactobacillus paracasei</i> LPc-G110, <i>Lactococcus subsp. lactis</i> LLL-G25, <i>Bifidobacterium animalis subsp. lactis</i> -BL-G101 y <i>Bifidobacterium bifidum</i> -BB-G90, correspondiente a 5×10^9 UFC/día, durante 30 días antes del maratón.	<ul style="list-style-type: none"> - La suplementación con probióticos no impidieron las ITRS. - NS en IgA, glutamina o TNF-alfa entre ambos grupos y tiempos. - La suplementación con probióticos induce inmunomodulación. ↓ de IL-6 y ↑ de IL-10 en carrera en grupo de probióticos. - ↓ en el flujo salival después de la carrera y 1 h después en ambos grupos.
10	J. Pugh et al. 2021 ²⁸	24 corredores (20 varones, 4 mujeres) entre 28 a 43 años.	Diferencia entre el consumo de placebo y 1 cápsula con <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL60, <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL21, <i>Bifidobacterium bifidum</i> CUL20 y <i>Bifidobacterium animalis subs p. Lactis</i> CUL34, correspondiente a 2.5×10^{10} UFC durante 28 días antes del maratón.	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados NS en la biopsia de músculo esquelético después de la maratón entre ambos grupos de tratamiento. - Grupo placebo ↑ significativa de glutatió y 3-hidroxi-butirato. El citrato, lactato, también se vieron alterados significativamente en comparación del grupo probiótico. - Grupo placebo ↓ alanina y la arginina después del maratón.

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución), **NS** (No significativo), **AGL** (ácido graso libre), **CK** (creatinquinasa), **LcS** (*Lactobacillus casei* Shirota), **NS** (No significativo), **ITRS** (Infección de tracto respiratorio superior) y **TNFα** (Factor de Necrosis Tumoral Alfa), **VO2max** (consumo máximo de oxígeno), **Ve** (ventilación por minuto), **IL** (Interleucina), **SOD** (dismutasa), **CAT** (catalasa) y **GI** (Gastrointestinal).

En las siguientes tablas (4 a 12) se aborda de una manera más detallada la metodología y resultados de cada artículo seleccionado. A su vez, se indica con qué objetivo del presente estudio se encuentra relacionado.

A Artículos que se relacionan con rendimiento deportivo

Las Tablas 4, 5, 6 7 y 8, muestran los resultados de artículos^{19,24,25,26,28} donde se estudia el efecto y asociación del consumo de probióticos con el rendimiento deportivo.

B Artículos que se relacionan con el estado de fatiga

La Tabla 9, muestra el resultado del artículo²¹ donde se estudia el efecto del consumo de probióticos con el estado de fatiga.

C Artículos que se relacionan con complicaciones gastrointestinales

La Tabla 10, muestra el resultado del artículo²² donde se estudia el efecto del consumo de probióticos con las complicaciones del tracto GI.

D Artículos que se relacionan con infecciones del tracto respiratorio superior

Las Tablas 11, 12 y 13 muestran los resultados de artículos^{20,23,27} donde se estudia el efecto de probióticos sobre la incidencia de las infecciones de tracto respiratorio.

5.1 Efecto de *L. plantarum* TWK10 en el rendimiento deportivo.

L. plantarum TWK10 es un tipo de planta Lacto-bacilo aislada de verduras en escabeche de Taiwán²⁹. Esta bacteria ha sido estudiada por W. Huang y colaboradores. En la Tabla 4 se encuentran los resultados de su último estudio donde evalúan los efectos de la suplementación de TWK10 y los cambios en la microbiota intestinal durante el ejercicio excesivo y la competición en deportistas de resistencia.¹⁹

Parte A. Artículos que se relacionan con rendimiento deportivo

Tabla 4. Effect of Lactobacillus Plantarum TWK10 on Improving Endurance Performance in Humans¹⁹.

Objetivos	Identificar efecto de suplementación con TWK10 sobre rendimiento del ejercicio y fisiología para futuras aplicaciones.	
Tipo de estudio	Estudio con prueba doble ciego	
Ámbito	Lugar	Taiwán
	Sujetos	16 varones entre 20 a 40 años de edad, sin entrenamiento atlético profesional.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 6 semanas de 1 cápsula/día, después de la comida. <ul style="list-style-type: none"> - Grupo estudio: Una cápsula que contenía 1×10^{11} UFC <i>L. plantarum</i> TWK10, maltodextrina, polvo de suero permeado desproteínizado, lactosa y celulosa microcristalina. - Grupo placebo: 1 cápsula que contenía los mismos ingredientes sin <i>L. plantarum</i> TWK10.
	Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Cinta de correr con protocolo de Bruce para determinar VO_2 máx. - Analizador autorespiratorio para determinar absorción de O_2. - Escala de Borg para predecir estado de fatiga. - Análisis de sangre para evaluar ácido láctico, amoníaco, glucosa, AGL y CK.
	Variables	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación: Dieta normal, sin consumo de bebidas alcohólicas, yogur o productos probióticos. El día de la prueba, se les indico a los sujetos consumir un desayuno estandarizado de 393 kcal (que contiene energía como 61,7 % de carbohidratos, 11,7 % de proteínas y 26,6 % de grasa) antes de cada prueba. - Ejercicio: <i>Sin especificar</i>
Aspecto ético	<i>Sin especificar</i>	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - El grupo de TWK10 mostró $\uparrow 1,58$ veces la mejora en el rendimiento en comparación con el del grupo de placebo . - El grupo de TWK10 mostró un \uparrow significativo de glucosa, posterior a la prueba de esfuerzo en comparación con el del grupo de placebo . - Resultado NS en la disminución de esfuerzo percibido, niveles de lactato, AGL y CK en sangre. 	
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeña población de estudio - Pequeña cantidad de puntos de muestreo durante el período de ejercicio. 	
Conclusiones	La suplementación mejoró significativamente la capacidad de resistencia aeróbica y la obtención de energía en este estudio clínico.	

Abreviaciones: **UFM** (Unidades formadoras de colonias), **VO_2 máx** (Volumen de oxígeno máximo), **O_2** (Oxígeno), **AGL** (ácido graso libre), **CK** (creatincinasa), \uparrow (Mayor/aumento) \downarrow (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

5.2 Efecto de los probióticos multicepa sobre la aptitud cardiorrespiratoria.

J. Smarkusz y colaboradores, realizaron un estudio para evaluar el efecto de un probiótico multicepa en la composición corporal, la aptitud cardiorrespiratoria y la inflamación, en corredores de larga distancia²⁴. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 5.

Parte A. Artículos que se relacionan con rendimiento deportivo

Tabla 5. Analysis of the Impact of a Multi-Strain Probiotic on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness in Long-Distance Runners.²⁴

Objetivos	Evaluar el efecto de un probiótico multicepa en la composición corporal, la aptitud cardiorrespiratoria y la inflamación del cuerpo.	
Tipo de Estudio	Estudio aleatorizado doble ciego	
Ámbito	Lugar	Polonia
	Sujetos	66 corredores hombres y mujeres de 20 a 60 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 3 meses de 2 cápsulas al día. - Grupo estudio: 2 cápsulas con <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 en dosis de $29,5 \times 10^9$ UFC (1 cápsula). - Grupo placebo: 2 cápsulas con maltodextrina.
	Herramientas	- Bioimpedancia eléctrica (InBody770) para evaluar composición corporal (peso, grasa corporal, grasa visceral, masa muscular, y agua corporal). - Para determinar la aptitud cardiorrespiratoria es utilizó el dispositivo Fitmate MED y cinta rodante, utilizando el protocolo de Bruce. - Analítica sanguínea para evaluar estado de inflamación, al determinar PCR y TNF α .
	Variables	Alimentación y ejercicio: <i>Sin especificar</i>
Aspecto ético	- Normas de ética definidas por la declaración de Helsinki. - Consentimiento firmado por parte de los participantes.	
Resultados	- NS en la composición corporal de ambos grupos. - En mujeres que consumieron placebo hubo un \uparrow estadísticamente significativo en la frecuencia respiratoria. - En hombres que consumieron probióticos hubo \uparrow estadísticamente significativo en el VO ₂ max, Ve, capacidad funcional, reserva respiratoria y la capacidad de ejercicio. - En ambos grupos de hombres y mujeres que consumieron probióticos, se observó un \downarrow estadísticamente significativo de la concentración de TNF α .	
Limitaciones	El autor no describe las limitaciones de su estudio, sin embargo, se puede destacar que carece de un protocolo nutricional previo y durante la carrera.	
Conclusiones	La suplementación demostró el efecto beneficioso sobre los parámetros de aptitud cardiorrespiratoria en personas que practican deportes de resistencia (estadísticamente significativo solo en hombres).	

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **PCR** (Proteína C reactiva), **TNF α** (Factor de Necrosis Tumoral Alfa), \uparrow (Mayor/aumento) \downarrow (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

5.3 Efecto de *Lactobacillus plantarum* PS128 sobre capacidad de ejercicio.

PS128 es un aislado de fu-tsai, un producto alimenticio vegetal fermentado tradicional taiwanés³⁰. S. Fu y colaboradores, realizaron un estudio para evaluar el efecto del probiótico PS128 en la recuperación de la capacidad de ejercicio y el nivel de daño muscular en corredores recreativos después de realizar una media maratón²⁶. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 6.

Parte A. Artículos que se relacionan con rendimiento deportivo

Tabla 6. Effect of Daily Oral PS128 on Exercise Capacity Recovery after a Half-Marathon.²⁶

Objetivos	Investigar el efecto de PS128 sobre la capacidad de ejercicio y la adaptación fisiológica después de una media maratón.	
Tipo de Estudio	Ensayo doble ciego, aleatorizado, controlado con placebo, contrapesado y cruzado.	
Ámbito	Lugar	Taiwan
	Sujetos	8 corredores varones entre 25 a 29 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 4 semanas de 2 cápsulas (425 mg) diario con probiótico o placebo, por la mañana y noche, antes de las comidas. - Grupo estudio: 2 cápsula con PS128, correspondiente a 3×10^{10} UFC/cápsula. - Grupo placebo: 2 cápsulas de celulosa microcristalina.
	Herramientas	- Dinamometro para medir la fuerza muscular de las extremidades inferiores. - Test anacrónico de Wingate, se llevó a cabo para determinar la potencia anaeróbica y el índice de fatiga. - Protocolo de Bruce en cinta rodante, para determinar la capacidad aeróbica. - El salto con contramovimiento, fue utilizado para probar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores de los participantes. - Análisis de sangre para evaluar indicadores de fatiga muscular (BCAA y NH ₃), indicadores de daño muscular (mioglobina, LDH y CPK; indicadores de lesión renal (BUN) e indicadores de estrés oxidativo, (SOD y CAT).
	Variables	- Alimentación: Sin especificar, se prohíbe a los participantes consumir otros probióticos, como productos fermentados, vitaminas, minerales, medicina china y antibióticos, durante el estudio. - Ejercicio: Sin especificar
Aspecto ético	- Normas de ética definidas por la declaración de Helsinki. - Consentimiento firmado por parte de los participantes. - NS en el tiempo para completar la media maratón, entre ambos grupos.	
Resultados	- NS en potencia máxima anaeróbica, la potencia media, índice de fatiga, fuerza explosiva de las extremidades inferiores y consumo máximo de oxígeno, antes y después de la media maratón en ambos grupos. - Niveles de SOD a las 3 h post, 24 h post y 48 h post fueron ↓ significativamente menor en el grupo PS128 y fue significativamente ↑ a los 72 h post y 96 h post etapas. - NS en CAT en ningún momento entre los dos grupos.	
Limitaciones	Pequeña población de estudio.	
Conclusiones	La suplementación con PS128 se asoció con una mejora en el daño muscular, daño renal y estrés oxidativo causado por correr medio maratón, a través de la modulación de la microbiota y metabolitos relacionados, pero no en la capacidad de ejercicio.	

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **BCAA** (aminoácidos de cadena ramificada), **NH₃** (amoníaco), **LDH** (lactato deshidrogenasa), **CPK** (creatinina fosfoquinasa), **BUN** (nitrógeno ureico en sangre), **SOD** (dismutasa), **CAT** (catalasa), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

5.4 Efecto de probióticos multicepa en los cambios fisiológicos durante la carrera

J. Pugh y colaboradores, investigaron los efectos de la suplementación de probióticos multicepa en los síntomas y marcadores gastrointestinales, y su respuesta inmunitaria, en corredores de maratón²⁸. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 7.

Parte A. Artículos que se relacionan con rendimiento deportivo

Tabla 7. Four Weeks of Probiotic Supplementation Alters the Metabolic Perturbations Induced by Marathon Running.²⁸

Objetivos	Generar nuevas hipótesis y, posteriormente, caracterizar mejor los mecanismos por los cuales la suplementación con probióticos puede incurrir en efectos fisiológicos beneficiosos durante la carrera de la Maratón.	
Tipo de Estudio	Ensayo doble ciego, aleatorizado en bloques y de pares emparejados.	
Ámbito	Lugar	Inglaterra
	Sujetos	24 corredores (20 hombres, 4 mujeres) entre 28 a 43 años.
	Protocolo	Consumo durante 28 días de 1 cápsula diaria con probiótico o placebo después de la primera comida. El día de la carrera (maratón) se indicó el consumo de 1 cápsula adicional. <ul style="list-style-type: none"> - Grupo estudio: 1 cápsula con <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL60, <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL21, <i>Bifidobacterium bifidum</i> CUL20 y <i>Bifidobacterium animalis subs p. Lactis</i> CUL34, correspondiente a 2.5×10^{10} UFC. - Grupo placebo: 1 cápsula con 300 g de maltodextrina. <p>Las 24 horas anteriores a la carrera, los participantes consumieron una dieta estandarizada alta en CHO y baja en fibra: 8,0 g/kg de CHO (0,28 g de fibra); 2,0 g/kg de proteína y 1,0 g/kg de grasa. Durante la carrera los participantes consumieron 66 g/h de CHO aproximadamente.</p>
Trabajo de Campo	Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de sangre - Toma de biopsia muscular del vastus lateralis antes e inmediatamente después de la maratón. <p>Se realizaron los cuestionarios y análisis en 3 tiempo diferentes: antes de iniciar la suplementación, 6 y 12 semanas después de la suplementación.</p>
	Variabes	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación: habitual, se prohíbe a los participantes consumir otros probióticos, como productos fermentados, yogur, durante el estudio. - Ejercicio: Sin especificar
Aspecto ético	<ul style="list-style-type: none"> - Normas de ética definidas por la declaración de Helsinki. - Consentimiento firmado por parte de los participantes. 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados NS en la biopsia de músculo esquelético después de la maratón entre ambos grupos de tratamiento. - Grupo placebo ↑ significativa de glutatí y 3-hidroxiubutirato. El citrato, lactato, también se vieron alterados significativamente en comparación del grupo probiótico por la carrera de Marathon. - Grupo placebo ↓ alanina y la arginina después del maratón. 	
Limitaciones	El autor no describe las limitaciones de su estudio, sin embargo, se puede destacar que la población de estudio es pequeña y la proporción de hombres y mujeres no es igual.	
Conclusiones	La suplementación demostró un efecto potencialmente protector sobre las perturbaciones metabólicas inducidas por un maratón. Pero se necesitan más estudios sobre nutrición deportiva y durante el ejercicio para mejorar la contextualización biológica de los datos metabolómicos y para identificar los mecanismos que sustentan los efectos metabólicos favorables de los probióticos durante el ejercicio de resistencia.	

AbreviaAbreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **CHO** (hidratos de carbono), **GI** (Gastrointestinal), **IL** (Interleucinas), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución) y **NS** (No significativo). 17

5.5 Efecto de OLP-01 sobre el rendimiento deportivo.

OLP-01 es un probiótico de cepa humana derivado de *Bifidobacterium longum subsp. Longum*, que fue aislado de una medallista de oro en levantamiento de pesas²⁵. C. Lin y colaboradores, realizaron un estudio para evaluar el efecto del probiótico OLP-01 en rendimiento del ejercicio de resistencia y su adaptación fisiológica²⁵. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 8.

Parte A. Artículos que se relacionan con rendimiento deportivo

Tabla 8. OLP-01 Supplementation during Endurance Running Training Improves Exercise Performance in Middle- and Long-Distance Runners.²⁵

Objetivos	Explorar los efectos de la suplementación con OLP-01 en rendimiento del ejercicio de resistencia y adaptación fisiológica.	
Tipo de Estudio	Estudio aleatorizado doble ciego controlado con placebo.	
Ámbito	Lugar	Taiwan
	Sujetos	21 corredores (14 hombres y 7 mujeres) dentre 20 a 30 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 35 días de 3 cápsulas/ día después de cada comida. - Grupo estudio: 3 cápsula con OLP-1 L, correspondiente a $1,5 \times 10^{10}$ UFC/día. - Grupo placebo: 3 cápsulas de placebo.
	Herramientas	- Test de Cooper, método preliminar y simple para evaluar la resistencia aeróbica y la aptitud física de los sujetos. - Bioimpedancia eléctrica (InBody570) para evaluar composición corporal (peso, grasa corporal, grasa visceral, masa muscular, y agua corporal). - Análisis de sangre para evaluar las adaptaciones fisiológicas y la bioquímica del lactato, amoníaco, CK, glucosa, AST, ALT, proteína total, CT, TG, HDL, LDL, BUN, creatinina y ácido úrico. - Muestras fecales
	VARIABLES	Durante el estudio el nutriólogo del equipo especificó la dieta y proporcionó la misma comida para garantizar la consistencia de la dieta.
Aspecto ético	- Consentimiento firmado por parte de los participantes.	
Resultados	- NS en la suplementación con OLP-01 sobre el test de Cooper o composición corporal	
	- NS en peso, IMC, grasa corporal (%) entre ambos grupos. El grupo placebo tuvo ↓ significativa de masa muscular después de la intervención.	
	- NS en función hepática (AST, ALT, ALB y proteína total), en función renal (BUN, nitrógeno ureico, creatinina y ácido ureico), lípidos en sangre (CT, TG, HDL y LDL) y analítica sanguínea (eutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos o plaquetas) entre ambos grupos.	
	- Suplementación con OLP-01, ↑ ocho veces la cantidad de <i>Bifidobacterium</i> y nueve veces la cantidad de <i>Lactobacillus</i> en comparación al grupo placebo.	
Limitaciones	El número de participantes era pequeño y la proporción de hombres y mujeres no podía ser igual. Además las pruebas e intervenciones se coordinaron con el programa de entrenamiento del equipo, por lo tanto, no se pudo intervenir durante mucho tiempo o estudiar el efecto de los cambios durante el ejercicio o la recuperación.	
Conclusiones	La suplementación combinada con ejercicio regular aún puede mejorar efectivamente el rendimiento del ejercicio de resistencia y aumentar el B. longum en corredores bien entrenados de media y larga distancia.	

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **CK** (creatinina quinasa), **AST** (aspartato transaminasa), **ALT** (alanina aminotransferasa), **ALB** (Albúmina), **CT** (Colesterol total), **TG** (Triglicéridos), **HDL** (lípidos de alta densidad), **LDL** (niveles de lípidos de baja densidad), **BUN** (nitrógeno ureico en sangre), **IMC** (Índice de masa corporal), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

5.6 Influencia de *Lactobacillus gasseri* (CP2305) sobre niveles de estrés.

D. Sawada, y colaboradores, investigaron la influencia de la ingesta diaria de CP2305 en corredores que participaron en "Izumo All Japan University Ekiden", carrera de relevos popular en Japón que consiste en 45,1 km²¹. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 9.

Parte B. Artículos que se relacionan con el estado de fatiga

Tabla 9. Daily intake of *Lactobacillus gasseri* CP2305 relieves fatigue and stress- T related symptoms in male university Ekiden runners.²¹

Objetivos	Investigar si la ingesta diaria de CP2305 paraprobiótico ejerce efectos beneficiosos en los corredores universitarios de élite de Ekiden (carrera de relevos de larga distancia).	
Tipo de Estudio	Ensayo clínico doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo	
Ámbito	Lugar	Tokio, Japón
	Sujetos	49 estudiantes universitarios varones, de 18 a 22 años de edad.
	Protocolo	Consumo durante 12 semanas de 1 botella (200 ml)/día - Grupo estudio: 1 botella con CP2305 activado, correspondiente a 1 × 10 ¹⁰ células bacterianas. - Grupo placebo: 1 botella sin CP2305.
Trabajo de Campo	Herramientas	- Cuestionarios: Chalder Fatigue Scales (CFS), State Trait Anxiety inventory (STAI), the Hospitality Anxiety and Depression Scale (HADS) y Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI global) para evaluar salud física y mental. - Análisis de sangre para evaluar: PT, Alb, T-Bil, AST, ALT, LDH, ALP, γ-GTP, BUN, Cre E IGF-1, TF Y HC - Muestra de saliva para evaluar cortisol y cromogranina A. - Análisis de la expresión génica de los leucocitos periféricos utilizando micromatrices de ADN. Se realizaron los cuestionarios y análisis en 3 tiempo diferentes: antes de iniciar la suplementación, 6 y 12 semanas después de la suplementación.
	Variables	Durante la duración del experimento se indicó a los sujetos que continuaran con sus hábitos habituales de alimentación, ejercicio y sueño durante todo el estudio; sin embargo, se prohibieron los alimentos enriquecidos con bacterias del ácido láctico.
Aspecto ético	<ul style="list-style-type: none"> - Normas de ética definidas por la declaración de Helsinki. - Consentimiento firmado por parte de los participantes. 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - NS en el rendimiento deportivo o en la calidad de sueño según el cuestionario PSQI entre ambos grupos. - Grupo CP2305 ↓ puntuación de CFS y STAI, además mejoró significativamente la sensación de ansiedad y estado de ánimo depresivo según el cuestionario HADS. - Grupo CP2305 ↓ significativamente las concentraciones salivales de cromogranina en lugar de cortisol, donde no se observó diferencia significativa. - Grupo CP2305 evitó significativamente la pérdida del contenido de Hb durante el entrenamiento en comparación con el placebo y mejoró las concentraciones de HC. - Grupo CP2305 ↑ ignificativamente la composición de Faecalibacterium y evitó la reducción de Bifidobacterium durante el período de ingestión. 	
Limitaciones	El autor no describe las limitaciones de su estudio, sin embargo, se puede destacar que carece de un protocolo nutricional previo y durante la carrera.	
Conclusiones	La suplementación fue eficaz para recuperarse de la fatiga y aliviar la ansiedad y el estado de ánimo depresivo durante el vigoroso período de entrenamiento. Sin embargo, no se pudo etectar ninguna diferencia significativa en el rendimiento físico entre el grupo CP2305 y el grupo placebo.	

Abreviaciones: **PT** (proteína total), **Alb** (Albumina, T-Bil (Bilirubina Total), **AST** (as-partato aminotransferasa), **ALT** (alanina aminotransferasa), **LDH** (lactato deshidrogenasa), **ALP** (fosfatasa alcalina), **γ-GTP** (γ-glutamil transpeptidasa), **BUN** (nitrógeno ureico en sangre), **Cre** (Creatinina), **TF** (Transferina), **HC** (hormona de crecimiento), **IGF-1** (factor de crecimiento similar a la insulina 1), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

5.7 Efecto de probióticos multicepa sobre los síntomas gastrointestinales.

J. Pugh y colaboradores, investigaron los efectos de la suplementación de probióticos multicepa en los síntomas y marcadores gastrointestinales, y su respuesta inmunitaria, en corredores de maratón²². Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 10.

Parte C. Artículos que se relacionan con complicaciones gastrointestinales

Tabla 10. Four weeks of probiotic supplementation reduces GI symptoms during a marathon.²²

Objetivos	Evaluar los efectos de la suplementación con probióticos en los síntomas GI, los marcadores circulatorios de permeabilidad gastrointestinal, el daño y los marcadores de respuesta inmunitaria durante una carrera maratón.	
Tipo de Estudio	Ensayo doble ciego, aleatorizado en bloques y de pares emparejados.	
Ámbito	Lugar	Inglaterra
	Sujetos	24 corredores (20 hombres, 4 mujeres) entre 28 a 43 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 28 días de 1 cápsula diaria después de la primera comida. El día de la carrera (maratón) se indicó el consumo de 1 cápsula adicional. <ul style="list-style-type: none"> - Grupo estudio: 1 cápsula con <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL60, <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL21, <i>Bifidobacterium bifidum</i> CUL20 y <i>Bifidobacterium animalis subs p. Lactis</i> CUL34, correspondiente a 2.5×10^{13} UFC. - Grupo placebo: 1 cápsula con 300 g de maltodextrina. Las 24 horas anteriores a la carrera, los participantes consumieron una dieta estandarizada alta en CHO y baja en fibra: 8,0 g/kg de CHO (0,28 g de fibra); 2,0 g/kg de proteína y 1,0 g/kg de grasa. Durante la carrera los participantes consumieron 66 g/h de CHO aproximadamente.
	Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Test de síntomas gastrointestinales, se evalúa hinchazón, náuseas, ganas de vomitar, flatulencia, ganas de defecar y calambres estomacales. - Diario de síntomas gastrointestinales. - Análisis de sangre para evaluar glucosa, I-FABP, IL-6, IL-8, IL-10 y cortisol sérico.
	VARIABLES	Alimentación: Dieta habitual sin consumo de alimentos probióticos (es decir, yogures fermentados). Durante la carrera se consumió 66g/h de CHO a en geles a base de maltodextrina y sodio. Ejercicio: <i>sin especificar</i>
Aspecto ético	<ul style="list-style-type: none"> - Normas de ética definidas por la declaración de Helsinki. - Consentimiento firmado por parte de los participantes. 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - NS en los resultados del Test de síntomas IG en ambos grupos. - Según el diario, las puntuaciones medias diarias para síntomas específicos fueron bajas (< 2) en ambos grupos. - En grupo de probióticos, hubo ↓ en el número y ↓ días de síntomas moderados notificados. No hubo diferencias en el grupo de placebo - Durante la carrera los síntomas GI fueron significativamente ↓ en grupo probiótico en comparación con el grupo placebo durante el último tercio de la carrera 	
Limitaciones	Falta de protocolo nutricional e hidratación previo y durante la carrera. No se confirma el consumo total de gel y tasa de sudoración durante la carrera.	
Conclusiones	La suplementación atenúa los síntomas GI durante una carrera de maratón de manera subjetiva, pero no tuvo efecto sobre las concentraciones de sCD14, IL-6, IL-8, IL-10, cortisol o I-FABP ni sobre la permeabilidad GI.	

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **CHO** (hidratos de carbono), **GI** (Gastrointestinal), **I-FABP** (proteína de unión a ácidos grasos intestinales), **IL** (Interleucinas), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/diminución) y **NS** (No significativo).

5.8 Efecto de *Lactobacillus casei* Shirota (Lcs) en respuesta inmunitaria.

M. Vaisberg y colaboradores, evalúan la influencia de la ingesta diaria de LcS en la respuesta inmunitaria e inflamatoria sistémica de las vías respiratorias superiores, en corredores al realizar una maratón²⁰. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 11.

Parte D. Artículos que se relacionan con infecciones del tracto respiratorio

Tabla 11. Daily Intake of Fermented Milk Containing Lcs, Modulates Systemic and Upper Airways Immune/Inflammatory Responses in Marathon Runners.²⁰

Objetivos	Evaluar la influencia de la ingesta diaria de LcS en la respuesta inmunitaria e inflamatoria sistémica en las vías respiratorias superiores, antes y después de correr una maratón.	
Tipo de Estudio	Estudio con prueba doble ciego	
Ámbito	Lugar	São Paulo
	Sujetos	42 corredores masculinos entre 30 a 50 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 30 días de leche. - Grupo estudio: 1 botella de leche fermentada (80 gramos) con 40 × 10 ⁹ UFC de la cepa LcS. - Grupo placebo: 1 botella de leche (80 gramos) sin cepa.
	Herramientas	- Muestra de saliva para predecir IgA y péptidos antibacterianos. - Muestra de mucosa nasal analizada por LEGENDplex™ para determinar concentración de citocinas. - Análisis de sangre Se hizo la recolección muestras en 5 tiempo diferentes: antes de iniciar la suplementación, 24h antes, inmediatamente después, a las 72h y 24 días posteriores a la carrera.
	Variables	- Alimentación y ejercicio: <i>Sin especificar</i>
Aspecto ético	- Consentimiento firmado por parte de los participantes. - Normas de ética definidas por Harriss, Atkinson y la declaración de Helsinki.	
Resultados	- El grupo LcS mantuvo los niveles salivales de SIgA y péptidos antimicrobianos después del maratón. - El grupo LcS ↑ niveles nasales de IL-10 lo que condujo a una proporción más alta de IL-10/IL-12p70 nasal inmediatamente después del maratón. - El grupo LcS ↓ niveles nasales de citocinas proinflamatorias, como IL-1, IL-5, IL-6, IL-13 y TNF-α. - El grupo LcS ↓ infiltración de neutrófilos en la mucosa nasal, demostrando un efecto antiinflamatorio en las vías respiratorias superiores. - El grupo LcS tuvo niveles séricos de ↓ TNF-α más bajos en comparación del grupo placebo, inmediatamente después del maratón. - Ambos grupos mostraron niveles séricos más altos de IL-1, IL-6 e IL-10 inmediatamente después del maratón, mostrando una vía antiinflamatoria clásica modulada por el ejercicio físico. - Resultado NS en la disminución de presencia de síntomas respiratorios (estornudos, nariz congestionada, resfriado, etc..) en comparación con el del grupo de placebo.	
Limitaciones	El autor no describe las limitaciones de su estudio, sin embargo, se puede destacar que carece de un protocolo nutricional previo y durante la carrera.	
Conclusiones	La suplementación fue capaz de modular las respuestas inmunológicas e inflamatorias en la sangre y también en la mucosa de las vías respiratorias superiores de los corredores aficionados después de un maratón, presentando efectos protectores.	

Abreviaciones: **UFM** (Unidades formadoras de colonias), **LcS** (*Lactobacillus casei* Shirota), **IgA** (inmonoglobulina A), **SIgA** (inmonoglobulina A secretora), **TNFα** (Factor de Necrosis Tumoral Alfa), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

5.9 Efecto de los probióticos multicepa sobre niveles de linfocitos.

H. Batatinha y colaboradores, realizaron un estudio para evaluar el efecto de un probiótico multicepa con la respuesta inmunitaria e infecciones de tracto respiratorio superior (ITRS) en corredores que finalizaron un maratón²³. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 12.

Parte D. Artículos que se relacionan con infecciones del tracto respiratorio superior

Tabla 12. Probiotic supplementation in marathonists and its impact on lymphocyte population and function after a marathon.²³

Objetivos	Evaluar las alteraciones provocadas en la función de los linfocitos y los efectos de los probióticos durante el maratón.	
Tipo de Estudio	Estudio aleatorizado doble ciego controlado con placebo.	
Ámbito	Lugar	São Paulo, Brasil
	Sujetos	27 maratonistas varones de entre 30 y 45 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 30 días de 1 sobre (5g) diario con probiótico o placebo. - Grupo estudio: 1 sobre con <i>Bifidobacterium animalis. subesp. Lactis</i> 10×10^9 y <i>Lactobacillus Acidophilus</i> 10×10^9 UFC. - Grupo placebo: 1 sobre con 5 g de maltodextrina.
	Herramientas	- Encuesta WURSS-21 para evaluar los síntomas de ITRS. Aplicado el día 0 y 10 días después de finalizar la carrera. - Analítica sanguínea para evaluar leucocitos, neutrófilos, monocitos, linfocitos, plaquetas y la producción de citocina interleucina IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, IL-15, IL-1 β , TNF α e IFN γ . La toma de análisis se realizaron en 4 tiempo diferentes: Día 0, 1 día antes de la carrera, 1h después de la carrera y a los 5 días de la carrera.
	Variables	Alimentación y ejercicio: <i>Sin especificar</i>
Aspecto ético	- Consentimiento firmado por parte de los participantes.	
Resultados	- La suplementación con probióticos no impidió la ITRS. Según el cuestionario WURSS-21, ambos grupos presentaron al menos un síntoma respiratorio superior durante diez días después de una carrera maratón. - La suplementación con probióticos mantuvo el total de células T CD8 y <i>los fenotipos de memoria después de la carrera</i> . - La suplementación con probióticos induce inmunomodulación en los linfocitos. Los linfocitos estimulados del grupo probiótico \uparrow dos veces la producción de citocinas proinflamatorias (IFN γ , IL-1 β , IL-6 y TNF α) en reposo en comparación con el placebo.	
Limitaciones	El período de suplementación, no evaluar los síntomas de URTI antes de la carrera y marcar a población de células T doble negativa; Además no haber accedido a la composición de la microbiota de los deportistas.	
Conclusiones	La suplementación no demostró cambios en la incidencia de URTI en los atletas, aunque pudieron mantener el número total de células T CD8+ y la población de memoria efectora, lo que sugiere un papel de los probióticos en el sistema inmunológico de los atletas.	

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **WURSS-21**(Encuesta de Síntomas Respiratorios Superiores de Wisconsin-21), **ITRS** (Infección de tracto respiratorio superior), **TNF α** (Factor de Necrosis Tumoral Alfa), **FN γ** (Interferón Gamma) y \uparrow (Mayor/aumento).

5.10 Efecto de probatorio multicepa y las infecciones de tracto respiratorio superior.

E. Tavares y colaboradores realizaron un estudio para evaluar si la suplementación con probióticos atenuaría la inmunodepresión generada después de una carrera de maratón, disminuyendo la incidencia de infecciones menores y preservando la funcionalidad de los monocitos²⁷. Las características y resultados de su estudio se muestran en la Tabla 13.

Parte D. Artículos que se relacionan con infecciones del tracto respiratorio superior

Tabla 13. Effect of Multi-Strain Probiotic Supplementation on URTI Symptoms and Cytokine Production by Monocytes after a Marathon Race.²⁷

Objetivos	Evaluar el efecto de los probióticos multicepa en las ITRS y en la producción de citocinas y monolitos después de correr un maratón.	
Tipo de Estudio	Ensayo doble ciego, aleatorizado.	
Ámbito	Lugar	São Paulo, Brasil
	Sujetos	14 corredores varones entre 36 a 43 años.
Trabajo de Campo	Protocolo	Consumo durante 30 días de 1 cápsula (2g)(día en la noche. <ul style="list-style-type: none"> - Grupo estudio: 1 cápsula multicepa con: Lactobacillus acidophilus-LB-G80, Lactobacillus paracasei-LPc-G110, Lactococcus subp . lactis-LLL-G25, Bifidobacterium animalis subp. lactis-BL-G101 y Bifidobacterium bifidum-BB-G90, correspondiente a 5 × 10⁹ UFC/día. - Grupo placebo: 1 cápsula con almidón de maíz.
	Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> - Test progresivo en cinta rodante para determinar capacidad aeróbica (VO₂ máx) - Análisis de sangre para evaluar monocitos, citocinas, glucosa y glutamina. - Muestra de saliva recogida con el método Salivet para valorar IgA. - Cuestionario dietético para evaluar el plan de alimentación de los participantes. - Encuesta WURSS-21 para evaluar los síntomas de ITRS.
	Variables	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación y ejercicio: <i>Sin especificar</i>
Aspecto ético	<ul style="list-style-type: none"> - Consentimiento firmado por parte de los participantes. 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - NS en el consumo de alimentos (grasas, lípidos y proteínas) entre ambos grupos. - NS al evaluar inmunidad de las mucosas IgA, concentración plasmática de glutamina o TNF-alfa entre ambos grupos y tiempos. - ↓ significativa en el flujo salival después de la carrera y 1 h después en ambos grupos. - La suplementación con probióticos no impidió la ITRS. Según el cuestionario WURSS-21, 100% del grupo placebo y 71% de grupo probiótico presentaron al menos un síntoma. Aunque se observó que la gravedad de los síntomas eran menores en el grupo que consumía probióticos. - La suplementación con probióticos induce inmunomodulación. Se identificaron diferencias significativas en la ↓ de IL-6 después de la carrera y aumento de IL-10 a 1 hora después de la carrera en grupo de probióticos. 	
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - No se evaluó la microbiota intestinal de los deportistas. Por tanto, no se puede comprobar las modificaciones/alteraciones en el epitelio intestinal y la composición de la microbiota intestinal. - Alta deserción de personas en el estudio. 	
Conclusiones	La suplementación sugiere su capacidad para preservar la funcionalidad de los monocitos y mitigar la incidencia de URTI.	

Abreviaciones: **UFC** (Unidades formadoras de colonias), **VO₂max** (consumo máximo de oxígeno), **IgA** (inmonoglobulina A), **ITRS** (Infección de tracto respiratorio superior), **WURSS-21**(Encuesta de Síntomas Respiratorios Superiores de Wisconsin-21), ↑ (Mayor/aumento) ↓ (Menor/disminución) y **NS** (No significativo).

1. Discusión

En el presente estudio evalúa el efecto de dos cepas de *Lactobacillus plantarum*, TWK10¹⁹ y PS128²⁶; dos especies de *Lactobacillus*, *casei shirota*²⁰ y *gasseri* CP2305²¹; una especie de *Bifidobacterium*, *longum subsp. Longum OLP-1* L²⁵ y cuatro tipos de muticepas^{22,23,24,28}. Dos estudios comparte la misma combinación de multicepa que incluye *Lactobacillus acidophilus* CUL60, *Lactobacillus acidophilus* CUL21, *Bifidobacterium bifidum* CUL20 y *Bifidobacterium animalis subs p. Lactis* CUL34^{22,28}.

Para facilitar la comprensión e integración de la información, a continuación se discutirá de los resultados encontrados según los objetivos del presente estudio.

6.1 Relación directa entre probióticos y rendimiento deportivo.

A Probióticos y rendimiento deportivo:

El número de artículos sobre el uso de probióticos en atletas de CF es pequeño y todos tiene limitaciones con posibles sesgos. De los 10 artículos estudiados, solo 5 estudian la relación directa en el consumo de probióticos y el rendimiento deportivo^{19,24,25,25,28}.

De los estudios analizados solo 2, los que utilizaron *Lactobacillus Plantarum* TWK10 y múltiples cepas (*Bifidobacterium lactis* W52, *Lactobacillus brevis* W63, *Lactobacillus casei* W56, *Lactococcus lactis* W19, *Lactococcus lactis* W58, *Lactobacillus acidophilus* W37, *Bifidobacterium bifidum* W23 y *Lactobacillus salivarius* W2), coinciden en que los probióticos tienen el efecto de mejorar el rendimiento deportivo al influir en la mejora del VO₂max, Ve, capacidad funcional, reserva respiratoria y la capacidad de ejercicio^{19,24}. Los autores W. Huang y colaboradores, un año más adelante, volvieron a realizar un estudio con TWK10, esta vez para evaluar el rendimiento físico en 54 participantes, cuyo resultado mostró que seis semanas de administración de TWK10 mejoraron significativamente el rendimiento del ejercicio³¹, resultado consistente con la investigación anterior; sin embargo, es importante destacar que los sujetos no contaban con entrenamiento atlético profesional.

El estudio de S. Fu y colaboradores, al evaluar el efecto de *Lactobacillus plantarum* PS128, no observaron resultados significativos en el VO₂max, antes y después de realizar la media maratón en ambos grupos²⁶. Sin embargo, este probiótico ha

mostrado tener una relación al disminuir la producción de citocinas antiinflamatorias³². Los autores W. Huang y colaboradores, efectuaron un estudio en donde evaluaron el consumo de PS128 y el rendimiento deportivo en 18 atletas de triatlones, donde observaron que con el consumo del probiótico, no solo disminuyó las citocinas inflamatorias, sino que también elevó la producción de citocinas antiinflamatorias inmediatamente después de un campeonato de triatlón³². Lo que sugiere, que este tipo de probiótico pueda tener una relación indirecta en la mejora del rendimiento al modular la inflamación y oxidación durante el ejercicio.

Los estudios realizados con *Bifidobacterium, longum subsp. Longum OLP-1 L* son recientes y limitados. Su interés surgió en el 2020 al estudiar el efecto de su suplementación en ratones, donde se encontró que la suplementación con OLP-01 combinada con el entrenamiento físico aumentaba el rendimiento del ejercicio y adaptación fisiológica³³. W. Huang y colaboradores siguen la línea de investigación en humanos, estudian el efecto del probiótico en corredores, en su investigación no encontraron diferencia significativa en peso, composición corporal, función hepática, renal o sanguínea. Cabe destacar que adaptar un protocolo en dos especies: ratones y humanos lleva su tiempo, además de que la población en estudio fue pequeña.

Analizar estudios que impliquen probióticos de múltiples especies y cepas lleva a una tarea más desafiante al identificar si el efecto es causa del conjunto, o si de una especie en particular. Los autores J. Pugh y colaboradores, demostraron que el consumo de múltiples especies y cepas (*Lactobacillus acidophilus* CUL60, *Lactobacillus acidophilus* CUL21, *Bifidobacterium bifidum* CUL20 y *Bifidobacterium animalis subs p. Lactis* CUL34) pueden tener un efecto protector sobre las perturbaciones metabólicas inducidas por el maratón²⁸. Otros estudios, por ejemplo, el realizado por Lamprecht M. y colaboradores, al estudiar el efecto de probiótico de las especies *Bifidobacterium bifidum* W23, *Bifidobacterium lactis* W51, *Enterococcus faecium* W54, *Lactobacillus acidophilus* W22, *Lactobacillus brevis* W63, y *Lactococcus lactis* W58 por 14 semanas en hombres entrenados en resistencia, no encontraron efecto sobre el VO₂ máx. y el rendimiento máximo³⁴. Marshall y colaboradores al investigar los efectos de un probiótico de múltiples cepas (*Lactobacillus acidophilus, bifidobacterium bifidum and bifidobacterium animalis subspecies lactis*) con glutamina durante 12 semanas de entrenamiento en un grupo de 32 competidores de maratón tampoco encontró diferencias en el rendimiento durante el maratón³⁵.

6.1 Relación indirecta entre probióticos y rendimiento deportivo.

B Probióticos y estado de fatiga:

El ejercicio puede ocasionar un estado de fatiga central o periférica, ocasionando alteraciones en la función endocrina, inmunológica, inflamación sistémica y en el estrés oxidativo³⁶. La fatiga periférica se puede evaluar utilizando biomarcadores relacionados con los metabolitos energéticos, como el lactato, amoníaco y BUN, estos índices reflejan la eficiencia de generación de ATP y el metabolismo asociado durante el ejercicio. Además, se puede evaluar el estado de fatiga de forma indirecta mediante el cuestionario CFS.

D. Sawada, y colaboradores, al investigar la influencia de la ingesta diaria de *Lactobacillus gasseri* CP2305 en 49 estudiantes corredores de fondo, observaron que no hubo mejora en el rendimiento deportivo, pero sí en la disminución en la escala de CFS y STAI²¹. Por otro lado, Nishida, K. y colaboradores también estudiaron el efecto del CP2305, esta vez en 60 estudiantes de medicina que se preparaban para el examen nacional para médicos, la ingesta del probiótico por 24 semanas mostró una disminución en la ansiedad al disminuir la puntuación del cuestionario STAI, en comparación al grupo placebo³⁷. A pesar de la coincidencia de estos resultados, sería importante realizarlos en una población atletas entrenados más grande.

El estado de fatiga también se ve ligado al estrés oxidativo causado por el ejercicio, el resultado es la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) con una transferencia de electrones inadecuada a través de la cadena respiratoria mitocondrial, lo que está relacionado con un mayor consumo de oxígeno para las demandas energéticas de la contracción muscular³⁸. La producción de ROS se debe a la oxidación de proteínas y lípidos, y se acompaña de una marcada disminución de la capacidad antioxidante y un mayor riesgo de lesión tisular³⁹.

A pesar de que en estudio de S. Fu y colaboradores, al evaluar el efecto de *PS128*, no observaron resultados significativos en el VO₂max, sí se asoció con una mejora en el daño muscular, daño renal y estrés oxidativo causado por correr la media maratón, debido a la modulación de la microbiota y metabolitos relacionados, neutralizando así el ROS causadas por el ejercicio prolongado y exhaustivo²⁶.

Los problemas GI son comunes en las carreras de fondo, y se encuentra relacionadas con el movimiento físico hacia arriba y hacia abajo del intestino durante la carrera⁴⁰, la redistribución de la sangre inducida por el ejercicio⁴¹ y la ingesta de alimentos y líquidos durante el entrenamiento o competencia⁴², situaciones que puede desencadenar síntomas como náuseas, calambres, distensión abdominal y/o diarrea⁴¹.

Para mejorar el rendimiento deportivo en CF, el consumo de alimentos y bebidas durante la carrera es un punto clave. Debido al riesgo de desencadenar problemas GI durante la carrera, los estudios de probióticos que ayuden a modular o prevenir los síntomas GI, son de gran interés.

En este estudio solo se incluyó 1 artículo realizado por J. Pugh y colaboradores, donde se evalúa los efectos de la suplementación de probióticos de múltiples géneros y especies (*Lactobacillus acidophilus* CUL60, *Lactobacillus acidophilus* CUL21, *Bifidobacterium bifidum* CUL20 y *Bifidobacterium animalis subs p. Lactis* CUL34) en los síntomas y marcadores gastrointestinales de 24 corredores, los autores no observaron diferencia significativa entre el test de síntomas GI o permeabilidad GI en comparación al grupo placebo²², este resultado puede verse alterado por la falta de protocolo nutricional e hidratación previo y durante la carrera, además de no comprobar el consumo total de gel durante la carrera.

Otros autores también han estudiado el efecto de probióticos a nivel GI, pero utilizando diferentes tipos de especies, por ejemplo, Kekkonen y colaboradores, tras la suplementación de *L. rhamnosus* GG durante 3 meses en 141 corredores de maratón, no observaron disminución de la incidencia de síntomas GI, pero pareció acortar la duración de los episodios de síntomas GI⁴³. Cabe destacar que esté en uno de los estudios con mayor población de participantes en el ámbito deportivo.

Haywood y colaboradores, estudiaron el consumo de probiótico de múltiples géneros y especies (*Lactobacillus gasseri*, *Bifidobacterium bifidum* y *Bifidobacterium longum*), por 4 semanas en 30 jugadores de rugby de élite, los resultados mostraron que no hubo una disminución en los episodios GI en comparación con el placebo⁴⁴. Al igual que este resultado, Shing y colaboradores, evaluaron el consumo por 4 semanas de probiótico de múltiples géneros (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Streptococcus strains*) en 10 corredores masculinos, donde no encontraron diferencia significativa en la gravedad de los síntomas gastrointestinales en comparación al grupo placebo⁴⁵.

El ejercicio de alta intensidad y volumen de entrenamiento puede comprometer la salud inmunológica⁴⁶, esta situación se asocian con una mayor incidencia en las ITRS, llegando a perjudicar la salud y su rendimiento deportivo del atleta. Existe un gran interés en los probióticos que puedan intervenir para prevenir o disminuir la incidencia de estas infecciones, lo que puede mejorar indirectamente el rendimiento físico y competitivo del atleta.

En esta investigación, solo 3 artículos estudian la relación indirecta en el consumo de probióticos y las ITRS. Los tres artículos han mostrado obtener los mismos resultados, al no encontrar diferencias significativas en la prevención de ITRS^{20,23,27}.

M. Vaisberg y colaboradores, al evaluar el consumo de *Lactobacillus casei Shirota* por 30 días en 42 corredores, identificaron que su consumo no mostró resultados significativos en la disminución de síntomas respiratorios en comparación con el del grupo de placebo²⁰. Por otro lado, Gleeson y colaboradores, examinaron la ingesta del mismo probiótico por 4 meses en atletas recreativos de resistencia y observaron una reducción significativa de las ITRS en comparación al grupo placebo⁴⁷. Sin embargo, el mismo autor publica otro estudio 5 años después, donde evalúa el mismo probiótico, pero esta vez analizando a 243 atletas de resistencia por 5 meses, el resultado mostró una diferencia no significativa entre la incidencia de URTI en comparación al grupo placebo⁴⁸.

H. Batatinha y colaboradores, al estudiar el efecto el consumo de probiótico de múltiples géneros y especies (*Bifidobacterium animalis. subesp. Lactis* y *Lactobacillus Acidophilus*) por 30 días en 27 maratonistas, observaron que la suplementación con probióticos no impidió las ITRS, además según el cuestionario WURSS-21, ambos grupos presentaron al menos un síntoma respiratorio superior durante diez días después de una carrera maratón²³. Resultado similar al encontrado por E. Tavares y colaboradores, al evaluar la suplementación en 14 corredores por 30 días con el uso de probiótico de múltiples cepas (*Lactobacillus acidophilus-LB-G80*, *Lactobacillus paracasei-LPc-G110*, *Lactococcus subsp. lactis-LLL-G25*, *Bifidobacterium animalis subsp. lactis-BL-G101* y *Bifidobacterium bifidum-BB-G90*), donde observaron que la suplementación con probióticos tampoco impidió las ITRS y según el cuestionario WURSS-21, 100% del grupo placebo y 71% de grupo probiótico presentaron al menos un síntoma²⁷.

Por otro lado, se ha visto un efecto positivo en la disminución de ITRS, al usar diferentes tipos de probióticos, por ejemplo, Strasser y colaboradores han estudiado el

efecto de la ingesta de *L. helveticus Lafti L10*, por 14 semanas en 39 atletas (Badminton, triatlón, ciclismo, alpinismo, karate, kayak y judo), donde observaron una disminución significativa en la duración en incidencia de las IRTS⁴⁹. Otro estudio donde también se observaron efectos positivos, fue el realizado por Cox y colaboradores, quienes estudiaron la ingesta de *Lactobacillus fermentum VRI-003*, por 16 semanas en corredores élite, los autores reportaron que el probiótico disminuyó los episodios y la gravedad de los ITRS⁵⁰.

En la actualidad existe una gran variedad de probióticos, y los efectos pueden variar entre los diferentes géneros, especies e incluso cepas. Por lo cual, a pesar de que algunos estudios no hayan encontrado relación entre el consumo de probióticos y la mejora directa o indirecta de rendimiento deportivo, no quiere decir, que no lo exista. Los artículos en este ámbito son limitados y se requieren realizar más estudios que confirmen o refuten la información actual.

7. Limitaciones

Existen varias limitaciones en la realización de este estudio, como son las siguientes:

- **Uso limitado de plataformas de búsqueda.** Solo se utilizaron 4 plataformas de búsqueda: UOC, NBCI, PubMed Central® y Science Direct®. El uso limitado de plataformas posiblemente descartó artículos relacionados al tema.
- **Tamaño de la muestra.** Este estudio pretendía incorporar información actualizada, por lo tanto, se estableció una búsqueda no mayor de 5 años, acción que acortó significativamente el tamaño de muestra a diez artículos.
- **Falta de estudios previos de investigación sobre el tema.** La población de estudio es muy específica y no existen en la actualidad suficientes estudios que analicen el efecto de los probióticos en atletas de carrera de fondo. Una alternativa para incrementar el número de estudios, hubiera sido estudiar el efecto de los probióticos en los deportes de resistencia en general.
- **Falta de herramientas para evaluar la relevancia de los artículos.** No se utiliza ninguna herramienta o test para determinar la fiabilidad y relevancia de los resultados de los artículos encontrados.

8. Aplicabilidad y nuevas líneas

Una correcta alimentación e hidratación antes, durante y después de la carrera de fondo son puntos claves para la mejora del rendimiento deportivo, además influye directamente en la composición de la microbiota intestinal. La mayoría de los artículos revisados en este estudio, no contemplan estos dos factores (alimentación e hidratación), por lo tanto, propongo la siguiente línea de investigación para confirmar el efecto de *L. plantarum* TWK10 en la mejora del rendimiento deportivo.

- **Objetivo general:** Identificar el efecto del consumo de *L. plantarum* TWK10 en atletas al realizar media maratón.
- **Hipótesis:** La suplementación con *L. plantarum* TWK10 mejora el rendimiento deportivo en atletas al realizan media maratón.
- **Tipo de estudio:** Estudio piloto.
- **Criterios de selección de estudio:**

Inclusión	Atletas de carrera de fondo inscritos en prueba de medio-maratón. Rango de edad entre 18 a 50 años.
Exclusión	Antecedentes de enfermedades hereditarias y no hereditarias.
Eliminación	Consumo de alimentos con probióticos durante el estudio (Ejemplo: yogur, kefir, kambucha, etc). Ingesta de antibiótico durante el estudio. Adherencia menor al <80% en el plan de alimentación y ejercicio.

Tabla 14. Características de los criterios de selección de estudio.

- **Metodología:**

La duración del estudio sería de 3 meses, la finalización se establece al concluir la prueba de medio maratón. La población se dividirá de forma aleatoria en 2 grupos, formando el grupo probiótico (PRO) y el grupo placebo (PLA).

Plan de ejercicio: Con la asesoría de un entrenador físico, se diseñará un plan estándar de entrenamiento específico para el maratón. El plan incluirá 5 días de entrenamiento y 2 de descanso.

Plan de alimentación: Durante los 3 meses de estudio, se establecerá dos tipos de regimen alimentación, el primero para los días de entrenamiento y el segundo para los

días de descanso. El plan de entrenamiento se individualizará siguiendo los siguientes rangos: los días de entrenamiento entre 5-8 g/Kg de hidratos de carbono, 1,4-1,6 g/kg de proteína y 0,9-1,3 g/kg de grasa. Los días de descanso, entre 3-5 g/Kg de hidratos de carbono, 0,8-1,2 g/Kg de proteína y 0,9-1,3 g/kg de grasa.

Suplementación: El grupo PRO consumirá durante 3 meses 1 cápsula/día, después de la comida de *L.plantarum* TWK10 1×10^{11} UFC y el grupo placebo consumirá 1 cápsula/día de excipiente.

- **Herramientas:**

Análisis de sangre para evaluar las adaptaciones fisiológicas y la bioquímicas (Lactato, amoníaco, CK, glucosa, AST, ALT, proteína total, CT, TG, HDL, LDL, BUN, creatinina y ácido úrico). Se realizarán 4 tomas de sangre, 1a antes del consumo de probiótico, y las otras 3 a 1 mes de diferencia entre cada una.

Se realizará una prueba de 21 Km en cinta rodante antes del consumo del probiótico, con la finalidad de determinar la capacidad aeróbica y el tiempo en finalizar la prueba. Durante la prueba inicial y final (día de la competencia) se consumirá 2 geles con 25 g de hidratos de carbono y 1L de bebida deportiva al 8% de hidratos de carbono con 800 mg de sodio por litro. Se le recomendará a los atletas beber 200 ml cada 20 minutos.

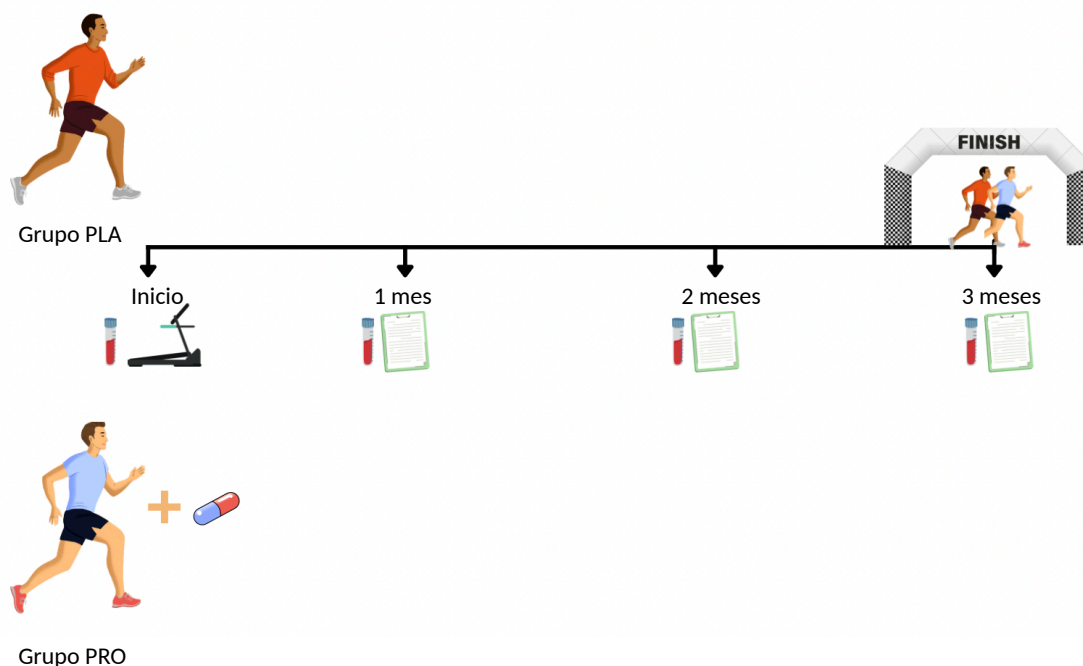


Figura 2. Metodología del estudio. Antes de iniciar el consumo de probiótico o placebo, se realizará una toma de muestra sanguínea y un prueba en cinta rodante. Cada mes se evaluará la adherencia al entrenamiento y alimentación con un cuestionario, y se hará una toma de muestra sanguínea para monitorizar los parámetros bioquímicos. La última muestra sanguínea se realizará al finalizar ella media maratón. Elaboración propia.

Para evaluar la adherencia al ejercicio y alimentación, se utilizará la aplicación MyFitnessPal® para registrar la actividad realizada y los alimentos consumidos cada día. Este reporte se entregará mensualmente.

- **Resultados a esperar:**

Este estudio pretende igual el escenario inicial y final, al controlar el consumo de alimentos y agua durante la carrera. Con este diseño se espera observar cambios positivos con la suplementación con *L. plantarum* TWK10, al disminuir el tiempo en finalizar la prueba y aumentar el ritmo (min/km) de carrera.

9. Conclusión

Los efectos de los probióticos son específicos y dependen del género, cepa y dosis de suplementación. Se encontró que el consumo de algunas cepas específicas de probióticos influyen en el incremento el rendimiento deportivo. No se identificaron probióticos que disminuyeran los problemas GI o la incidencia y gravedad de IRTS. Sin embargo, los artículos que evalúan el rendimiento deportivo en atletas de fondo son limitados. Por lo anterior se propone realizar más estudios que confirmen o refuten la información actual.

10. Bibliografía

- [1] International Association of Athletics Federations. Marathon [Internet]. World Athletics. (S.f.) [Consultado 03 abril 2022] Disponible en: <https://www.worldathletics.org/disciplines/road-running/marathon>
- [2] Consell Català de l'Esport. Enquesta Sobre l'activitat Física i Esportiva a Catalunya 2019 [Internet]. GenCat. (2020). [Consultado 03 abril 2022] Disponible en: https://esport.gencat.cat/web/.content/home/arees_dactuacio/documentacio_i_recerca/enquestes-i-estudis/AFEC_2019_Informe-inicial_v2a_15-juliol_2020.pdf
- [3] Consell Català de l'Esport. Enquesta d'hàbits esportius a Catalunya 2009-2010 [Internet]. GenCat. (2010). [Consultado 03 abril 2022] Disponible en: http://www.observatoridelesport.cat/docus/estudis_publicats/OCE_10_estudis_publicats_ca.pdf
- [4] División de estadística y estudios de Secretaría General Técnica. Anuario de estadísticas deportivas 2019 [Internet]. Ministerio de Cultura y Deporte. (2019). [Consultado 03 abril 2022]. Disponible en: <https://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:dc406096-a312-4b9d-bd73-2830d0affb2d/anuario-de-estadisticas-deportivas-2019.pdf>
- [5] Ogueta-Alday, A., & López, J. G. Factores que afectan al rendimiento en carreras de fondo. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte. (2016) (Vol.12, Issue 45, pp. 278-308.) <http://hdl.handle.net/10612/9391>
- [6] Mittal, R., Debs, L. H., Patel, A. P., Nguyen, D., Patel, K., O'Connor, G., Grati, M., Mittal, J., Yan, D., Eshraghi, A. A., Deo, S. K., Daunert, S., & Liu, X. Z. (2017). Neurotransmitters: The Critical Modulators Regulating Gut–Brain Axis. In *Journal of Cellular Physiology* (2017) (Vol. 232, Issue 9, pp. 2359–2372). Wiley-Liss Inc. <https://doi.org/10.1002/jcp.25518>
- [7] Smith, K. A., Pugh, J. N., Duca, F. A., Close, G. L., & Ormsbee, M. J. Gastrointestinal pathophysiology during endurance exercise: endocrine, microbiome, and nutritional influences. In *European Journal of Applied Physiology* (2021) (Vol. 121, Issue 10, pp. 2657–2674). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04737-x>
- [8] Otte JA, Oostveen E, Geelkerken RH, Groeneveld AB, Kolkman JJ (2001) Exercise induces gastric ischemia in healthy volunteers: a tonometry study. In *J Appl Physiol* (1985) (Vol. 91, Issue 2, pp. 886-871) <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.866>
- [9] Butcher, J. D. Runner's diarrhea and other intestinal problems of athletes. *American Family Physician* Runner's Diarrhea and Other Intestinal Problems of Athletes. (1993) (Vol. 48, Issue 4, pp. 623-627)
- [10] 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. Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*. (2014) (Vol. 11, Issue 8, pp. 506–514) <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- [11] Nieves Palacios Gil de Antuñano, P. M. M. R. B. R. C. C. F. L. F. B. T. G. A. B. M. G. C. de T. G. M. del V. Soto. Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte - 2019. *Archivos de Medicina Del Deporte*. (2019) (Vol. 36, Issue 1, pp. 6–112) <https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Doc-consenso-ayudas-2019.pdf>
- [12] Martinen, Ala-Jaakkola, R., Laitila, A., & Lehtinen, M. J. Gut Microbiota, Probiotics and Physical Performance in Athletes and Physically Active Individuals. *Nutrients*. (2020). (Vol. 12, Issue 10, pp. 29-36). <https://doi.org/10.3390/nu12102936>
- [13] Díaz-Jiménez, J., Sánchez-Sánchez, E., Ordoñez, F. J., Rosety, I., Díaz, A. J., Rosety-Rodríguez, M., Rosety, M. Á., & Brenes, F. (2021). Impact of probiotics on the performance of

endurance athletes: A systematic review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111576>

[14] Mohr, Jäger, R., Carpenter, K. C., Kerksick, C. M., Purpura, M., Townsend, J. R., West, N. P., Black, K., Gleeson, M., Pyne, D. B., Wells, S. D., Arent, S. M., Kreider, R. B., Campbell, B. I., Bannock, L., Scheiman, J., Wissent, C. J., Pane, M., Kalman, D. S., ... Antonio, J. The athletic gut microbiota. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. (2020). (Vol. 17, Issue 1, pp. 24). <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00353-w>

[15] Jäger, Mohr, A. E., Carpenter, K. C., Kerksick, C. M., Purpura, M., Moussa, A., Townsend, J. R., Lamprecht, M., West, N. P., Black, K., Gleeson, M., Pyne, D. B., Wells, S. D., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Kreider, R. B., Campbell, B. I., Bannock, L., Scheiman, J., ... Antonio, J. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Probiotics. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. (2019). (Vol. 16, Issue 1, pp. 62-44). <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0329-0>

[16] Motiani, K.K.; Collado, M.C.; Eskelinen, J.J.; Virtanen, K.A.; Löyttyniemi, E.; Salminen, S.; Nuutila, P.; Kallioikoski, K.K.; Hannukainen, J.C. Exercise training modulates gut microbiota profile and improves endotoxemia. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. (2020) (Vol. 52, Issue 1, pp. 94-104). <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002112>

[17] Calero, C., Rincón, E. O., & Marqueta, P. M. Probiotics, prebiotics and synbiotics: useful for athletes and active individuals? A systematic review. *Beneficial microbes*. (2020) (Vol. 11, Issue 2, pp. 135-149). <https://doi.org/10.3920/BM2019.0076>

[18] Australian Sports Commission. Supplements: Benefits and risk of using supplements and sports foods [Internet]. AIS. (S.f.). [Consultado 03 abril 2022]. Disponible en: https://www.ais.gov.au/nutrition/supplements/group_a

[19] Huang, W. C., Hsu, Y. J., Li, H., Kan, N. W., Chen, Y. M., Lin, J. S., Hsu, T. K., Tsai, T. Y., Chiu, Y. S., & Huang, C. C. Effect of *Lactobacillus plantarum* TWK10 on improving endurance performance in humans. *Chinese Journal of Physiology*, 2018, 61(3), 163–170. <https://doi.org/10.4077/CJP.2018.BAH587>

[20] Vaisberg, M., Paixão, V., Almeida, E. B., Santos, J. M. B., Foster, R., Rossi, M., Pithon-Curi, T. C., Gorjão, R., Momesso, C. M., Andrade, M. S., Araujo, J. R., Garcia, M. C., Cohen, M., Perez, E. C., Santos-Dias, A., Vieira, R. P., Vieira, R. P., Vieira, R. P., Bachi, A. L. L., & Vieira, R. P. (2019). Daily intake of fermented milk containing *Lactobacillus casei* shirota (lcs) modulates systemic and upper airways immune/inflammatory responses in marathon runners. *Nutrients*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/nu11071678>

[21] Sawada, D., Kuwano, Y., Tanaka, H., Hara, S., Uchiyama, Y., Sugawara, T., Fujiwara, S., Rokutan, K., & Nishida, K. (2019). Daily intake of *Lactobacillus gasseri* CP2305 relieves fatigue and stress-related symptoms in male university Ekiden runners: A double-blind, randomized, and placebo-controlled clinical trial. *Journal of Functional Foods*, 57, 465–476. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.04.022>

[22] Pugh, J. N., Sparks, A. S., Doran, D. A., Fleming, S. C., Langan-Evans, C., Kirk, B., Fearn, R., Morton, J. P., & Close, G. L. (2019). Four weeks of probiotic supplementation reduces GI symptoms during a marathon race. *European Journal of Applied Physiology*, 119(7), 1491–1501. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04136-3>

[23] Batatinha, H., Tavares-Silva, E., Leite, G. S. F., Resende, A. S., Albuquerque, J. A. T., Arslanian, C., Fock, R. A., Lancha, A. H., Lira, F. S., Krüger, K., Thomatieli-Santos, R., & Rosa-Neto, J. C. (2020). Probiotic supplementation in marathonists and its impact on lymphocyte population and function after a marathon: a randomized placebo-controlled double-blind study. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75464-0>

[24] Smarkusz-Zarzecka, J., Ostrowska, L., Leszczyńska, J., Orywał, K., Cwalina, U., & Pogodziński, D. (2020). Analysis of the impact of a multi-strain probiotic on body composition and cardiorespiratory fitness in long-distance runners. *Nutrients*, 12(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/nu12123758>

- [25] Lin, C. L., Hsu, Y. J., Ho, H. H., Chang, Y. C., Kuo, Y. W., Yeh, Y. T., Tsai, S. Y., Chen, C. W., Chen, J. F., Huang, C. C., & Lee, M. C. (2020). Bifidobacterium longum subsp. Longum olp-01 supplementation during endurance running training improves exercise performance in middle- and long-distance runners: A double-blind controlled trial. *Nutrients*, 12(7), 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu12071972>
- [26] Fu, S. K., Tseng, W. C., Tseng, K. W., Lai, C. C., Tsai, Y. C., Tai, H. L., & Hsu, C. C. (2021). Effect of daily oral lactobacillus plantarum ps128 on exercise capacity recovery after a half-marathon. *Nutrients*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/nu13114023>
- [27] Tavares-Silva, E., Caris, A. V., Santos, S. A., Ravacci, G. R., & Thomatieli-Santos, R. V. (2021). Effect of multi-strain probiotic supplementation on urti symptoms and cytokine production by monocytes after a marathon race: a randomized, double-blind, placebo study. *Nutrients*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/nu13051478>
- [28] Pugh, J. N., Phelan, M. M., Caamaño-Gutiérrez, E., Sparks, S. A., Morton, J. P., Close, G. L., & Owens, D. J. (2021). Four weeks of probiotic supplementation alters the metabolic perturbations induced by marathon running: Insight from metabolomics. *Metabolites*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/metabo11080535>
- [29] Chen, Y.M., Wei, L., Chiu, Y.S., Hsu, Y.J., Tsai, T.Y., Wang, M.F. and Huang, C.C. Lactobacillus plantarum TWK10 supplementa- tion improves exercise performance and increases muscle mass in mice. *Nutrients* 8: 205, 2016.
- [30] Chao, S.H.; Wu, R.J.; Watanabe, K.; Tsai, Y.C. Diversity of lactic acid bacteria in suan-tsai and fu-tsai, traditional fermented mustard products of Taiwan. *Int. J. Food Microbiol.* 2009, 135, 203–210.
- [31] 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. Effect of *Lactobacillus plantarum* TWK10 on Exercise Physiological Adaptation, Performance, and Body Composition in Healthy Humans. *Nutrients*, 2019, 11(11), 2836.
- [32] Huang, W. C., Wei, C. C., Huang, C. C., Chen, W. L., & Huang, H. Y. The Beneficial Effects of Lactobacillus plantarum PS128 on High-Intensity, Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, and Performance in Triathletes. *Nutrients*, 2019, 11(2), 353.
- [33] Huang, W. C., Hsu, Y. J., Huang, C. C., Liu, H. C., & Lee, M. C. (2020). Exercise Training Combined with *Bifidobacterium longum* OLP-01 Supplementation Improves Exercise Physiological Adaption and Performance. *Nutrients*, 12(4), 1145.
- [34] Lamprecht M, Bogner S, Schippinger G, Steinbauer K, Fankhauser F, Hallstroem S, Schuetz B, Greilberger JF. Probiotic supplementation affects markers of intestinal barrier, oxidation, and inflammation in trained men; a 81. randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:45. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-45>.
- [35] Marshall H, Christmas BCR, Suckling CA, Roberts JD, Foster J, Taylor L. Chronic probiotic supplementation with or without glutamine does not influence the eHsp72 response to a multi-day ultra-endurance exercise event. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2017;42:876–83. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0131>.
- [36] Choi JJ, Eum SY, Rampersaud E, Daunert S, Abreu MT, Toborek M. Exercise attenuates PCB-induced changes in the mouse gut microbiome. *Environ Health Perspect.* 2013;121:725–30. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306534>.
- [37] Nishida, K., Sawada, D., Kuwano, Y., Tanaka, H., & Rokutan, K. Health Benefits of *Lactobacillus gasseri* CP2305 Tablets in Young Adults Exposed to Chronic Stress: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*, 2019, 11(8), 1859.
- [38] Petriz BA, Castro AP, Almeida JA, Gomes CP, Fernandes GR, Kruger RH, Pereira RW, Franco OL. Exercise induction of gut microbiota modifications in obese, non-obese and hypertensive rats. *BMC Genomics.* 2014;15:511. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-511>.

- [39] Queipo-Ortuno MI, Seoane LM, Murri M, Pardo M, Gomez-Zumaquero JM, Cardona F, Casanueva F, Tinahones FJ. Gut microbiota composition in male rat models under different nutritional status and physical activity and its association with serum leptin and ghrelin levels. *PLoS One*. 2013;8:e65465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065465>.
- [40] De Oliveira EP, Burini RC, Jeukendrup A. Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med*. 2014;44(Suppl 1):S79–85. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0153-2>.
- [41] Van Wijck K, Lenaerts K, Grootjans J, Wijnands KA, Poeze M, van Loon LJ, 149. Dejong CH, Buurman WA. Physiology and pathophysiology of splanchnic hypoperfusion and intestinal injury during exercise: strategies for evaluation and prevention. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2012;303:G155–68. 150. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00066.2012>.
- [42] Jeukendrup AE, Jentjens RL, Moseley L. Nutritional considerations in 152. triathlon. *Sports Med*. 2005;35:163–81.
- [43] Kekkonen RA, Vasankari TJ, Vuorimaa T, Haahtela T, Julkunen I, Korpela R. The effect of probiotics on respiratory infections and gastrointestinal symptoms during training in marathon runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007 Aug;17(4):352-63. doi: 10.1123/ijsnem.17.4.352. PMID: 17962710.
- [44] Haywood BA, Black KE, Baker D, McGarvey J, Healey P, Brown RC. Probiotic supplementation reduces the duration and incidence of infections but not severity in elite rugby union players. *J Sci Med Sport*. 2014 Jul;17(4):356-60. doi: 10.1016/j.jsams.2013.08.004. Epub 2013 Aug 30. PMID: 24045086.
- [45] Schwellnus M, Soligard T, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, Gabbett TJ, Gleeson M, Hagglund M, Hutchinson MR, et al. How much is too much? (part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med*. 2016;50:1043–52. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>.
- [45] Shing, Peake, J. M., Lim, C. L., Briskey, D., Walsh, N. P., Fortes, M. B., Ahuja, K. D. K., & Vitetta, L. (2013). Effects of probiotics supplementation on gastrointestinal permeability, inflammation and exercise performance in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2748-y>
- [47] Gleeson M, Bishop NC, Oliveira M, Tauler P. Daily probiotic's (*Lactobacillus casei* Shirota) reduction of infection incidence in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011;21:55–64.
- [48] Gleeson, M., Bishop, N.C. & Struszczyk, L. Effects of *Lactobacillus casei* Shirota ingestion on common cold infection and herpes virus antibodies in endurance athletes: a placebo-controlled, randomized trial. *Eur J Appl Physiol* **116**, 1555–1563 (2016).
- [49] Strasser B, Geiger D, Schauer M, Gostner JM, Gatterer H, Burtscher M, Fuchs D. Probiotic supplements beneficially affect tryptophan-kynurenine metabolism and reduce the incidence of upper respiratory tract infections in trained athletes: a randomized, double-blinded, Placebo-Controlled Trial. *Nutrients*. 2016;8.
- [50] Cox AJ, Pyne DB, Saunders PU, Fricker PA. Oral administration of the probiotic *Lactobacillus fermentum* VRI-003 and mucosal immunity in endurance athletes. *Br J Sports Med*. 2010;44:222–6.