



## Convergencia biotecnología y fitness: Análisis cuantitativo y tendencias emergentes

### Biotechnology and fitness convergence: Scientometric analysis and emerging trends

Jorge Quiroz Mendoza <sup>1</sup>, María Fernanda Moreno Bernal <sup>1</sup>, John Jairo Agredo-Collazos <sup>1</sup>, Karla Andrea Pérez Aragón <sup>1</sup>, Armando González Mígués <sup>1</sup>, Juan Carlos Pozos Echeverría <sup>1</sup>, Manuel Ernesto Castillo Márquez <sup>1</sup>, María Cristina Miranda-Vergara <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Biotecnología, Decanato de Ciencias de la Vida y la Salud, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México.

\* Autor de correspondencia: mariacristina.miranda@upaep.mx; Tel: +52 (222) 217 8903

**Fecha de Recepción:** 11 de febrero del 2026.

**Fecha de Revisión:** 19 de marzo del 2026.

**Fecha de Publicación:** 8 de mayo del 2026.

ISSN: 3061-838X

DOI: 10.82580/revateh.v2i2.42

**Citación:** Jorge Quiroz Mendoza, María Fernanda Moreno Bernal, John Jairo Agredo-Collazos, Karla Andrea Pérez Aragón, Armando González Mígués, Juan Carlos Pozos Echeverría, Manuel Ernesto Castillo Márquez, María Cristina Miranda-Vergara. Convergencia biotecnología y fitness: Análisis cuantitativo y tendencias emergentes. Revista en Ciencia y Tecnología del Valle de Tehuacán, 2026, 2, 44-56.

**Copyright:** © 2026 por los autores. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

### Resumen

La convergencia entre la biotecnología y el fitness se reconoce como un campo emergente orientado a optimizar el rendimiento físico, la recuperación y la salud metabólica mediante la integración de la microbiología aplicada, la nutrición funcional y el desarrollo de biomateriales. El creciente interés por la medicina personalizada, la modulación del microbioma intestinal y la innovación en suplementos bioactivos ha impulsado la investigación sobre la interacción entre biotecnología y actividad física, aunque aún existe una limitada sistematización del conocimiento en esta área. Se realizó una revisión sistemática basada en la metodología PRISMA y un análisis cuantitativo de literatura indexada en PubMed entre 2020 y 2025, utilizando términos de búsqueda relacionados con biotechnology, fitness y supplements; la estrategia inicial identificó 77 registros, de los cuales 47 cumplieron criterios temporales y 27 fueron incluidos tras el proceso de cribado y elegibilidad. Se observa una concentración temática en nutrición funcional, probióticos, microbioma intestinal, modelos murinos C57BL y fisiología del ejercicio, evidenciando un aumento en la producción científica y el predominio de enfoques experimentales orientados al rendimiento y la regulación metabólica; asimismo, se identifican redes de colaboración internacional lideradas por Estados Unidos e Italia, con participación creciente de China, Brasil y Reino Unido. La biotecnología aplicada al fitness se consolida como un campo multidisciplinario en expansión que integra herramientas moleculares, nutraceuticas y biomateriales para optimizar el rendimiento, la recuperación y el bienestar integral. A futuro, es necesario impulsar estudios longitudinales y ensayos controlados que validen su eficacia y seguridad en diversas poblaciones, incluyendo contextos locales. La integración de enfoques ómicos y análisis de datos permitirá avanzar hacia estrategias verdaderamente personalizadas. En términos de aplicación, estos avances favorecen la transferencia tecnológica hacia los sectores salud y deportivo mediante programas de entrenamiento de precisión y protocolos de recuperación individualizados. Asimismo, abren oportunidades para el desarrollo de productos biotecnológicos con pertinencia regional. En conjunto, este campo puede contribuir al fortalecimiento de la innovación y la salud pública. Todo ello bajo un marco de implementación segura, ética y regulada.

**Palabras clave:** Biotecnología; Fitness; Cuantitativa; Microbioma intestinal; Rendimiento físico



## Abstract

The convergence between biotechnology and fitness is recognized as an emerging field aimed at optimizing physical performance, recovery, and metabolic health through the integration of applied microbiology, functional nutrition, and biomaterial development. Growing interest in personalized medicine, gut microbiome modulation, and innovation in bioactive supplements has driven research on the interaction between biotechnology and physical activity, although systematic knowledge in this area remains limited. A systematic review based on PRISMA guidelines and a scientometric analysis of literature indexed in PubMed between 2020 and 2025 have been conducted using search terms related to biotechnology, fitness, and supplements; the initial search identified 77 records, of which 47 met temporal criteria and 27 were included after screening and eligibility processes. A thematic concentration is observed around functional nutrition, probiotics, gut microbiome, murine C57BL models, and exercise physiology, evidencing an increase in scientific production and the predominance of experimental approaches focused on performance and metabolic regulation; international collaboration networks led by the United States and Italy are also identified, with growing participation from China, Brazil, and the United Kingdom. Biotechnology applied to fitness is emerging as an expanding multidisciplinary field that integrates molecular tools, nutraceuticals, and biomaterials to optimize performance, recovery, and overall well-being. Moving forward, longitudinal studies and controlled trials are needed to validate its efficacy and safety across diverse populations, including local contexts. The integration of omics approaches and data analytics will enable the development of truly personalized strategies. In terms of application, these advances promote technology transfer to the health and sports sectors through precision training programs and individualized recovery protocols. They also create opportunities for the development of regionally relevant biotechnological products. Overall, this field has the potential to strengthen innovation and public health. All of this should be implemented within a safe, ethical, and regulated framework.

**Keywords:** Biotechnology, Fitness, Scientometrics, Gut microbiome, Physical performance.

## 1. Introducción

La biotecnología se ha consolidado como una disciplina clave en la convergencia entre ciencias biológicas, ingeniería y aplicaciones tecnológicas, con un impacto directo en la salud, la agricultura, la industria y el medio ambiente [1]. En paralelo, el mundo del fitness ha experimentado un crecimiento notable, impulsado por la preocupación por la salud, la nutrición personalizada y el rendimiento físico. La intersección entre ambos campos abre un nuevo horizonte para comprender cómo los avances biotecnológicos pueden optimizar el bienestar humano y potenciar la cultura fitness a nivel global [2].

Dentro del contexto fitness, la biotecnología tiene aplicaciones que incluyen el desarrollo de suplementos alimenticios basados en organismos modificados, probióticos con impacto en la microbiota intestinal y técnicas

moleculares para monitorear marcadores de recuperación y fatiga<sup>2</sup>. Asimismo, la implementación de la biotecnología en el deporte abarca desde la producción de proteínas funcionales hasta el diseño de biomateriales para rehabilitación, lo que refuerza el carácter multidisciplinario de esta convergencia.

La cienciometría se ha posicionado como un enfoque metodológico esencial para mapear la evolución del conocimiento científico, identificar tendencias emergentes y caracterizar redes de colaboración [3]. Su aplicación en áreas de salud, deporte y biotecnología permite detectar las dinámicas de publicación, así como los autores, instituciones y países líderes en la producción científica. Esta perspectiva cuantitativa resulta útil para comprender la magnitud del vínculo entre biotecnología y fitness.



Diversos estudios cuantitativos han explorado la relación entre actividad física y ciencia aplicada [4]; por ejemplo, se han realizado análisis bibliométricos de la investigación sobre fitness y deportes que identifican patrones temáticos globales y áreas de crecimiento. De manera complementaria, otros trabajos han examinado la asociación entre actividad física y función cognitiva, destacando cómo los estudios bibliométricos permiten visualizar la evolución de campos interdisciplinarios en expansión [5].

A pesar de los avances señalados, no existen estudios que integren de manera sistemática la producción científica vinculada al eje biotecnología y fitness. Mientras que la biotecnología ha sido ampliamente estudiada en sectores agroalimentarios, industriales o médicos [6], el análisis de su relación con el mundo fitness sigue siendo incipiente y fragmentado [22]. Esta ausencia representa una oportunidad para generar un panorama integral de la investigación publicada y evaluar cómo se articula la innovación biotecnológica con el entrenamiento, la nutrición y la salud física. En este contexto surge la necesidad de responder a la siguiente pregunta: ¿cómo ha evolucionado la producción científica que vincula la biotecnología y el fitness en los últimos años y cuáles son sus principales tendencias temáticas y redes de colaboración? Para abordar esta cuestión, el presente estudio propone un análisis cuantitativo de la literatura científica relacionada con biotecnología y fitness utilizando la base de datos PubMed y las herramientas bibliométricas Bibliometrix (R/Biblioshiny) y VOSviewer para examinar patrones de publicación, coautoría y evolución temática. Este enfoque permite aportar una visión sistemática del desarrollo del campo dentro del ámbito de la biotecnología aplicada al fitness.

## 2. Metodología

La identificación y selección de la literatura científica se realizó conforme a los estándares establecidos por el método

PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) [7]. La estrategia de búsqueda bibliográfica se desarrolló de manera sistemática en la base de datos PubMed, seleccionada por su especialización en literatura biomédica y biotecnológica, su indexación en MEDLINE y el uso de vocabulario controlado (MeSH), lo que favorece la recuperación precisa y reproducible de evidencia científica de alta calidad. Para la identificación de estudios relevantes, se emplearon las palabras clave “biotechnology AND fitness AND supplements”, definidas a partir del objetivo del estudio y de una revisión exploratoria preliminar de títulos, resúmenes y palabras clave de publicaciones relacionadas. La selección de estos términos permitió delimitar la búsqueda hacia la intersección entre la biotecnología como campo disciplinar, el fitness como contexto de aplicación y los suplementos como uno de los principales productos derivados de esta convergencia. El uso del operador booleano “AND” restringió la recuperación a documentos que incluyeran simultáneamente los tres componentes temáticos, incrementando la especificidad de la estrategia. La búsqueda se limitó a esta base de datos con el fin de asegurar la consistencia metodológica y la comparabilidad de los resultados dentro de un corpus homogéneo de literatura biomédica.

La búsqueda en PubMed fue restringida a publicaciones entre 2020 y 2025. Los registros recuperados fueron sometidos a un proceso de selección (screening) basado en criterios de relevancia temática previamente definidos.

## 3. Resultados y discusión

La consulta inicial en PubMed identificó 77 registros. Tras aplicar el filtro temporal (2020–2025), se obtuvieron 47 registros para evaluación. Durante la fase de cribado (screening), se excluyeron 20 estudios por no cumplir con los criterios de relevancia temática. Los 27 artículos restantes fueron evaluados manualmente en texto completo durante la fase de elegibilidad, mediante un

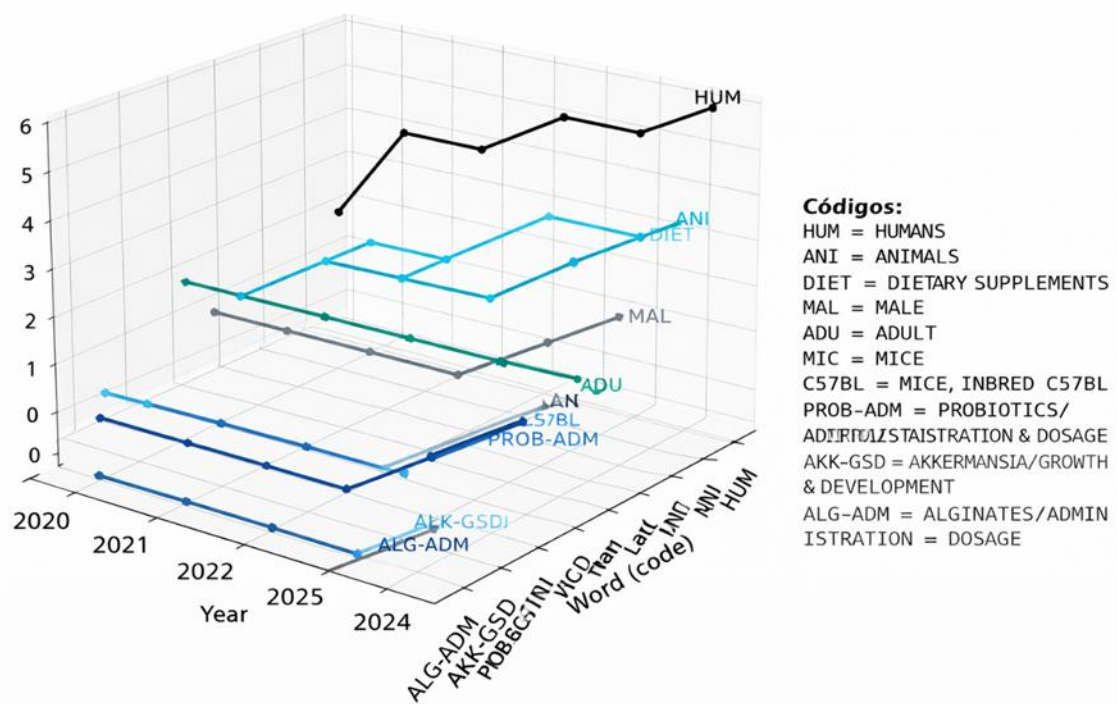




individuo [31-33]. En este sentido, los patrones observados confirman que la biotecnología moderna se ha consolidado como un eje transversal en la investigación orientada a la optimización del rendimiento físico y el bienestar integral.

Además de los términos dominantes, aparecen etiquetas relacionadas con formulación y sistemas de administración "administration & dosage" y "alginates". Esto sugiere que parte de la literatura no se limita al suplemento sino también a cómo se administra, incorporando enfoques

biotecnológicos orientados a estabilidad, biodisponibilidad y liberación controlada de los compuestos bioactivos. La contribución de los materiales en este corpus debe interpretarse principalmente como vectores/encapsulación y diseño de formulaciones, más que como un eje de ingeniería de tejidos o regeneración músculo-esquelética, que requeriría un corpus específico con términos dominantes como "hydrogel", "scaffold" o "tissue engineering".



**Figura 2.** Evolución temporal del volumen de publicaciones para los términos principales 2020-2025. Evolución anual del volumen de publicaciones para los descriptores principales.

La **figura 2**, muestra la representación tridimensional de la frecuencia de términos a lo largo del tiempo que evidencia una tendencia ascendente en el uso de conceptos relacionados con humanos (HUM), animales (ANI) y suplementos dietéticos (DIET), los cuales se consolidan como los ejes temáticos predominantes entre 2020 y 2025 [8]. El incremento sostenido de estas palabras refleja el crecimiento de la investigación biotecnológica aplicada al ámbito fitness, particularmente en áreas de nutrición, fisiología del ejercicio y metabolismo.

Asimismo, se observa una persistencia moderada de términos como "male" (MAL) y "adult" (ADU), que sugieren la continuidad de estudios enfocados en poblaciones humanas específicas. Por otro lado, los conceptos "mice" (MIC) e "inbred C57BL" mantienen una frecuencia estable, lo que indica la relevancia constante de los modelos animales experimentales para validar hipótesis moleculares y metabólicas [9]. La menor representación de categorías como "probiotics/administration & dosage" (PROB-ADM), "akkermansia/growth &

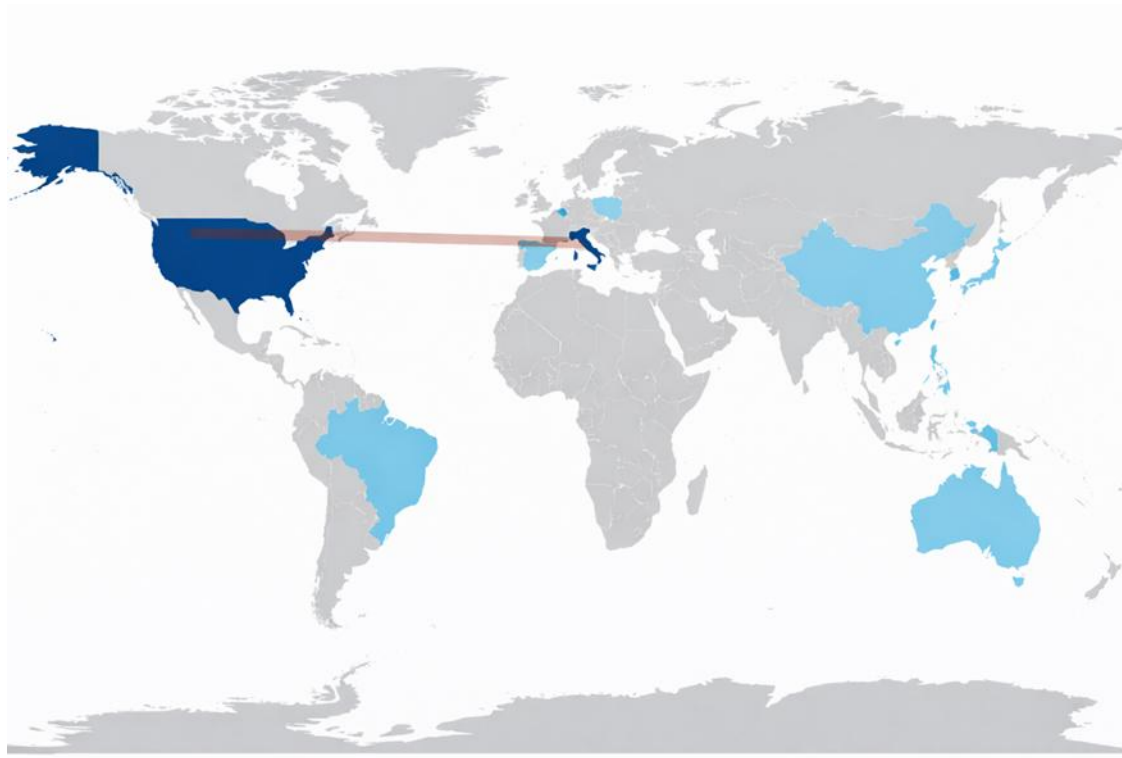


development" (AKK-G&D) y "alginates/administration & dosage" (ALG-ADM) sugiere que, aunque emergentes, estas líneas representan fronteras de investigación en expansión, vinculadas con el microbioma, los biomateriales y la biotecnología aplicada a la salud y el rendimiento físico [10].

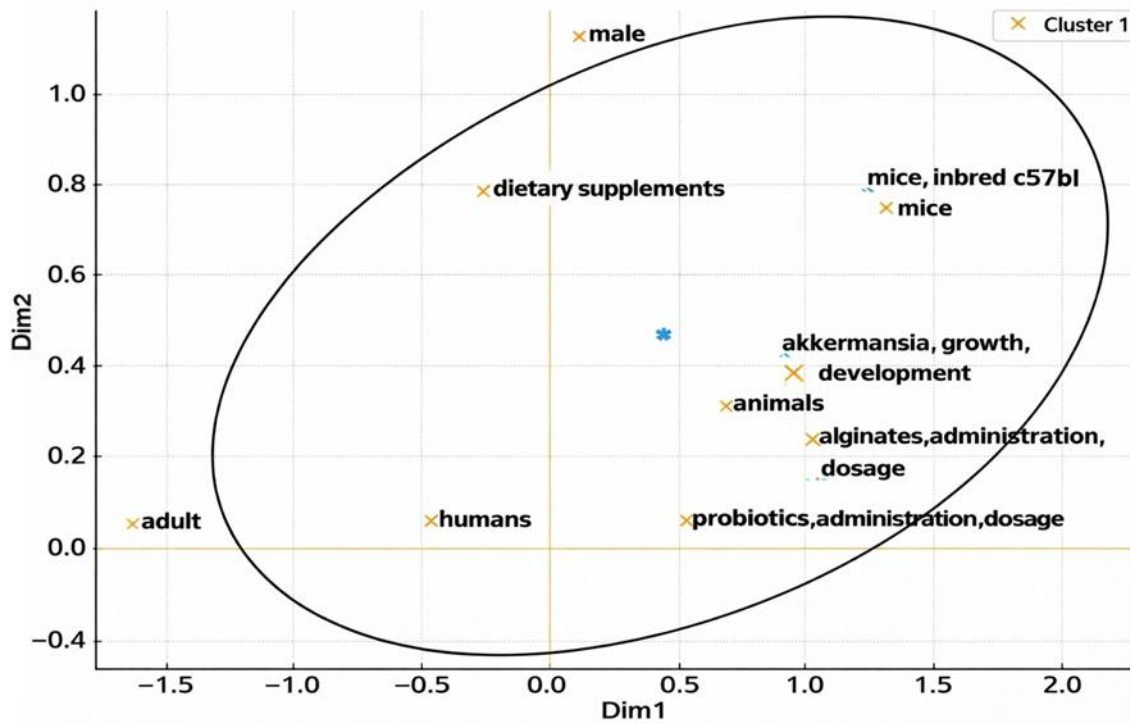
La **Figura 3** evidencia una red internacional concentrada principalmente entre Estados Unidos e Italia (azul marino), conformando el eje estratégico de mayor productividad en investigación sobre biotecnología y mundo fitness. A este núcleo se suman países con creciente participación, como China, Brasil,

Australia, Reino Unido y Corea del Sur (azul claro), que actúan como nodos complementarios en la generación de conocimiento aplicado a la fisiología del ejercicio, el metabolismo y la biotecnología nutricional.

Estas interacciones sugieren una tendencia hacia redes de colaboración transdisciplinarias, donde convergen enfoques moleculares, clínicos y tecnológicos, potenciando la transferencia de conocimiento y el desarrollo de innovaciones biotecnológicas orientadas al bienestar y rendimiento humano.



**Figura 3.** Distribución geográfica y redes de colaboración internacional. La intensidad del color refleja la capacidad investigadora y el volumen de publicaciones, destacando a Estados Unidos como el principal impulsor de la cooperación global.



**Figura 4.** Análisis factorial de términos MeSH por clúster Dim1 vs Dim2. Mapa conceptual que agrupa los términos por similitud temática.

La **figura 4** revela un único clúster cuyo centroide se ubica en el cuadrante positivo de ambas dimensiones, lo que sugiere una tendencia temática general hacia enfoques experimentales o intervenciones en la literatura revisada. La distribución de términos dentro del clúster positivo (**Figura 4**) revela un claro gradiente de investigación. En el extremo positivo de Dim1 y Dim2 se ubican los términos “mice” y “mice.inbred.c57bl”. Estos términos están seguidos por “akkermania growth development” y “animals”, lo cual indica una fuerte asociación de esta área de investigación con el uso de modelos animales y el estudio del desarrollo microbiano (específicamente la bacteria del género Akkermania. El término “male” destaca por tener un alto valor en Dim2 (el componente demográfico), mientras que “dietary supplements” presenta una carga positiva en Dim2 pero ligeramente negativa en Dim1, lo que sugiere que la suplementación dietética es un tema central en estudios poblacionales. Las categorías relacionadas con la práctica clínica y la dosificación, como “probiotics administration” y “alginates

administration”, se concentran con Dim1 positivo y Dim2 bajo, posicionándose cerca del centroide. Esto indica que las investigaciones sobre la administración y dosis de estos compuestos bioactivos son cruciales y están bien integradas al enfoque experimental. En contraste, los términos “adult” y “humans” se sitúan hacia el Dim1 negativo y con Dim2 cercano a cero, marcando el polo más humano u observacional. La elipse de confianza que abarca a todas las palabras clave confirma la cohesión temática general de la literatura, con un gradiente principal que se extiende desde los estudios basados en humanos hasta aquellos enfocados en modelos murinos e intervenciones. Este patrón valida la importancia de la experimentación y la microbiana aplicada en el eje biotecnología-fitness. Los probióticos y la microbiota intestinal han emergido como moduladores críticos del rendimiento deportivo y la salud metabólica. El ejercicio físico puede alterar significativamente la diversidad y composición del microbioma intestinal, diferenciando a atletas de individuos sedentarios [11]. Estudios recientes reportan que la suplementación con probióticos



puede mejorar la función inmunológica, reducir síntomas gastrointestinales y acelerar la recuperación tras entrenamientos intensos [12], así como incrementar la capacidad aeróbica en adultos sanos [13]. Asimismo, ensayos en atletas de resistencia han mostrado mejoras significativas en el rendimiento aeróbico, incluyendo la resistencia al ejercicio prolongado y la potencia, tras la suplementación con ciertas cepas probióticas [14]. Un caso notable es el de *Veillonella atypica*, la cual, en modelos murinos, metaboliza el lactato generado durante el ejercicio en propionato, lo que se ha asociado con un incremento en la resistencia al ejercicio, reflejado en un mayor tiempo hasta la fatiga [15]. En este contexto, se ha observado que la microbiota de atletas presenta una mayor abundancia de bacterias asociadas con perfiles metabólicos favorables, incluyendo *Akkermansia muciniphila* [16]. La relevancia funcional de esta especie ha sido respaldada en humanos, donde su suplementación mejoró la sensibilidad a la insulina y redujo marcadores metabólicos de riesgo [14].

En paralelo, diversos antioxidantes polifenólicos han sido estudiados en el contexto del ejercicio, destacando flavonoides como la quercetina, catequinas (particularmente epigallocatequina galato, EGCG) y estilbenos como el resveratrol, los cuales han mostrado efectos en la reducción del estrés oxidativo, la modulación de la inflamación y la mejora del metabolismo energético durante el ejercicio. Estos compuestos también interactúan con la microbiota intestinal, lo que puede potenciar su biodisponibilidad y efectos fisiológicos.

Los mecanismos por los cuales los probióticos benefician el rendimiento físico son objeto de intensa investigación. Se menciona que contribuyen a una mejor absorción de nutrientes como aminoácidos, a la síntesis de metabolitos beneficiosos como ácidos grasos de cadena corta y al fortalecimiento de la barrera intestinal [12, 17]. También se ha observado que ciertas cepas pueden mitigar el estado proinflamatorio posterior al ejercicio y reducir la incidencia de infecciones

respiratorias en atletas sometidos a cargas extremas [12]. El uso de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* en corredores de maratón se ha asociado con menor duración de infecciones del tracto respiratorio superior y con una percepción de esfuerzo reducida [13]. La evidencia actual sugiere que una microbiota intestinal equilibrada que es modulada por probióticos y dieta incide en una mejora a la resistencia aeróbica, optimiza la recuperación muscular y favorece la salud metabólica del atleta [11, 16].

Los modelos animales empleados, particularmente el ratón C57BL/6, son ampliamente utilizados para explorar mecanismos moleculares relacionados con el ejercicio, el metabolismo y la suplementación nutricional [10]. Estos modelos permiten intervenciones controladas e investigaciones invasivas que no son factibles en humanos, aportando información clave sobre cómo distintos suplementos o protocolos de entrenamiento modulan rutas metabólicas específicas [19, 20]. En este contexto, se ha demostrado que los ratones libres de gérmenes (germ-free) presentan una disminución en la capacidad de ejercicio aeróbico, asociada a alteraciones en el metabolismo de la glucosa muscular y en la disponibilidad energética. La recolonización con microbiota convencional definida como la microbiota compleja derivada de animales donadores sanos mantenidos en condiciones estándar permite recuperar parcialmente la resistencia al ejercicio, lo que evidencia la influencia directa del ecosistema microbiano en la fisiología del rendimiento. No obstante, es importante considerar que la composición de dicha microbiota es dependiente del modelo, el ambiente y el origen del inóculo, lo que limita la extrapolación directa a humanos.

Numerosas investigaciones con ratones C57BL/6 han evaluado suplementos bioactivos y sus efectos en el desempeño físico y la salud metabólica. Guo *et al.*, (2023) administraron ácido láurico a ratones sedentarios, observando mejoras significativas en la resistencia aeróbica y la



fuerza muscular gracias a un aumento de la oxidación de grasas y una mayor conservación de glucógeno muscular durante el ejercicio [19, 20]. Shen *et al.*, (2025) mencionan que la suplementación con ciertos dipéptidos como la carnosina ha mostrado efectos anti-obesidad y metabólicos positivos cuando se combina con ejercicio empleando ratones C57BL alimentados con dieta hipercalórica. La carnosina redujo la ganancia de peso y la acumulación de grasa visceral, a la vez que potenció la expresión de la termogenina UCP1 en adipocitos blancos y mejoró la tolerancia a la glucosa, estos resultados sugieren que la carnosina u otros nutracéuticos podrían atenuar algunas consecuencias metabólicas negativas de la obesidad inducida por dieta, especialmente en conjunto con actividad física moderada [22]. De manera general, los modelos murinos permiten descifrar vías moleculares, por ejemplo, se ha identificado que la activación de la enzima AMPK y la mayor biogénesis mitocondrial en músculo esquelético explican parte de las mejoras de rendimiento con ciertos suplementos [21]. Los hallazgos en animales orientan ensayos clínicos en humanos y la futura aplicación segura de estrategias biotecnológicas para optimizar el fitness.

El análisis cuantitativo muestra que la investigación en biotecnología aplicada al deporte es un esfuerzo altamente colaborativo a nivel internacional. Países como Estados Unidos lideran la producción científica en esta área, estableciendo a menudo redes de cooperación con otras naciones industrializadas [21]. Por ejemplo, se ha identificado un eje estratégico de alta productividad entre Estados Unidos e Italia en publicaciones sobre biotecnología y fitness, al que se suman contribuciones importantes de China, Brasil, Australia, Reino Unido y Corea del Sur [4, 21]. Este patrón indica que los avances requieren enfoques multidisciplinarios y consorcios transnacionales que integran expertos en ciencias del deporte, biología molecular, nutrición y ciencia de materiales. Un caso ilustrativo es la colaboración entre institutos

de biotecnología y centros de medicina del deporte en diferentes continentes para investigar probióticos de “próxima generación” orientados a atletas [13, 24]. Asimismo, la creciente participación de países emergentes en este campo como Brasil y China refleja una difusión global del interés por la innovación biotecnológica en el rendimiento humano. En términos de instituciones, destacan redes académicas robustas: grupos de investigación en universidades como University of California System cooperan con centros especializados como el Instituto Australiano del Deporte, produciendo hallazgos conjuntos [21]. Esta intensificación en la colaboración se ve impulsada por eventos científicos globales, que han puesto de relieve la importancia estratégica de compartir conocimiento en biotecnologías emergentes orientadas a la salud y el rendimiento [23]. La convergencia biotecnología-deporte se desarrolla en un contexto globalizado donde la cooperación internacional acelera la transferencia de conocimientos y la aplicación práctica de descubrimientos científicos.

Además de los probióticos y componentes microbianos, la biotecnología abarca el desarrollo de biomateriales y suplementos bioactivos orientados a mejorar la salud y el rendimiento de los deportistas. En medicina deportiva, los biomateriales juegan un papel crucial en la reparación y regeneración de tejidos lesionados. Por ejemplo, se han diseñado andamios (scaffolds) bioingenierizados de colágeno, gelatina, hidroxiapatita y otros polímeros que sirven como matrices para regenerar tendones y cartílago dañados [26]. Los biomateriales pueden liberar factores de crecimiento o células troncales en el sitio de la lesión, acelerando la cicatrización y reduciendo adherencias o complicaciones postquirúrgicas [27]. Un caso destacado es el uso de hidrogeles inteligentes en medicina deportiva: hidrogeles responsivos (por ejemplo, sensibles a pH o temperatura) que permiten una liberación controlada de fármacos o antioxidantes directamente en la articulación o músculo afectado [27]. Tales enfoques integran la biotecnología de



materiales con la medicina del deporte para mejorar la rehabilitación y acortar los tiempos de retorno al juego.

Paralelamente, los suplementos bioactivos derivados de fuentes naturales o mediante bioprocesos, se han incorporado en las rutinas de deportistas de alto nivel. Compuestos como los péptidos de colágeno, antioxidantes polifenólicos y ácidos grasos omega-3 se estudian por su capacidad de mejorar la recuperación muscular, reducir la inflamación y optimizar el metabolismo energético [18, 29]. Por ejemplo, la suplementación diaria con 15g de péptidos específicos de colágeno, combinada con entrenamiento, incrementó significativamente la distancia recorrida en una prueba de una hora en corredores hombres, al mejorar su capacidad aeróbica submáxima [28]. Del mismo modo, la ingesta de jugo de remolacha rico en nitratos o de curcumina (polifenol antiinflamatorio) ha mostrado atenuar el daño muscular post-ejercicio y mejorar la economía de carrera en algunos estudios. No obstante, se enfatiza la necesidad de evidencia sólida y específica por disciplina deportiva: si bien ciertos nutraceuticos ofrecen beneficios promisorios en ensayos controlados, su efectividad varía según la dosis, la duración del uso y las características individuales del atleta. La comunidad científica y organismos como el Comité Olímpico Internacional recomiendan un uso responsable y basado en evidencia de estos suplementos, priorizando siempre la seguridad y el cumplimiento de la normativa antidopaje [29].

En suma, las aplicaciones biotecnológicas en forma de biomateriales innovadores y suplementos bioactivos están transformando la medicina del deporte. Estas herramientas complementan las estrategias tradicionales de entrenamiento y nutrición, ofreciendo soluciones personalizadas para prevenir lesiones, acelerar la recuperación y potenciar el rendimiento. A medida que avanza la investigación, es de esperarse que surjan biomateriales aún más sofisticados (por ejemplo, tejidos cultivados en laboratorio

para implantes personalizados) y nutraceuticos de próxima generación (como probióticos diseñados genéticamente) que beneficien la salud del atleta de forma segura y ética [24, 27]. El desafío radica en validar científicamente cada intervención y en traducir los hallazgos de laboratorio a recomendaciones prácticas, garantizando que la biotecnología aplicada respalde de manera efectiva el bienestar y desempeño de los deportistas.

#### 4. Conclusiones

La convergencia entre la biotecnología y el fitness se consolida como un campo multidisciplinario con alto potencial para transformar el abordaje del rendimiento físico y la salud metabólica. Los hallazgos evidencian una integración creciente entre microbiota intestinal, compuestos bioactivos y biomateriales, sustentada en modelos experimentales que permiten identificar mecanismos clave. Sin embargo, la dependencia de modelos murinos y la heterogeneidad metodológica limitan su extrapolación, lo que resalta la necesidad de estudios clínicos y longitudinales en poblaciones humanas. En este contexto, la biotecnología aplicada al fitness ofrece oportunidades concretas para su implementación mediante estrategias de nutrición de precisión, modulación del microbioma y tecnologías para la rehabilitación deportiva. Asimismo, su desarrollo abre vías para la transferencia tecnológica y la generación de soluciones con pertinencia regional. En conjunto, este campo se posiciona como un eje estratégico para la innovación en salud, con implicaciones directas en el bienestar y la prevención.

**Financiamiento:** Esta investigación no recibió financiamiento externo.

**Contribución de los autores:** J.Q.M. y M.F.M.B. contribuyeron a la creación y diseño del estudio, diseñaron el plan metodológico e interpretaron los datos cuantitativos. J.J.A.C. realizó la búsqueda sistemática de literatura, ejecutó los análisis



en el software y escribió el primer borrador con la ayuda de K.A.P.A., A.G.M., y J.C.P.E. M.E.C.M. y M.C.M.V. supervisaron el proceso técnico y la validación de los clústeres. Todos los autores revisaron críticamente esta y las versiones anteriores del documento y aprobaron la versión final.

## Referencias

- [1] Bentahar S. Biotechnology: definitions, types and main applications. *Ymer*. 2023;22(4):49. doi:10.37896/YMER22.04/49.
- [2] Petracci I, Gabbianelli R, Bordoni L. The role of nutri(epi)genomics in achieving the body's full potential in physical activity. *Antioxidants (Basel)*. 2020;9(6):498. doi:10.3390/antiox9060498.
- [3] Aria M, Cuccurullo C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J Informetr*. 2017;11(4):959–975. doi:10.1016/j.joi.2017.08.007.
- [4] Sofyan D, Saputra YM, Nurihsan J, Kusmaedi N, Abdullah KH. Stance of sports and fitness: A scientometric review. *Phys Educ Theory Methodol*. 2022;22(4):596–607. doi:10.17309/tmfv.2022.4.20.
- [5] Salsali M, Sheikhhoseini R, Pooraghaei Ardekani Z. Association between physical activity and exercise with cognitive function: A bibliometric analysis. *J Health Sci Surveill Syst*. 2024;12(3):236–250. doi:10.30476/jhsss.2023.99217.1792.
- [6] Valverde Valverde MA, Delgado Hurtado C, Rengifo Rodas CF. Scientometric outlook of biotechnology in the agricultural and agroindustrial sector. *Biotechnol Sector Agropec Agroind*. 2022;19(1):79–91. doi:10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1567.
- [7] Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
- [8] Wlaź P, Wiater A, Majewska M, Wyska E, Graż M, Śliwa-Dominiak J, et al. Effect of dietary supplementation with *Lactobacillus helveticus* R0052 on seizure thresholds and antiseizure potency of sodium valproate in mice. *Psychopharmacology (Berl)*. 2024;241(2):327–340. doi:10.1007/s00213-023-06489-2.
- [9] Kebede V, Ravizza T, Balosso S, Di Sapia R, Canali L, Soldi S, et al. Early treatment with rifaximin during epileptogenesis reverses gut alterations and reduces seizure duration in a mouse model of acquired epilepsy. *Brain Behav Immun*. 2024;119:363–380. doi:10.1016/j.bbi.2024.04.007.
- [10] Huang SM, Li HJ, Liu YC, Kuo CH, Shieh CJ. An efficient approach for lipase-catalyzed synthesis of retinyl laurate nutraceutical by combining ultrasound assistance and artificial neural network optimization. *Molecules*. 2017;22(11):1972. doi:10.3390/molecules22111972.
- [11] Clarke SF, Murphy EF, O'Sullivan O, Lucey AJ, Humphreys M, Hogan A, et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*. 2014;63(12):1913–1920. doi:10.1136/gutjnl-2013-306541.
- [12] Jäger R, Mohr AE, Carpenter KC, Kerksick CM, Purpura M, Moussa A, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: Probiotics. *J Int Soc Sports Nutr*. 2019;16(1):62. doi:10.1186/s12970-019-0329-0.
- [13] Jarrett H, Medlin S, Morehen JC. The role of the gut microbiome and probiotics in sports performance: A narrative review update. *Nutrients*. 2025;17(4):690. doi:10.3390/nu17040690.
- [14] Depommier C, Everard A, Druart C, Plovier H, Van Hul M, Vieira-Silva S, et al. Supplementation with *Akkermansia muciniphila* in overweight and obese human volunteers: A proof-of-concept exploratory study. *Nat Med*.



- 2019;25(7):1096–1103. doi:10.1038/s41591-019-0495-2.
- [15] Scheiman J, Lubner JM, Chavkin TA, MacDonald T, Tung A, Pham LD, et al. Metagenomics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nat Med.* 2019;25(7):1104–1109. doi:10.1038/s41591-019-0485-4.
- [16] Barton W, Penney NC, Cronin O, Garcia-Perez I, Molloy MG, Holmes E, et al. The microbiome of professional athletes differs from that of sedentary subjects in composition and metabolic function. *Gut.* 2018;67(4):625–633. doi:10.1136/gutjnl-2016-313627.
- [17] Wosinska L, Cotter PD, O’Sullivan O, Guinane C. The potential impact of probiotics on the gut microbiome of athletes. *Nutrients.* 2019;11(10):2270. doi:10.3390/nu11102270.
- [18] De Zan D, Eletti F, Fiore G, Di Girolamo E, Bozzini GGM, Perico V, et al. Use of nutritional strategies, bioactive compounds, and dietary supplements in young athletes. *Nutrients.* 2025;17(13):2194. doi:10.3390/nu17132194.
- [19] Kim HJ, Kim YJ, Kim YJ, Baek JH, Kim HS, Kim IY, et al. Microbiota influences host exercise capacity via skeletal muscle glucose metabolism in mice. *Exp Mol Med.* 2023;55(8):1820–1830. doi:10.1038/s12276-023-01063-4.
- [20] Guo J, Yan E, He L, Wang Y, Xiang Y, Zhang P, et al. Dietary supplementation with lauric acid improves aerobic endurance in mice. *J Nutr.* 2023;153(11):3207–3219. doi:10.1016/j.tjnut.2023.09.006.
- [21] Tao Y, Wu W. Research hotspots and trends in sport and nutrition. *Medicine (Baltimore).* 2024;103(16):e37782. doi:10.1097/MD.00000000000037782.
- [22] Shen X, Haruyama M, Murano S, Kaburagi T. Anti-obesity effects of carnosine supplementation and exercise. *Nutraceuticals.* 2025;5(4):39. doi:10.3390/nutraceuticals5040039.
- [23] Vargas-Canales JM, Orozco-Cirilo S, Medina-Cuéllar SE, Camacho-Vera JH, García-Melchor N. Tendencias de la bioeconomía. *Acta Univ.* 2023;33:1–19. doi:10.15174/au.2023.3920.
- [24] Li Z, Li Y, Wang Y, Chen J, Liu Y. The athlete gut microbiome: Multi-omics insights. *Nutrients.* 2025;17(20):3260. doi:10.3390/nu17203260.
- [25] Xing M. Compatibility of composite biomaterials in sports injury repair. *Adv Mater Sci Eng.* 2021;2021:4954325. doi:10.1155/2021/4954325.
- [26] Demiray EB, Kurt T, Duman ZY, Özdemir BN, Erkovan B, Yiğit GS, et al. Biotechnological advances to improve athlete healthcare. *Turk J Sports Med.* 2023;58(4):222–236. doi:10.47447/tjism.0757.
- [27] Shen P, Wu J, Han H, Bai Y, Zhang X, Shao R. Hydrogels as sports medical materials. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2024;35(11):1–29. doi:10.1080/09205063.2024.2334688.
- [28] Jerger S, Jendricke P, Centner C, Bischof K, Kohl J, Keller S, et al. Effects of collagen peptides on endurance performance. *Sports Med Open.* 2023;9(1):103. doi:10.1186/s40798-023-00654-9.
- [29] Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28(2):104–125. doi:10.1123/ijsnem.2018-0020.
- [30] Marciano DP, Snyder MP. Personalized metabolomics. *Methods Mol Biol.*



2019;1978:447–456. doi:10.1007/978-1-4939-9236-2\_27.

[31] Schmidt JC, Dougherty BV, Beger RD, Jones DP, Schmidt MA, Mattes WB. Metabolomics in precision medicine. *Int J Toxicol.* 2021;40(5):413–426. doi:10.1177/10915818211039436.

[32] Brennan L, de Roos B. Role of metabolomics in precision nutrition. *Redox Biol.* 2023;65:102808. doi:10.1016/j.redox.2023.102808.

[33] Drăgoi CM, Diaconu CC, Nicolae AC, Dumitrescu IB. Redox homeostasis and biomarkers in precision therapy. *Antioxidants.* 2024;13(10):1163. doi:10.3390/antiox13101163.