

TRABAJO FINAL DE LOS ESTUDIOS DE GRADO DE NUTRICIÓN
HUMANA Y DIETÉTICA

CURSO 2019-2020



Universidad de Valladolid

PREBIÓTICOS, PROBIÓTICOS Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEPORTIVO:
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Autor: Daniel Cabeza Melendre

Tutores: Antonio Orduña Domingo y Gabriel Alberto March Rosselló

Fecha: 6 de julio de 2020

ÍNDICE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS	2
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Ejercicio y microbiota intestinal	5
1.2. Problemas en la microbiota intestinal del atleta	6
1.3. Conceptos de prebióticos, probióticos y simbióticos, y su repercusión en el organismo.	7
1.4. Hipótesis	13
1.5. Objetivos	13
1.5.1. Objetivo principal	13
1.5.2. Objetivos secundarios:	14
2. MATERIAL Y MÉTODOS	14
2.1. Bases de datos utilizadas	14
2.2. Criterios de inclusión y de exclusión de los artículos incluidos en esta revisión	14
2.3. Estrategia de búsqueda	15
3. RESULTADOS	17
3.1. Resumen de los artículos analizados	17
3.2. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos seleccionados	22
3.3. Resultados del estudio en conjunto de los artículos seleccionados	22
4. DISCUSIÓN	23
4.1. Limitaciones del estudio	27
5. CONCLUSIONES	28
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Ac: Anticuerpos

AGCC: Ácidos Grasos de Cadena Corta

AGCR: Ácidos Grasos de Cadena Ramificada

CMV: Citomegalovirus

FAO: Food and Agriculture Organization

GI: Gastrointestinal(es)

IL: Interleuquina

ISSAP: International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics

ITRS: Infección del Tracto Respiratorio Superior

MI: Microbiota intestinal

OMS: Organización Mundial de la Salud

PLC: Placebo

PRO: Probiótico

SI: Sistema inmune

Trp: Triptófano

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

VEB: Virus Epstein Barr

WGO: World Gastroenterology Organisation

RESUMEN

Introducción: Se ha demostrado que el volumen y la intensidad del ejercicio ejercen una influencia en el estado de la microbiota intestinal, pudiendo repercutir en el estado de salud del deportista. Se estima que del 20% al 60% de los atletas sufren de estrés causado por el ejercicio excesivo y recuperación inadecuada. Complementar la dieta con prebióticos o probióticos capaces de mejorar el metabolismo, la inmunidad y la barrera intestinal, pueden servir como una terapia para los atletas que quieran mejorar su rendimiento.

Material y métodos: Se realizó una revisión bibliográfica de ensayos clínicos aleatorizados encontrados en la base de datos de Pubmed utilizando como estrategia de búsqueda *“prebiotics”*, *“probiotics”*, *“exercise”*. También se utilizó Google Scholar, utilizando las palabras clave *“synbiotics”* and *“physical active”*. **Resultados:** Se incluyeron diez artículos en la revisión, de los cuales en dos de ellos se observó una reducción significativa la fatiga ($p < 0,05$) y en uno se mejoró el tiempo de agotamiento ($p < 0,05$); es decir, mejoraron ambos parámetros que influyen directamente sobre el rendimiento deportivo. También se obtuvieron hallazgos significativos a cerca de la reducción de incidencia de ITRS y de síntomas GI ($p < 0,05$). **Discusión:** Los resultados dependen de la dosis y de la administración de una única cepa de probiótico o de varias. **Conclusiones:** Los suplementos de probióticos pueden resultar beneficiosos para los deportistas fatigados, con una deficiencia inmunitaria identificable o durante un tratamiento antibiótico, pero su eficacia en el rendimiento deportivo de aquellos deportistas en los que ya es óptimo aún está por establecerse.

Palabras clave: *“prebiotics”*, *“probiotics”*, *“exercise”*, *“synbiotics”*, *“physical active”*.

1. INTRODUCCIÓN

La MI se define como el conjunto de microorganismos que habitan en el intestino y que han evolucionado junto al huésped para formar una relación mutuamente beneficiosa y compleja. Actualmente, se han identificado miles de especies aisladas en seres humanos clasificadas en 12 divisiones o filos. Los 4 más predominantes en la MI (que conforman el 93,5%) son: Firmicutes (bacterias grampositivas), Bacteroidetes (bacterias gramnegativas), Actinobacterias (bacterias grampositivas) y Proteobacterias (bacterias gramnegativas). Los hongos y Archaea pueden ser también residentes y su población representa el 1% del total. Las bacterias anaerobias superan en número a las aerobias y los géneros predominantes son *Bacteroides*, *Prevotella*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Fusobacterium*, *Faecalibacterium* y diversos cocos grampositivos **(Rajilić-Stojanović & M de Vos, 2014)**.

La MI ofrece muchos beneficios al huésped, a través de diferentes funciones fisiológicas, como fortalecer la integridad intestinal o moldear el epitelio intestinal, producir energía, participar en actividades metabólicas, síntesis de vitaminas, proteger contra los patógenos y regular la respuesta inmune del huésped **(Sebastián-Domingo & Sánchez Sánchez, De la flora intestinal al microbioma, 2020)**.

La colonización de la MI comienza al nacimiento y si bien existe un “núcleo” compuesto por grupos bacterianos comunes a todos los seres humanos sanos (la mayoría de nosotros compartiríamos un tercio de nuestra microbiota), la composición de cada MI es única y varía en función de factores sobre los cuales podemos actuar y en función de aquellos que no es posible hacerlo. Puesto que la microbiota puede modularse, es imprescindible hacerlo de manera adecuada para conservar la simbiosis, es decir, la relación de armonía entre bacterias y su huésped. Factores como la edad, el tipo de parto, la genética, el estrés, la edad gestacional y el entorno en el que vivimos entre otros, afectan a nuestra población microbiana. Dentro de los factores modificables destacan la dieta y el ejercicio, ya que alteran a corto plazo la MI **(Thursby & Juge, 2020)**.

Los atletas conforman un tipo de población muy heterogénea debido a la gran variedad de diferentes tipos de ejercicio, entrenamiento, competiciones, estado físico, estado nutricional o tipo de dieta que están llevando a cabo. Los atletas poseen notables

adaptaciones fisiológicas y metabólicas (incluida la fuerza/potencia muscular, la capacidad aeróbica, el gasto de energía y la producción de calor) y proporcionan una visión única en la investigación del MI. Además, la MI, con su capacidad para recolectar energía, modular el sistema inmunitario e influir en la salud de la mucosa GI y el cerebro, es probable que desempeñe un papel importante en la salud de los atletas, el bienestar y el rendimiento deportivo. Comprender los diversos roles que desempeña la MI en relación con el rendimiento deportivo es de gran interés para los atletas que buscan mejorar los resultados de la competencia o reducir el tiempo de recuperación entre las sesiones de ejercicio **(Barton, y otros, 2017) (Petersen, y otros, 2017) (F murphy, y otros, 2014).**

1.1. Ejercicio y microbiota intestinal

Se sabe que el ejercicio físico influye en la homeostasis del organismo a través de mecanismos biológicos, que incluyen adaptaciones sistémicas de diversos órganos, con efectos positivos metabólicos e inmunitarios. Con el fin de conocer la relación entre la MI y el ejercicio, es de gran interés la lectura de la revisión de **(Mohr, y otros, 2020)** titulada “*The athletic gut microbiota*”. De esta revisión se desprenden una serie de importantes conclusiones:

- Se observó un aumento de especies bacterianas que promueven la salud inmunológica y metabólica como *Akkermansia muniniphila* y una mayor diversidad en individuos físicamente activos.
- En función de la composición corporal de los individuos y la actividad física realizada se aprecia positivamente el crecimiento de varias poblaciones bacterianas.
- Los atletas poseen una mayor cantidad de AGCC en comparación con personas que no realizan actividad física. Las células intestinales necesitan estos AGCC para obtener energía.
- El ejercicio asociado a la MI puede tener capacidad funcional para reparar tejidos y una mayor capacidad de aprovechamiento de la energía de la dieta, mejorar el metabolismo de los carbohidratos, una mayor capacidad de biosíntesis de nucleótidos y renovación de la estructura celular.
- Una buena capacidad cardiorrespiratoria (medida por el pico de VO_2 máx) parece correlacionarse de manera positiva con aumentos en la diversidad microbiana, mejora de la función metabólica y aumento del butirato (un tipo de AGCC).

- Parece ser que la capacidad metabólica y los metabolitos generados por la MI pueden tener mayor importancia en los cambios fenotípicos del huésped que la propia composición microbiana.
- Los cambios en la MI inducida por el ejercicio parece depender del estado fisiológico del individuo.
- El ejercicio proporciona una ventaja selectiva para la colonización de microorganismos correlacionadas con una mejor salud metabólica como por ejemplo *A. muniniphila* y *Veillonella* spp.
- Los cambios metabólicos inducidos por el ejercicio en la MI parecen ser momentáneos y tal vez depender de estímulos repetidos de ejercicio.
- Ejercicio físico a intensidad elevada y de manera prolongada influye en la disfunción intestinal, incluyendo el aumento de la permeabilidad intestinal entre otras.

Por lo tanto, podemos decir que el ejercicio en general parece favorecer tanto la diversidad de la MI como la proliferación de bacterias que son capaces de modular la inmunidad de la mucosa GI, mejorar las funciones de la barrera intestinal y las vías funcionales capaces de producir AGCC que pueden mejorar el estado de salud del huésped.

1.2. Problemas en la microbiota intestinal del atleta

La disbiosis intestinal consiste en un desequilibrio microbiano de la microbiota normal del intestino, debido a cambios cuantitativos o cualitativos de su composición, cambios en su funcionamiento o actividades metabólicas, o bien, a cambios en su distribución **(DeGruttola, Low , Mizoguchi, & Mizoguchi, 2016)**.

Por ello, es de gran importancia comprender que tanto el volumen como la intensidad del ejercicio son dos variables imprescindibles para conocer la relación del ejercicio con la microbiota ya que un ejercicio moderado reduce el tránsito de las heces disminuyendo el contacto con patógenos con el moco GI y reduce los niveles de cáncer de ciego de colon, mientras que un ejercicio de larga duración o intenso induce efectos de toxicidad debido a la reducción de flujo sanguíneo local y a la translocación bacteriana. Entre el 20-60% de los atletas sufren estrés asociado al ejercicio excesivo y una recuperación inadecuada. Esta prevalencia se cree que es mayor en personas que practican deportes de resistencia como

natación, remo, ciclismo, triatlón, y hasta cierto punto carrera de larga distancia donde los atletas están entrenando de 4 a 6 horas por día, 6 días a la semana, durante varias semanas sin tomar tiempo de descanso del entrenamiento intenso **(Peters, De Vries, Vanberge-Henegouwen, & Akkermans, 2001) (Purvis MS, Gonsalves MNP, & A. Deuster PhD, 2010) (T MackKinnon, 2000) (Alaranta, Alaranta, & Helenius, 2008).**

A parte de los indicadores clínicos y hormonales, existen diferentes signos asociados al estrés como son la fatiga, disminución del rendimiento, insomnio, cambio de apetito, pérdida de peso y alteraciones del estado de ánimo como irritabilidad, ansiedad, pérdida de motivación, mala concentración y depresión, así como inflamación e inmunosupresión. Los cambios en el estado de ánimo y la función intestinal de los atletas podrían explicar la interacción entre microbiota y el eje intestino-cerebro durante momentos de estrés físico. Entre el 30 y el 50% de los atletas experimentan diversas molestias en la zona abdominal como hinchazón, náuseas, dolor de estómago/calambres, flatulencia y diarrea. Además, los atletas utilizan dos veces más antibióticos orales que el grupo control a igualdad de edad **(Villegas García, 2014).**

Bajo esta premisa de exposición al estrés, aumento de la temperatura corporal, modificaciones en la composición corporal, daño de tejidos y disfunción de la barrera intestinal, que pueden generar inflamación, permeabilidad, autoinmunidad e infecciones, radica el interés de los prebióticos, probióticos y simbióticos como parte fundamental para tratar dichas afecciones favorecidas en parte por el ejercicio.

1.3. Conceptos de prebióticos, probióticos y simbióticos, y su repercusión en el organismo.

El concepto de prebiótico, según los diferentes organismos internacionales como la *Food and Agriculture Organization* (FAO) de Naciones Unidas **(FAO, 2007)** y la *International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics* (ISAPP) **(ISAPP, 2008)**, se define como “ingredientes alimentarios que al ser metabolizados selectivamente producen cambios específicos en la composición o actividad de la microbiota gastrointestinal, confiriendo beneficios en la salud del individuo”. La *World Gastroenterology Organisation* (WGO) **(WGO, 2017)** los definió como “sustancias de la dieta (fundamentalmente polisacáridos no

amiláceos y oligosacáridos no digeribles por enzimas humanas) que nutren a grupos seleccionados de microorganismos que habitan en el intestino favoreciendo el crecimiento de bacterias beneficiosas sobre las nocivas”.

Por tanto, las condiciones que ha de cumplir un alimento o ingrediente para poder ser denominado prebiótico son **(R. Gibson & B. Roberfroid, 1995)**:

- 1) Debe ser resistentes a la acción de secreciones gástricas, pancreáticas e intestinales.
- 2) Ser metabolizado por la MI.
- 3) Estimular selectivamente el crecimiento o actividad de bacterias intestinales que reportan beneficios para la salud.

La fibra dietética converge en la resistencia a la digestión (total o parcial) y en la fermentación (al menos las fibras solubles) con la definición de prebiótico, pero el matiz que marca la diferencia entre ambos es que los prebióticos estimulan de manera selectiva el crecimiento o actividad(es) de uno o un número limitado de géneros/especies microbianas en la MI y que aporta beneficios para la salud del huésped. Algunas de las especies cuyo crecimiento se ha visto aumentado gracias a los prebióticos y que sirven como indicador de bienestar intestinal son las bifidoacterias y los lactobacilos.

Entre los beneficios que aportan los prebióticos podemos citar la mejora o estabilización de la composición de la microbiota intestinal, mejora de las funciones intestinales (volumen, regularidad y consistencia de las heces), aumento de la absorción mineral y mejora de la salud ósea (contenido de calcio en el hueso y densidad mineral ósea). También modulan la producción de péptidos gastrointestinales, el metabolismo energético, las funciones inmunes y la saciedad, mejoran las funciones de la barrera intestinal, reducen la endotoxemia metabólica y reducen tanto el riesgo de infecciones intestinales, diabetes tipo 2, obesidad, síndrome metabólico, cáncer de colon así como el empeoramiento de inflamación intestinal **(Roberfroid, y otros, 2010)**.

El 95% de la microbiota del huésped se encuentra en el colón y es allí donde la comunidad microbiana va a tener más facilidad para poder asentarse gracias a su pH cercano a la neutralidad, a la ralentización de los nutrientes en su tránsito por el intestino grueso y a la alta disponibilidad de estos. Como podemos observar en la Figura 1, el aprovechamiento de los carbohidratos no digeribles por parte de los microorganismos es un proceso llamado

fermentación sacarolítica, en la que el resultado de su metabolismo origina metabolitos que aportan electrones como son lactato, piruvato, etanol, succinato; los gases hidrógeno (H_2), anhídrido carbónico (CO_2) y metano (CH_4) simplemente provocan hinchazón y flatulencia y no tienen efectos negativos. También se generan los AGCC acetato, butirato y propionato que son beneficiosos tanto para la MI (disminuyendo ligeramente el pH luminal eliminando patógenos), como para las células intestinales. El butirato tiene una variedad de efectos sobre la salud intra y extraintestinal que incluyen la mejora de la integridad de la barrera intestinal y la reducción de la inflamación y del estrés oxidativo.

Como resultado del metabolismo proteico por parte de la MI, se obtiene sulfuro de hidrógeno (SH_2), cuya reacción es perjudicial para el intestino, AGCR como isobutirato e isovalerato que forman parte de las membranas bacterianas. Otros productos son amoníaco (NH_3), tioles, aminas, y fenoles e indoles que en exceso pueden afectar negativamente al sistema inmune. Por ello, una fermentación proteica aumentada en el colon distal se ha correlacionado con enfermedades como el cáncer, enfermedad inflamatoria intestinal o colon irritable. De ahí radica la importancia de promover una dieta rica en carbohidratos complejos para favorecer la fermentación sacarolítica en el intestino grueso **(Corzo, y otros, 2015)**.

De manera práctica, la dieta general ha de ser rica en estos carbohidratos para mantener el bienestar intestinal pero debemos tener en cuenta la importancia de las comidas cercanas al entrenamiento o a la competición en atletas de resistencia para así evitar problemas gastrointestinales.

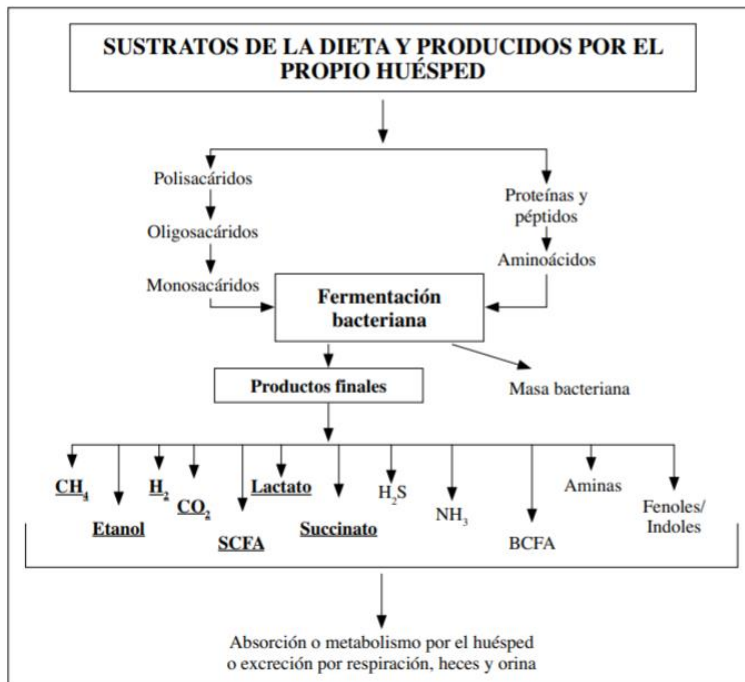


Fig. 1.1. Esquema general de la fermentación sacarolítica y proteolítica por parte de la microbiota colónica humana. AGCC = Ácidos Grasos de Cadena Corta. AGCR = Ácidos Grasos de Cadena Ramificada (En negrita subrayados los metabolitos originados por la utilización de los carbohidratos prebióticos por los microorganismos del intestino grueso). Reproducción con permiso de American Society for Nutrition, (R. Gibson & B. Roberfroid, *Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics*, 1995).

A continuación, en la Tabla 1.1 se muestran algunos de los prebióticos más utilizados.

Clase de compuesto		Efecto	Efecto sobre flora colónica	Efecto sobre SFCA/pH	Dosis del tratamiento
Oligosacáridos Fructanos	Insulina de la raíz de achicoria	+++	+ Bifidobacteria,	Sí	4-40 g/día
	Oligofructuosa, fructano sintético		Lactobacillus Bacteroides, clostridia		
<i>Galacto-oligosacáridos (GOS)</i> <i>Oligosacáridos de glucosa</i>	Trans GOS, natural GOS de leche humana Dextranos y oligodextranos	++(+) ++	+Bifidobacteria, Lactobacilli +Bifidobacteria	Sí	3-10 g/día
	Polidextrosa	++(+)	Lactobacillus + Bifidobacteria Lactobacillus	Sí	- 4-12 g/día
	Isomalto - oligosacáridos	++(+)	-Bacteroides +Bifidobacteria	Sí	13,5 g/día
<i>Xilo-oligosacáridos</i> <i>Oligosacáridos de soja</i>	Rafinosa, estaquirosa	++ ++(+) +	+Bifidobacteria +Bifidobacteria Bacteroides/eubacteria (dosis pequeña)	Sí Sí	- 3-10 g/día
<i>Otros oligosacáridos</i>	Arabinosilanos (grano de trigo, cebada: harina)	+	-Clostridia ?	Sí (lento)	?
<i>Otros Almidón resistente</i>	Tipo 2 y 3: de judías, patatas, plátano, otros	+	+Bifidobacteria (cerdos)	Sí	?
<i>b-glucanos</i> <i>Polímeros de galactomazosa</i>	De grano de avena De goma de guar	+ +(+)	? +Bifidobacteria, Lactobacilli	Sí Sí	7 g/día

Tabla 1.1. Selección de prebióticos añadidos o presentes en la dieta (**Marti del Moral, Moreno-Aliaga, & Martínez Hernández, 2003**).

Merecen especial mención los fructooligosacáridos y la inulina ya que son los prebióticos que más se ha demostrado que favorecen el crecimiento de las bifidobacterias de manera selectiva. (**Roberfroid, y otros, 2010**).

El término probiótico deriva de "pro", que significa "para", y la palabra griega "biótico", que significa "vida". Se define por la OMS/FAO como "microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud al huésped". Su uso ha aumentado últimamente en forma de suplementos dietéticos en cápsulas, leche fermentada o en polvo. A continuación, en la Tabla 1.2 se muestran los principales probióticos empleados en estudios clínicos, aunque los géneros bacterianos más utilizados como probióticos son *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Saccharomyces*.

Principales probióticos de cepa única empleados en estudios clínicos
<i>Saccharomyces boulardii</i>
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG
<i>Bifidobacterium bifidum</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i> 299
<i>Lactobacillus sporogens</i>
<i>Enterococcus</i> SF68

<i>Bifidobacterium lactis</i> BB12 (L)
<i>Lactobacillus reuteri</i>
<i>Lactobacillus casei</i> (L)
<i>Bifidobacterium longum</i> BB 536 (L)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA1
<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917 (serotipo 06:K5:H1)
Principales probióticos de varias cepas empleados en estudios clínicos
<i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>L. bulgaricus</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium lactis</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium infantis</i>
<i>Bifidobacterium longum</i> BB 536+ <i>L. acidophilus</i> NCFB 1748 (L)
<i>Bifidobacterium lactis</i> Bb12 (BB12) y <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG
<i>Bifidobacterium bifidum</i> + <i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>Bifidobacterium lactis</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> (L)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> + <i>L. bulgaricus</i> + <i>Streptococcus thermophilus</i> (L)
VSL#3: 4 cepas de lactobacilos (<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subespecie <i>bulgaricus</i> y <i>Lactobacillus plantarum</i>), 3 cepas de bifidobacterias (<i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium breve</i>) y <i>Streptococcus salivarius</i> subespecie <i>thermophilus</i>
TREVIS: <i>Streptococcus acidophilus</i> , LA5, <i>Bifidobacterium lactis</i> BP12, <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Ecologic 641: 4 lactobacilos (<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i> y <i>Lactococcus lactis</i>) y 2 bifidobacterias (<i>Bifidobacterium bifidum</i> y <i>Bifidobacterium lactis</i>)
Ergyphilus: 10 ¹⁰ <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG, <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium bifidus</i>
Ergyphilus: 10 ¹⁰ <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG, <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium bifidus</i>
Jinshuangqi: <i>Bifidobacterium longum</i> > 10UFC, <i>Lactobacillus bulgaricus</i> > 10UFC y <i>Streptococcus thermophilus</i> > 10UFC

Tabla 1.2. Probióticos de cepa única y probióticos de varias cepas utilizados en estudios clínicos (Tomada de Oliveira & González-Molero, 2016).

Los probióticos actúan produciendo compuestos antipatógenos, estimulando las defensinas y compitiendo contra patógenos por los sitios de unión y receptores, producen AGCC, sintetizan compuestos neuroactivos e inmunomoduladores como IL-10, IL-12 e

interferon- γ , favoreciendo los mecanismos del sistema inmune adaptativo (Jäger, y otros, 2019).

Los simbióticos son compuestos formados por una mezcla de pre y probióticos. El componente prebiótico ayuda a mejorar la supervivencia y la implantación de los probióticos en el tracto GI, estimulando su desarrollo selectivo y activando el metabolismo de una o de un número limitado de cepas bacterianas (Olveira & González-Molero, 2016).

A continuación, en la Tabla 1.3. se muestran los principales simbióticos empleados en diferentes estudios clínicos.

Principales simbióticos empleados en estudios clínicos	
<i>Lactobacillus plantarum</i> 299 y 10g de fibra de avena	
<i>Lactobacillus sporogens</i> +Fruto-oligosacáridos	
Synbiotic 2000:	10 ¹ UFC de cada: <i>Pediococcus pentoseceus</i> 5-33:3, <i>Leuconostoc mesenteroides</i> 32-77:1, <i>Lactobacillus plantarum</i> 2362 y 2,5g de cada
Synbiotic 2000 Forte:	10 ¹ UFC de: <i>Pediococcus pentoseceus</i> 5-33:3, <i>Leuconostoc mesenteroides</i> 32-77:1, <i>Lactobacillus plantarum</i> 2362 y 2,5g de cada uno de: inulina, fibra de avena, pectina y almidón resistente
Oligofructosa+inulina (SYN1) + <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG y <i>Bifidobacterium lactis</i> Bb12	
Golden Bifid:	<i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> con FOS

Tabla 1.3. Principales simbióticos empleados en nutrición clínica.

1.4. Hipótesis

Con el consumo de suplementación prebiótica, probiótica o simbiótica se obtienen mejoras tanto a nivel inmunológico, metabólico y energético, lo cual puede redundar en la capacitación del deportista para desarrollar sus entrenamientos o competiciones, es decir, mejorar el rendimiento deportivo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo principal

El objetivo de esta revisión es analizar la bibliografía para comprobar que la suplementación de prebióticos, probióticos o simbióticos mejora el rendimiento deportivo.

1.5.2. Objetivos secundarios:

- Valorar su efecto sobre las infecciones de las vías respiratorias.
- Conocer su influencia en los parámetros inflamatorios.
- Valorar si hay cambios en los síntomas gastrointestinales.
- Valorar si hay cambios en la fatiga.
- Valorar su influencia en la composición corporal.
- Valorar los cambios en la permeabilidad intestinal y en los marcadores de sistema inmunológico.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Bases de datos utilizadas

La búsqueda de artículos fue realizada en mayo y junio de 2020, haciendo uso de las bases de datos científicas MEDLINE (Pubmed), CINAHL y Google Scholar.

2.2. Criterios de inclusión y de exclusión de los artículos incluidos en esta revisión

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Ensayo clínico aleatorizado (ECA)	Cualquier estudio no ECA
Texto completo gratuito	Jadad < 3
Publicados en los últimos 10 años	
Idioma: español e inglés	
Estudio en humanos	

Tabla 2.1. Criterios de inclusión y de exclusión de los artículos incluidos en esta revisión.

2.3. Estrategia de búsqueda

En Pubmed se usó como estrategia de búsqueda *((prebiotic) OR (probiotic)) AND (exercise) AND ((ffrft[Filter]) AND (randomizedcontrolledtrial[Filter]) AND (y_10[Filter]) AND (humans[Filter]) AND (english[Filter] OR spanish[Filter]) AND (alladult[Filter]))*. Con ella, encontramos un total de 21 artículos, descartando 11 de ellos al no guardar relación con el tema de estudio y 2 al no tener suficiente calidad metodológica (Jadad < 3). Además, se incluyeron dos artículos utilizando la búsqueda manual a través de Google Scholar utilizando las palabras clave "synbiotics" and physical active". Sin embargo, utilizando las mismas palabras clave en CINAHL se obtuvieron 33 artículos, todos sin guardar relación con el tema en cuestión.

A continuación, podemos ver en la Figura 2.1 el diagrama de flujo que describe el proceso por el que se llega a la obtención del número final de artículos incluidos en esta revisión.

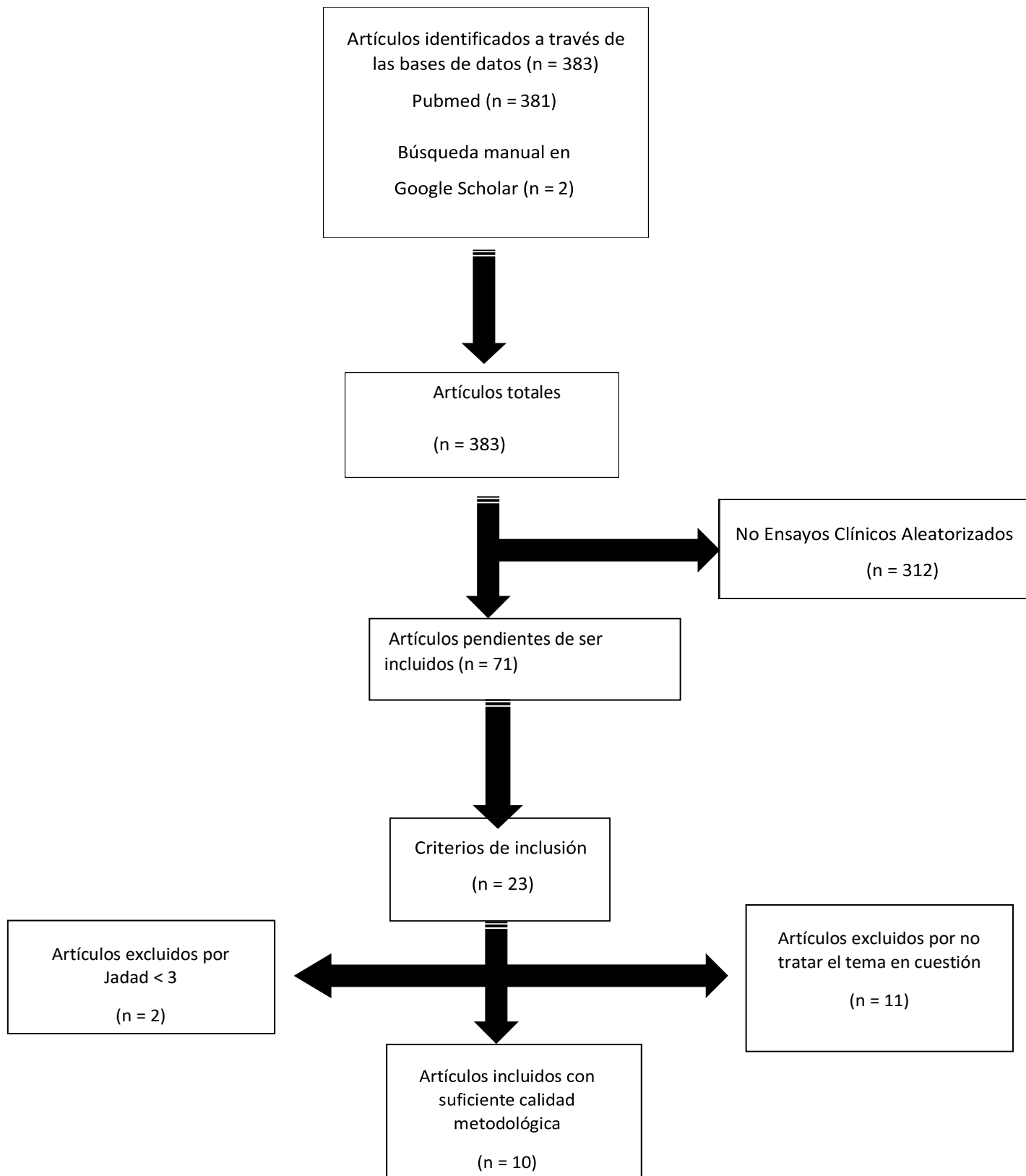


Figura 2.1. Diagrama del proceso de la obtención de los artículos incluidos en la revisión

3. RESULTADOS

3.1. Resumen de los artículos analizados

La Tabla 3.1 muestra los datos de interés de los artículos incluidos en esta revisión.

TÍTULO	AUTOR Y AÑO	MUESTRA Y DURACIÓN DEL TRATAMIENTO	OBJETIVO PRINCIPAL	OBJETIVO SECUNDARIO	CONCLUSIONES
Four weeks of probiotic supplementation reduces GI symptoms during a marathon race	(N Pugh, y otros, 2019)	24 corredores (20 hombres y 4 mujeres) Todos debían haber corrido una maratón con tiempo < 5h en los últimos 2 años. Rango de edad: 22-50 años Aleatoriamente fueron asignados suplementos con un probiótico (PRO) de cápsula [25 mil millones UFC <i>Lactobacillus acidophilus</i> (CUL60 y CUL21), <i>Bifidobacterium bifidum</i> (CUL20), y <i>Bifidobacterium animalis subs p. Lactis</i> (CUL34)] y placebo (PLC) Duración: 20 días	Evaluar los efectos de la suplementación con probióticos en los síntomas GI	Evaluar marcadores circulatorios de permeabilidad GI, daño, y marcadores de respuesta inmune durante una carrera de maratón	Reducción de frecuencia de los síntomas GI moderados-peores reportados con diferencias hasta 14 días después en el No se obtuvo ningún efecto sobre las concentraciones de sCD14, IL-6, IL-8, IL-10, cortisol, o I-FABP (RI) ni sobre la permeabilidad GI.
Probiotic Streptococcus thermophilus FP4 and Bifidobacterium breve BR03 Supplementati on Attenuates	(Jäger, y otros, 2016)	15 hombres sanos entrenados asignados aleatoriamente un PRO que incluye 5 billones de células vivas (AFU) <i>S. thermophilus</i> FP4 (DSMZ 18616) y 5 billones de células vivas (AFU) <i>B. breve</i> BR03 (DSMZ 16604) o placebo.	Determinar el efecto en el rendimiento posterior y respuesta inflamatoria aguda después de un episodio		Es probable que el PRO aumente la fuerza isométrica y mejore la recuperación después de un trabajo excéntrico de daño muscular.

Performance and Range-of-Motion Decrements Following Muscle Damaging Exercise		Duración: 21 días	de ejercicio perjudicial para los músculos		También disminuyeron las concentraciones de IL-6 en reposo manteniéndose bajas en las 48h postejercicio, disminuyendo así la inflamación.
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	(Strasse r, y otros, 2016)	33 atletas voluntarios, de los cuales 29 participantes (13 hombres y 16 mujeres) completaron el tratamiento, fueron asignados aleatoriamente a probióticos de múltiples especies (PRO, n = 17) compuestos por 6 cepas que consisten en <i>Bifidobacterium bifidum</i> W23, <i>Bifidobacterium lactis</i> W51, <i>Enterococcus faecium</i> W54, <i>Lactobacillus acidophilus</i> W22, <i>Lactobacillus brevis</i> W63, y <i>Lactococcus lactis</i> W58 y a placebo (PLA, n = 16) Duración: 12 semanas	Examinar el efecto del probiótico en la incidencia de ITRS después de ejercicio aeróbico exhaustivo en atletas	Efectos en el metabolismo de aminoácidos aromáticos después de ejercicio aeróbico exhaustivo en atletas	La suplementación con probióticos redujo la incidencia de ITRS. Los datos indicaron tasas de degradación del triptófano reducidas inducidas por el ejercicio en aquellos atletas suplementados con los probióticos, asociándose de este modo positivamente con el SI.
Effect of Lactobacillus plantarum TWK10 on Exercise Physiological Adaptation, Performance, and Body	(Huang, y otros, 2019)	54 participantes sanos (27 hombres y 27 mujeres) sin entrenamiento deportivo profesional fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos: 1) Placebo 2) Probióticos de dosis baja de TWK10 a base	Examinar los efectos en la adaptación fisiológica, los índices asociados a la fatiga, el rendimiento deportivo y en la		Aumento significativo del rendimiento de resistencia dependiendo de dosis y mejora de las características asociadas a la fatiga correlacionadas con

<p>Composition in Healthy Humans</p>		<p>de <i>Lactobacillus plantarum</i> (3×10^{10} UFC)</p> <p>3) Probióticos a dosis altas de TWK10 a base de <i>Lactobacillus plantarum</i> (9×10^{10} CFU).</p> <p>Grupos de administración (n = 18 por grupo, 9 hombres y 9 mujeres).</p> <p>Duración: 6 semanas</p>	<p>composición corporal</p>		<p>una mejor adaptación fisiológica.</p> <p>Se observó una mejora en la composición corporal en el grupo de dosis alta de TWK10 ya que disminuyó significativamente la grasa corporal y la masa muscular aumentó significativamente.</p>
<p>Efficacy of heat-killed Lactococcus lactis JCM 5805 on immunity and fatigue during consecutive high intensity exercise in male athletes: a randomized, placebo-controlled, double-blinded trial</p>	<p>(Koman o, y otros, 2018)</p>	<p>51 deportistas universitarios fueron asignados aleatoriamente 2 grupos utilizando un método de aleatorización estratificada.</p> <p>1) Placebo (n = 25)</p> <p>2) 100 mil millones de UFC de <i>Lactococcus lactis</i> JCM 5805 (LC-Plasma) que es una bacteria ácido láctica que activa las células dendríticas plasmacitoides (pDC), responsables de la respuesta antiviral.</p> <p>Duración: 13 días</p>	<p>Evaluar el efecto de LC-Plasma sobre la actividad de las pDC y los índices subjetivos de infecciones del tracto respiratorio superior (ITRS) y la fatiga en atletas de alta intensidad</p>	<p>Efecto de LC-Plasma sobre los marcadores de daño muscular y estrés</p>	<p>Disminuyó la morbilidad y síntomas de ITRS consecutivos a través de la activación de pDC durante un ejercicio intenso prolongado</p> <p>Disminuyó la acumulación de fatiga</p>
<p>Combined effect of Bacillus coagulans GBI-30, 6086 and HMB supplementati</p>	<p>(Gepner, y otros, 2017)</p>	<p>26 varones de una unidad de combate de élite de las Fuerzas de Defensa de Israel fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos:</p> <p>1) <i>Bacillus coagulans</i> GBI-30 (BC30)</p>	<p>Comparar la administración conjunta de BC30 y CaHMB con CaHMB solo en la respuesta inflamatoria y en</p>		<p>La combinación de BC30 + CaHMB disminuyó los marcadores de respuesta inflamatoria</p>

<p>on on muscle integrity and cytokine response during intense military training</p>		<p>1.0 × 10⁹ CFU con CaHMB (β-hidroxi-β-metilbutirato de Ca) 3 g (n=9) Grupo CaHMBBC30 2) 3 g de CaHMB. Grupo (CaHMBPL) (n = 9) 3) Placebo. Grupo control (CTL) (n=8) Duración: 40 días</p>	<p>la integridad muscular</p>		<p>(IL-6, IL-10) y mantuvo la integridad muscular.</p>
<p>Effects of Lactobacillus casei Shirota ingestion on common cold infection and herpes virus antibodies in endurance athletes: a placebo-controlled, randomized trial</p>	<p>(Gleeson, Bishop, & Struszcak, 2016)</p>	<p>268 deportistas universitarios fueron asignados aleatoriamente a 2 grupos: uno (PRO, n = 137) con suplementación con probióticos (Bebida de leche fermentada que contiene <i>L. casei</i> Shirota, 6.5 × 10⁹ UFC consumida 2 veces al día); y otro, placebo (PLC, n = 131) Duración: 20 semanas</p>	<p>Evaluar los efectos de la ingestión de <i>L. casei Shirota</i> en la infección por resfriado común y anticuerpos frente a CMV en personas con alta actividad física.</p>		<p>No se redujo la incidencia del episodio de ITRS, quizá por su baja incidencia. Se observó en el grupo PRO una disminución de los títulos de IgG frente a CMV y VEB en plasma pero permanecieron sin cambios en el tiempo en el grupo PLC, lo cual supone un beneficio para el SI.</p>
<p>Lactobacillus fermentum (PCC®) supplementation and gastrointestinal and respiratory-tract illness symptoms: a randomised control trial in athletes</p>	<p>(Petersen, West, y otros, 2011)</p>	<p>99 ciclistas competitivos (64 hombres y 35 mujeres) asignados de manera aleatoria a probiótico (<i>Lactobacillus fermentum</i> (PCC®) 1 × 10⁹ CFU) uno al día, o bien al tratamiento con placebo. Duración: 11 semanas</p>	<p>Efectos sobre los síntomas GI y de ITRS en una cohorte de individuos sanos y físicamente activos</p>	<p>Efecto sobre la microbiología fecal y los aspectos clave de la inmunidad en reposo y en respuesta a una prueba de ejercicio hasta el agotamiento.</p>	<p>Se observó una reducción significativa de ITRS y síntomas GI tanto en duración como en gravedad en hombres. Sin embargo, en mujeres no se observaron efectos significativos.</p>

<p>Gut Balance, a synbiotic supplement, increases fecal Lactobacillus paracasei but has little effect on immunity in healthy physically active individuals</p>	<p>(P West, y otros, 2012)</p>	<p>22 varones sanos, activos físicamente (ciclismo) fueron asignados aleatoriamente a suplementación prebiótica (formado mayoritariamente por polvo de acacia 116 mg) o Simbiótica, el Gut Balance [probióticos 4.6×10^8 UFC <i>L. paracasei subs paracasei</i> (<i>L. casei</i> 431®), 6×10^8 UFC <i>B. animalis ssp. lactis</i> (BB-12®), 4.6×10^8 UFC <i>L. acidophilus</i> LA-5, 4.6×10^8 UFC <i>L. rhamnosus</i> GG, prebióticos raftilina y raftilosa, e inmunoglobulina]</p> <p>Duración: 3 semanas</p>	<p>Evaluar el efecto de la suplementación simbiótica en comparación con un prebiótico a base de goma acacia sobre la microbiota fecal, AGCC, permeabilidad intestinal, lactoferrina salival y citoquinas séricas</p>		<p>Aumentó <i>Lactobacillus paracasei</i> pero no tuvo efecto sobre las medidas de inmunidad sistémica o mucosa, incluida la permeabilidad intestinal</p>
<p>A novel role of probiotics in improving host defence of elite rugby union athlete: A double blind randomised controlled trial</p>	<p>(L Pumpa, J McKune, & Harnett, 2019)</p>	<p>19 varones atletas de élite de rugby, asignados aleatoriamente a probiótico: (n = 9) (<i>L. rhamnosus</i>, <i>L. casei</i>, <i>L. acidophilus</i>, <i>L. plantarum</i>, <i>L. fermentum</i>, <i>B. lactis</i>, <i>B. bifidum</i>, <i>S. thermophilus</i> 60 billones UFC totales al día) y a Placebo: (n = 10)</p> <p>En la etapa 3 del estudio se añadió 500 mg <i>S. boulardi</i> consumido de manera conjunta con el primer probiótico.</p> <p>Duración: 17 semanas</p>	<p>Examinar los efectos de un protocolo probiótico sobre la incidencia y la gravedad de las infecciones de las vías respiratorias y gastrointestinales en deportistas de élite de rugby en una temporada de competición internacional</p>	<p>Se investigaron las asociaciones entre biomarcadores salivales del estrés (cortisol, alfa-amilasa) y la inmunidad de mucosa (IgA secretora)</p>	<p>El protocolo probiótico se asoció con una baja incidencia de las infecciones respiratorias y gastrointestinales. También aumentó la secreción de la alfa-amilasa salival.</p>

Tabla 3.1. Tabla resumen que incluye los datos de interés de los artículos incluidos en esta revisión.

3.2. Evaluación de la calidad metodológica de los artículos seleccionados

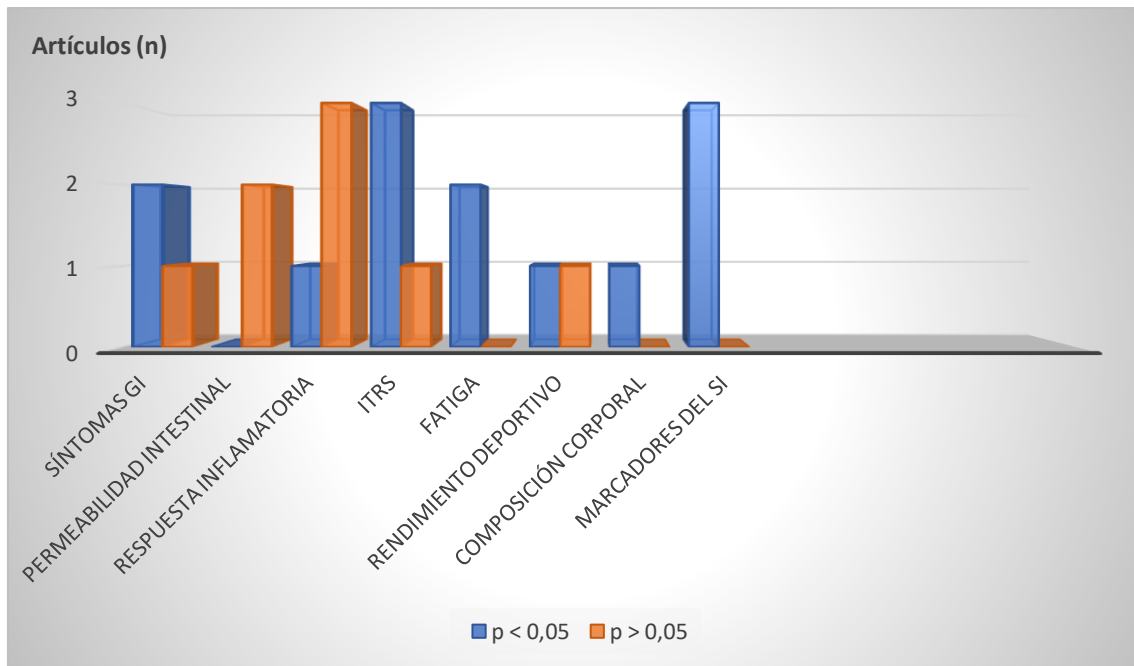
Los artículos incluidos en la presente revisión bibliográfica son ensayos clínicos aleatorizados. Para su incorporación hemos evaluado de manera independiente la calidad metodológica de cada ensayo clínico mediante la escala de Jadad (Tabla 3.2), de tal forma que cuanto mayor sea el resultado obtenido de dicha escala, mayor calidad tiene el estudio analizado. Aquellos de menor calidad son los que obtienen un valor inferior a 3, pudiendo ser el máximo 5, caso en el que se catalogaría como artículo “riguroso”. Salvo un par de estudios, el resto de los artículos analizados tienen una puntuación mínima de 3 y son de una calidad “aceptable”. Debido a que en algunos de ellos no especificaron ni explicaron las pérdidas del estudio, el método de aleatorización o el método de doble ciego no eran adecuados. También hay dos estudios que no han llegado a superar el 3, de manera que quedan excluidos por ser un criterio de exclusión.

ARTÍCULO	ALEATORIZACIÓN	MÉTODO ALEATEATORIO	DOBLE CIEGO	MÉTODO DOBLE CIEGO	PÉRDIDAS	TOTAL
Pugh JN et al (2019)	1	1	1	1	1	5
Roberts JD et al (2016)	1	0	1	0	0	2
Jäger R et al (2016)	1	0	1	0	1	3
Strasser B et al (2016)	1	1	1	1	1	5
Huang WC et al (2019)	1	1	1	1	0	4
Komano Y et al (2018)	1	1	1	1	1	5
Gepner Y et al (2017)	1	0	1	0	1	3
Gleeson M et a (2016)	1	1	1	1	1	5
O'Brien KV et al (2015)	0	0	0	0	0	0
West NP et al (2011)	1	1	1	1	1	5
West NP et al (2012)	1	0	1	0	1	3
Pumpa et al. (2019)	1	0	1	1	1	4

Tabla 3.2. Puntuación Jadad de los artículos incluidos en la revisión.

3.3. Resultados del estudio en conjunto de los artículos seleccionados

La Gráfica 3.1 muestra las variables clínicas analizados en los ensayos clínicos analizados en esta revisión junto con su significación estadística ($p < 0.05$ si existen diferencias estadísticamente significativas y $p > 0.05$ si no existen).



Gráfica 3.1. Variables clínicas analizadas en los artículos revisados.

De esta gráfica podemos observar que de entre las variables incluidas en los estudios revisados, la que se ha visto más afectada por los efectos de la suplementación probiótica y simbiótica ha sido los marcadores del SI (títulos de anticuerpos frente a CMV y VEB, la microbiota fecal, la alfa amilasa salival) junto con las IRTS, encontrando diferencias significativas en tres artículos en ambos casos pero y en uno de ITRS sin diferencias significativas. Por debajo, está la fatiga y los síntomas GI con 2 artículos cada uno en los que se establecieron diferencias sustanciales ($p < 0,05$). Estos últimos presenta 1 estudio en los que no fue posible establecer diferencias significativas ($p > 0,05$). En el lado opuesto, al no haber encontrado diferencias significativas, se sitúa la permeabilidad intestinal, que en dos de los artículos no se consiguió establecer diferencias significativas. Otros de las variables más estudiadas fue la respuesta inflamatoria con 2 artículos en los que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) y uno en el que sí ($p < 0,05$). Por último, nos encontramos ante el rendimiento deportivo con 1 en cada columna

4. DISCUSIÓN

En este trabajo final de los estudios de grado de nutrición humana y dietética se ha realizado una revisión bibliográfica para comprobar si la suplementación de prebióticos, probióticos o simbióticos mejora el rendimiento deportivo. También se ha estudiado su influencia sobre otras variables como son las infecciones de las vías respiratorias, los parámetros inflamatorios y los

cambios en los síntomas gastrointestinales, en la fatiga, en la composición corporal, en la permeabilidad intestinal y en los marcadores de sistema inmunológico.

En lo concerniente a la sintomatología GI, se realizó un estudio en ciclistas profesionales (**P West, y otros, 2011**). Se observó que tanto el número como la duración de los síntomas GI leves fueron dos veces mayor en el grupo suplementado con *Lactobacillus fermentum*. Sin embargo, en hombres hubo una reducción significativa de 0.7 (de 0.2 a 1.2) en la escala de gravedad autoinformada de los síntomas GI debido a la carga media del entrenamiento. Un año más tarde, en otro estudio realizado por el mismo grupo de investigación (**P West, y otros, 2012**) se observó que en varones físicamente activos (ciclismo) la suplementación simbiótica alteró significativamente la composición de la MI en comparación con la suplementación prebiótica ($p < 0,001$). Hubo un aumento 9 veces mayor de la cantidad de *L. paracasei* fecal en el grupo suplementado con simbióticos en comparación con los prebióticos, pero no hubo diferencias significativas en la permeabilidad intestinal ($p = 0,19$).

Cambiando de deporte, en un estudio (**N Pugh, y otros, 2019**) cuyos participantes eran maratonianos, se evaluó el efecto de un suplemento de varias cepas de probióticos (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* y *Bifidobacterium animalis*) sobre la prevalencia de los síntomas GI, siendo los episodios moderados menores durante la 3ª y 4ª semana comparados con la 1ª y 2ª semana ($p < 0,05$) en los deportistas que tomaron los probióticos. Además, durante el maratón, la gravedad de los síntomas GI se redujeron de manera sustancial durante el tercio final ($p < 0,010$) en los deportistas que tomaron los probióticos. Por otra parte, se realizó un estudio con jugadores de élite de rugby que constó de tres etapas. La primera de control, la segunda con tratamiento de un compuesto probiótico a base de *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus* y una tercera en la cual se añadió otro suplemento de *Saccharomyces boulardi* que se coadministró con el anterior. Se observó que los deportistas incluidos en la tercera etapa presentaron una menor incidencia de síntomas GI, pero sin diferencias significativas entre grupos ($p > 0,05$) (**L Pumpa, J McKune, & Harnett, 2019**).

Respecto al SI, se estudió la repercusión de la suplementación en algunas infecciones del tracto respiratorio superior. Se realizó un estudio (**Strasser, y otros, 2016**) con 33 atletas voluntarios a los cuales se les administró a 17 de ellos un compuesto probiótico formado por 6 cepas

(*Bifidobacterium bifidum* W23, *Bifidobacterium lactis* W51, *Enterococcus faecium* W54, *Lactobacillus acidophilus* W22, *Lactobacillus brevis* W63, y *Lactococcus lactis* W58). En este grupo, la incidencia de ITRS resultó ser 2,2 veces menor que en el grupo placebo ($p = 0,016$). También se reportó un aumento de las tasas de degradación de trp en el grupo placebo en un 11%, sin diferencias significativas en el grupo suplementado ($p = 0,13$). De esta forma, podemos decir que los probióticos han mitigado la degradación de trp inducido por el ejercicio.

Volviendo a las ITRS, en otro estudio (**Komano, y otros, 2018**) basado en la administración de *Lactococcus lactis* JCM 5805 en varones atletas durante entrenamientos de alta intensidad, se observó que las ITRS fueron más bajas tanto los días acumulados ($p = 0,028$) como los episodios de estornudo y mucosidad nasal ($p = 0,032$) en los atletas suplementados en comparación con placebo. Sin embargo, aportando una bebida de leche fermentada que contiene *L. casei* Shirota no se obtuvieron diferencias significativas ni en incidencia de ITRS ($p = 0,365$) ni en su duración y gravedad, en atletas de resistencia ($p > 0,05$) (**Gleeson, C Bishop, & Struszcak, 2016**). Esto puede explicarse quizá por la baja incidencia de ITRS en el último estudio. Sin embargo, las conclusiones de interés de este estudio se basaron en una reducción sustancial de los anticuerpos en plasma de tipo IgG frente a CMV ($p = 0,023$) y VEB ($p = 0,001$) en seropositivos del grupo suplementado, lo cual es posible interpretarlo como un beneficio del estado inmune general. Sin embargo, utilizando un probiótico de *L. fermentum* (**P West, y otros, 2011**), los efectos sobre la carga de enfermedad de ITRS no disminuyeron significativamente en los hombres y en las mujeres ($p > 0,05$). Pero, en mujeres que tomaron el probiótico se observó un aumentó tanto de duración como gravedad de los síntomas de ITRS en un factor de 2,2 (IC del 99%; 0,41 a 2,7), al contrario que los hombres cuya incidencia fue menor en un factor de 0,31 (IC del 99%; 0,07 a 0,96). Parece ser que la suplementación con *L. plantarum* reduce la incidencia de ITRS en hombres ,pero sería necesario resolver la incertidumbre sobre sus efectos en mujeres.

En cuanto a la implicación de los probióticos, prebióticos y simbióticos en la inflamación, el impacto sobre la IL-6 y otras citoquinas es controvertido (**Jäger, y otros, 2016**); (**P West, y otros, 2012**); (**N Pugh, y otros, 2019**); (**Gepner, y otros, 2017**). Parece ser que disminuyen los niveles de citoquinas pero se necesitarían más estudios que lo confirmen ya que de los 4 artículos que medían estos parámetros, 2 de ellos los redujeron de

manera significativa ($p < 0,05$), en uno de ellos no se pudieron establecer diferencias significativas ($p > 0,05$) y en otro se vieron aumentados de forma significativa ($p > 0,05$).

También se aplicaron suplementos probióticos para dilucidar los efectos en parámetros de inmunidad, por ejemplo, la alfa amilasa salival. En un estudio, **(L Pumpa, J McKune, & Harnett, 2019)**, se agruparon a jugadores de rugby profesionales en tres grupos: el primero, grupo control sin suplementación, el segundo recibió un probiótico (formado por *L. rhamnosus*, *L. casei*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*, *B. lactis*, *B. bifidum*, *S. thermophilus*) y el tercero al que se coadministró al anterior *S. boulardi*. Se objetivó un aumento significativo en el tercer grupo ($P = 0.007$) de los niveles de alfa amilasa salival. La alfa amilasa salival es marcador sustituto de actividad elevada del sistema nervioso autónomo / simpático en respuesta a la actividad física o estrés psicológico. De tal manera que el estrés está muy asociado a una mayor susceptibilidad y riesgo de infecciones. Como en este estudio vemos que ha aumentado la alfa amilasa salival y que la incidencia de infecciones ha sido muy baja, es posible que pueda ser porque la alfa amilasa salival actúe como un marcador de defensa del huésped en atletas que toman probióticos.

Por último, la fatiga es un parámetro imprescindible que hay que controlar para tener un rendimiento óptimo en cada entrenamiento o competición. En un estudio **(Jäger, y otros, 2016)** se observó que los hombres entrenados en ejercicio de resistencia al consumir una cápsula de probióticos (*S. thermophilus* FP4 y *B. breve* BR03) mostraron una posible mejora en la producción de fuerza isométrica después de 24 a 72h del período de recuperación tras un ejercicio excéntrico de daño muscular. Sin embargo, no es posible saber si los resultados son significativos para justificar este aumento. Adicionalmente, en otro estudio **(Komano, y otros, 2018)**, el cual está descrito anteriormente, se observó una disminución significativa de los días acumulados de fatiga en el grupo suplementado con probióticos ($p = 0,032$). La suplementación probiótica parece influir positivamente en la producción de fuerza isométrica aunque se necesita más estudios al respecto y tal vez, reduzca los días acumulados de fatiga.

Haciendo hincapié en los parámetros que ayudan a medir la fatiga, en el estudio de Huang y col. **(Huang, y otros, 2019)** se midieron los niveles de lactato sérico y de producción de amoníaco antes y después del tratamiento con probióticos. El estudio constó de 3 grupos (placebo, TWK10 a baja dosis y TWK10 a alta dosis). El TWK10 está formado por *L. plantarum*. Se observó que la acumulación de lactato mejoró significativamente tanto en la fase del

ejercicio como en la de descanso en comparación con placebo ($p < 0,05$). También, la producción de amoníaco se mitigó significativamente en el grupo tratado con dosis altas de probiótico en la fase del ejercicio y la de descanso ($p < 0,05$). En este artículo no solo se observó un beneficio sobre los marcadores de la fatiga, sino que también se observaron mejoras en cuanto a la composición corporal de aquellos que consumieron probióticos, ya que los grupos que recibieron TWK10 mostraron una disminución sustancial de la masa grasa ($p < 0,05$) y un aumento de la masa muscular, esta última en altas dosis de TWK10 ($P < 0,05$). Otro de los hallazgos importantes fue el aumento del tiempo de agotamiento (capacidad para mantener la intensidad de trabajo antes del agotamiento), que se produjo de manera significativa tanto en atletas que recibieron TWK10 en baja dosis ($P = 0.0207$) como en alta dosis ($P < 0.001$) en comparación con placebo. Esto se traduce en un mayor tiempo manteniendo la intensidad durante el ejercicio antes de la extenuación, es decir, un mejor rendimiento. Por lo tanto, el TWK10 mejoró significativamente el rendimiento de resistencia de forma dependiente de la dosis. Este estudio puede arrojar algo de luz en cuanto a investigaciones futuras para estudiar el efecto ergogénico de los probióticos.

4.1. Limitaciones del estudio

Todos los artículos incluidos son ensayos clínicos aleatorizados que aportan una mayor evidencia científica, pero son estudios con número de sujetos pequeño, con un rango que va desde 15 hasta 268. Además, se han escogido voluntarios tanto aficionados como profesionales físicamente activos. En los protocolos se han utilizado tanto ejercicios de resistencia como de fuerza.

En cuanto a las intervenciones, hay una gran variabilidad en cuanto al tiempo de administración de los probióticos, cuya duración oscila desde 13 días hasta 20 semanas.

Por otra parte, las intervenciones tienen distintos protocolos en cuanto a dosis, probiótico y cepas utilizadas, entre otras variables.

5. CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las conclusiones obtenidas.

1. Los probióticos pueden mejorar el rendimiento deportivo, sobre todo en deportes de resistencia, aunque no hay suficiente literatura al respecto y se necesitan más estudios basados en la evidencia científica sobre los efectos ergogénicos de los prebióticos, probióticos y simbióticos.
2. En los deportistas que tomaron probióticos se observó mejoras en cuanto a las infecciones del tracto respiratorio superior, marcadores inmunológicos y de la sintomatología gastrointestinal. Sin embargo, esta afirmación no es válida para los prebióticos y los simbióticos.
3. Los probióticos ayudan en la disminución de la fatiga y favorecen la recuperación.
4. La administración de probióticos puede mejorar la composición corporal.
5. Los prebióticos, probióticos y simbióticos no ejercen de manera significativa efectos sobre la permeabilidad intestinal.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (AGNS), F. Q. (2007). FAO TECHNICAL MEETING ON. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- (WGO), W. G. (Febrero de 2017). *Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos*. Obtenido de <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-spanish-2017.pdf>
- Alaranta, A., Alaranta, H., & Helenius, I. (2008). Use of Prescription Drugs in Athletes. *Sports Medicine*, V. (6), 449-463.
- Barton, W., C Penney, N., Cronin, O., García Perez, I., G, M., Holmes, E., . . . D Cotte, P. (5 de Abril de 2017). The Microbiome of Professional Athletes Differs From That of More Sedentary Subjects in Composition and Particularly at the Functional Metabolic Level. *BMJ Journals*, 625-633.
- Corzo, N., Alonso, J. L., Azpiroz, F., Calvo, M. A., Cirici, M., Leis, R., . . . Sanz, M. L. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición Hospitalaria*, V. (31), 99-118.
- DeGruttola, A. K., Low, D., Mizoguchi, A., & Mizoguchi, E. (1 de Mayo de 2016). *Current understanding of dysbiosis in disease in human and animal models*. Obtenido de Pubmed: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4838534/>
- F murphy, E., O'Sullivan, O., J Lucey, A., Humphreys, M., Hogan, A., Hayes, P., . . . G Molloy, M. (5 de Abril de 2014). Exercise and Associated Dietary Extremes Impact on Gut Microbial Diversity. *Gut BMJ*, 1913-1920. Obtenido de Exercise and Associated Dietary Extremes Impact on Gut Microbial Diversity: Siobhan F Clarke
- FAO. (2007). FAO Technical Meeting on prebiotics. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- Gepner, Y., Hoffman, J., Shemesh, E., R Stout, J., D Church, D., N Varanoske, A., . . . Ostfeld, I. (2017). Combined Effect of Bacillus coagulans GBI-30, 6086 and HMB Supplementation on Muscle Integrity and Cytokine Response During Intense Military Training. *Journal of Applied Physiology*, V. (1), 11-18.
- Gleeson, M., C Bishop, N., & Struszcak, L. (2016). Effects of Lactobacillus Casei Shirota Ingestion on Common Cold Infection and Herpes Virus Antibodies in Endurance Athletes: A Placebo-Controlled, Randomized Trial. *European Journal of Applied Physiology*, 1555-1563.
- Huang, W.-C., Lee, M.-C., Lee, C.-C., Ng, K.-S., Hsu, Y.-j., Tsai, T.-Y., . . . Huang, C.-C. (2019). Effect of Lactobacillus plantarum TWK10 on Exercise Physiological Adaptation, Performance, and Body Composition in Healthy Humans. *Nutrients*, V. (11), 2836.

- ISAPP. (2008). 6th Meeting of the International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics. London, Ontario.
- Jäger, R., E. Mohr, A., C. Carpenter, K., M. Kerksick, C., Purpura, M., Moussa, A., . . . J. A. (2019). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Probiotics. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, V. (16).
- Jäger, R., Purpura, M., D. Stone, J., M. Turner, S., J. Anzalone, A., J. Eimerbrink, M., . . . M. Oliver, J. (2016). Probiotic *Streptococcus thermophilus* FP4 and *Bifidobacterium breve* BR03 Supplementation Attenuates Performance and Range-of-Motion Decrements Following Muscle Damaging Exercise. *Nutrients*, V. (10), 642.
- Komano, Y., Shimada, K., Naito, H., Fukao, K., Ishihara, Y., Fujii, T., & Daida, H. (2018). Efficacy of Heat-Killed *Lactococcus Lactis* JCM 5805 on Immunity and Fatigue During Consecutive High Intensity Exercise in Male Athletes: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blinded Trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, V. (15).
- L Pumpa, K., J McKune, A., & Harnett, J. (2019). A Novel Role of Probiotics in Improving Host Defence of Elite Rugby Union Athlete: A Double Blind Randomised Controlled Trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, V. (22), 876-881.
- Mohr, A. E., Jäger, R., Carpenter, K. C., M. Kerksick, C., Purpura, M., R. Townsend, J., . . . B. Kreider, R. (8 de Abril de 2020). The athletic gut microbiota. *Journal of the International Society*, V.17. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7218537/>
- N Pugh, J., S Sparks, A., A Doran, D., C Fleming, S., Langan-Evans, C., Kirk, B., . . . L Close, G. (2019). Four Weeks of Probiotic Supplementation Reduces GI Symptoms During a Marathon Race. *European Journal of Applied Physiology*, V. (7), 1491-1501.
- Olveira, G., & González-Molero, I. (2016). Actualización de probióticos, prebióticos y simbióticos en nutrición clínica. *Endocrinología y Nutrición*, V. (63). Núm (9), 482-494.
- P West, N., B Pyne, D., W Cripps, A., G Hopkins, W., C Eskesen, D., Jairath, A., . . . A Fricker, P. (2011). *Lactobacillus Fermentum* (PCC®) Supplementation and Gastrointestinal and Respiratory-Tract Illness Symptoms: A Randomised Control Trial in Athletes. *Nutrition Journal*, V. (10).
- P West, N., B Pyne, D., W Cripps, A., T Christophersen, C., A Conlon, M., & A Fricker, P. (2012). Gut Balance, a synbiotic supplement, increases fecal *Lactobacillus Paracasei* but has little effect on immunity in healthy physical active individuals. *Gut Microbes*, V. (3), 221-227.
- Peters, H. P., De Vries, W., Vanberge-Henegouwen, G., & Akkermans, L. (14 de Abril de 2001). Potential benefits and hazards of physical activity and exercise on the gastrointestinal tract. *Gut BMJ*, 435-439. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11171839/>
- Petersen, L. M., J Bautista, E., Nguyen, H., M Hanson, B., Chen, L., H Lek, S., . . . M Weinstrock, G. (5 de Abril de 2017). Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. *Microbiome*, 98. Obtenido de Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28797298/>

- Purvis MS, D., Gonsalves MNP, S., & A. Deuster PhD, P. (2010). Physiological and Psychological Fatigue in Extreme Conditions: Overtraining and Elite Athletes. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, V. (2).
- R. Gibson, G., & B. Roberfroid, M. (1995). Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *The Journal of Nutrition*, V. (125), 1401-1412.
- Rajilić-Stojanović, M., & M de Vos, W. (27 de Junio de 2014). The First 1000 Cultured Species of the Human Gastrointestinal Microbiota. *FEMS Microbiol Rev*, 996-1047. Obtenido de Pubmed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24861948/>
- Roberfroid, M., R Gibson, G., Hoyles, L., L McCartney, A., Rastall, R., Rowland, I., . . . Meheust, A. (2010). Prebiotic Effects: Metabolic and Health Benefits. *The British Journal of Nutrition*, V. (104).
- Sebastián-Domingo, J.-J. (Abril de 2020). *Scielo*.
- Sebastián-Domingo, J.-J., & Sánchez Sánchez, C. (3 de Abril de 2020). De la flora intestinal al microbioma. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, vol.110. Obtenido de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082018000100009
- Strasser, B., Geiger, D., Schauer, M., M Gostner, J., Gatterer, H., Burstscher, M., & Fuchs, D. (2016). 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*, V. (11), 752.
- T MackKinnon, L. (2000). Overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunology & Cell Biology*, V. (78).
- Thursby, E., & Juge, N. (3 de Abril de 2020). *Biochem J. Introduction to the human gut microbiota*, 1823–1836. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5433529/>
- Villegas García, J. A. (2014). Microbiota intestinal y actividad física intensa. *Archivos Medicina Del Deporte*, V. (4), 268-272.