



Universidad de Valladolid
Grado en Enfermería
Facultad de Enfermería de Valladolid

UVa

Curso 2023-2024
Trabajo de Fin de Grado

**“MICROALGAS MARINAS: EL
SECRETO NUTRICIONAL PARA EL
RENDIMIENTO DEPORTIVO”. UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

Pablo Alonso-Villalobos Chamorro

Tutor/a: Elena Olea Fraile

Cotutor/a: Jesús Prieto Lloret

RESUMEN

Introducción. La suplementación con algas marinas, tanto macroalgas como microalgas, busca una nutrición óptima y completa. Las microalgas destacan por su alto contenido en nutrientes esenciales, antioxidantes y propiedades antiinflamatorias. Su biodisponibilidad única y capacidad para reducir inflamación y estrés oxidativo las hace valiosas para deportistas que buscan mejorar su rendimiento y recuperación.

Objetivo. Analizar los beneficios de la suplementación con microalgas en la actividad física desde una visión enfermera.

Métodos. La búsqueda se extendió a plataformas como Medline (a través de PubMed), Google académico, Scielo y Dialnet. Tras revisar en varias bases de datos, se decidió realizar la estrategia de búsqueda de la siguiente forma: (*microalgae*) AND (*sport** OR *athlet**). Esta revisión se ha realizado siguiendo los criterios de PRISMA.

Resultados. En primer lugar, se realizó una búsqueda de 17.346 estudios potencialmente relevantes, de los cuales 21 han sido incluidos en esta revisión. Siendo evaluados con herramientas para garantizar su evidencia científica. El principal resultado que muestran los estudios seleccionados hace referencia a los efectos beneficiosos de las microalgas en el rendimiento deportivo.

Conclusión. Este trabajo destaca el impacto de la suplementación con microalgas en la salud y el rendimiento deportivo: mejorando el estrés oxidativo, la fatiga, aportando características antiinflamatorias y mejorando otros parámetros fisiológicos. Además de buscar la importancia que podrían tener los profesionales de enfermería a raíz de conocimientos nutricionales avanzados para proporcionar educación para la salud efectiva.

Palabras clave: suplementación, enfermería, microalgas, salud, rendimiento deportivo.

ABSTRACT

Introduction. The supplementation with marine algae, both macroalgae and microalgas, aims for optimal and complete nutrition. Microalgae stand out for their high content of essential nutrients, antioxidants, and anti-inflammatory properties. Their unique bioavailability and ability to reduce inflammation and oxidative stress make them valuable for athletes seeking to improve their performance and recovery.

Objective. Analyze the benefits of microalgae supplementation in physical activity.

Methods. The search extended to platforms such as Medline (through PubMed), Google Academic, Scielo, and Dialnet. After reviewing several databases, the search strategy was decided as follows: (microalgae) AND (sport* OR athlete*). This review was conducted following PRISMA criteria.

Results. Initially, a search was conducted for 17,346 potentially relevant studies, from which 21 were included in this review. These studies were evaluated using tools to ensure their scientific evidence. The main result shown by the selected studies refers to the beneficial effects of microalgae on athletic performance.

Conclusion. This work highlights the impact of microalgae supplementation on health and sports performance: improving oxidative stress, fatigue, providing anti-inflammatory characteristics and other physiological factors. In addition to seeking the importance that nursing professionals could have as a result of advanced nutritional knowledge to provide effective health education.

Keywords: supplementation, nursing, microalgae, health, sports performance.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición y conceptos clave.....	1
1.2 Justificación	3
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS	5
2.1 Pregunta de Investigación.....	5
2.2 Hipótesis	5
2.3 Objetivos.....	5
2.3.1 Objetivo General.....	5
2.3.2 Objetivos Específicos	5
2.4 Esquema PICOT	5
3. METODOLOGIA	6
3.1 Diseño.....	6
3.2 Cronograma	6
3.3 Estrategia de búsqueda	6
3.4 Estrategia de selección. Criterios de inclusión y exclusión.....	7
3.5 Herramientas para la evaluación de la evidencia.....	8
3.6 Síntesis de la evidencia.....	8
4. MARCO TEÓRICO	9
4.1 Historia de la implementación de microalgas en la dieta	9
4.2 Propiedades de las microalgas	10
4.3 Preparación microalgas como suplemento	11
4.4 Biohacking.....	12
4.5 Contexto de la introducción de las microalgas en la dieta en Europa	13
5. RESULTADOS	14
6. DISCUSIÓN	22
6.1 Esquema DAFO.....	26

6.2	Limitaciones prácticas	26
6.2	Implicaciones prácticas.....	28
6.3	Futuras líneas de investigación.....	28
7.	CONCLUSIONES	30
8.	BIBLIOGRAFÍA	31
9.	ANEXOS	36
	Anexo 1. Espirulina en polvo y en tabletas.	36
	Anexo 2. Tabla de contenidos para grados de recomendación y niveles de evidencia de Joanna Briggs.	37
	Anexo 3. Grados de recomendación y niveles de evidencia de Joanna Briggs. Elaboración propia.....	38
	Anexo 4. Tabla de contenidos para evaluación de calidad CONSORT.	41
	Anexo 5. Evaluación de calidad de ensayos clínicos experimentales a través de la herramienta CONSORT. Elaboración propia.	47
	Anexo 6. Tabla de contenidos de Escala de Jadad para ensayos clínicos y estudios doble ciego.	48
	Anexo 7. Evaluación de calidad de ensayos clínicos doble ciego a través de la herramienta Escala de Jadad. Elaboración propia.	49
	Anexo 8. Tabla de contenidos para recomendaciones PRISMA en evaluación de revisiones.....	51
	Anexo 9. Evaluación de revisiones a través de PRISMA. Elaboración propia.	58
	Anexo 10. Tabla resumen de resultados. Elaboración propia.....	59
	Anexo 11. Número de estudios clasificados según los grados de recomendación y niveles de evidencia. Elaboración propia.	64

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición y conceptos clave

La suplementación alimentaria surge con el propósito de buscar una nutrición óptima y completa en la sociedad. Durante los siglos XX y XXI, los avances científicos han evidenciado la importancia de abordar las deficiencias nutricionales a través de una dieta equilibrada. Esta evolución se ha centrado en mejorar los requisitos esenciales mediante una alimentación completa o la suplementación en situaciones donde la dieta resulta insuficiente (1,2).

A lo largo de la historia, diversas sociedades y culturas han incorporado algas marinas en su alimentación, reconociendo sus beneficios nutricionales. En tiempos recientes, la investigación científica ha explorado la composición única de las algas, revelando una amplia gama de nutrientes esenciales y compuestos bioactivos con notables beneficios fisiológicos (3).

En el ámbito del consumo de algas es fundamental distinguir entre macroalgas y microalgas marinas, ya que ambas tienen características y aplicaciones distintas en la suplementación nutricional. Las macroalgas, comúnmente conocidas como algas marinas, son organismos multicelulares de mayor tamaño, visibles a simple vista y a menudo recolectadas para su uso directo en la alimentación humana o como fuente de extractos nutricionales. Incluyen las algas verdes, rojas y pardas, cada una con un perfil nutricional específico, siendo ricas en vitaminas, minerales y fibra (1,3,4).

Por otro lado, las microalgas son organismos unicelulares que requieren técnicas de cultivo y procesamiento especializadas para su aprovechamiento. Son reconocidas por su alta concentración de proteínas, ácidos grasos omega-3 y antioxidantes como la astaxantina, lo que las hace particularmente valiosas para la suplementación deportiva. Mientras que las macroalgas suelen ser incorporadas en la dieta por su textura y sabor, las microalgas, como la espirulina y la chlorela, se procesan en formas concentradas como polvos o tabletas (Anexo 1), facilitando una dosificación precisa y una integración conveniente en regímenes de suplementación para atletas que buscan mejorar su rendimiento y recuperación (4).

En este contexto, explorar la relación entre las microalgas marinas y la población activa se revela como un campo prometedor y fascinante (3,5).

En el pasado, comunidades asiáticas como Japón y Corea han integrado las algas como parte fundamental de su dieta tradicional, asociando estos hábitos alimenticios con bajos índices de enfermedades cardiovasculares y longevidad destacada. La inclusión de algas en la alimentación de estas poblaciones ha sido un testimonio a lo largo del tiempo de sus propiedades nutritivas y su impacto positivo en la salud (6).

Actualmente, las microalgas marinas emergen como un alimento interesante, siendo una fuente ideal de nutrientes esenciales como carbohidratos, proteínas y minerales, además de contener elementos que promueven el bienestar y pueden influir en diversas afecciones y enfermedades. Su consumo se ha relacionado con beneficios para la salud según estudios epidemiológicos (7).

Dichos estudios resaltan la correlación entre el consumo de carotenos presentes en microalgas y la reducción de enfermedades coronarias y propiedades anticancerígenas, así como la resistencia a infecciones y el fortalecimiento del sistema inmunológico (8,9).

Otro aspecto relevante es la biodisponibilidad única de los nutrientes presentes en las microalgas marinas. Al ser organismos acuáticos, estas plantas marinas absorben minerales directamente del agua de mar, lo que les otorga una composición mineral excepcionalmente rica y equilibrada. Esta característica singular puede traducirse en una mejor asimilación de nutrientes por parte del organismo humano, lo que resulta especialmente beneficioso para los deportistas que buscan maximizar su rendimiento a través de una alimentación óptima (10).

El avance en la suplementación con microalgas se impulsa mediante tecnologías que permiten extraer y concentrar los nutrientes clave presentes en estas plantas marinas, que son ricas en minerales esenciales, proteínas de alta calidad, vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos omega-3. Estos componentes nutricionales no solo proveen energía sostenida, sino que también contribuyen a la recuperación muscular y al fortalecimiento del sistema inmunológico, aspectos cruciales para los deportistas que buscan mejorar su desempeño (11).

Además, las microalgas marinas son reconocidas por su capacidad para reducir la inflamación y el estrés oxidativo en el cuerpo, dos factores que pueden afectar negativamente la recuperación y el rendimiento atlético. Su contenido en antioxidantes y compuestos antiinflamatorios naturales les confiere propiedades protectoras que

pueden ayudar a prevenir lesiones, acelerar la recuperación post-entrenamiento y mejorar la resistencia física (12,13).

En el contexto actual, la suplementación con microalgas ha ganado popularidad a nivel mundial por su potencial para mejorar la salud cardiovascular, estimular el sistema inmunológico, sus propiedades antiinflamatorias variadas y su contribución a la salud cerebral, entre otros beneficios. Además, esta nueva forma de alimentación representa una fuente sostenible y respetuosa con el medio ambiente, convirtiéndolas en una opción atractiva para quienes buscan mejorar su salud sin comprometer el equilibrio ecológico (14).

La importancia de ampliar los conocimientos sobre la alimentación y suplementación en enfermería radica en que la nutrición es un pilar fundamental para el tratamiento y la recuperación del paciente. Los profesionales de enfermería deben proporcionar cuidados y conocimientos necesarios para atender y educar a las personas en diferentes etapas del ciclo vital. Influir en hábitos alimentarios saludables y prevenir enfermedades relacionadas con la alimentación, debe ser una función clave de la labor enfermera en términos de prevención y promoción de la salud (15,16).

1.2 Justificación

Esta revisión tiene como objetivo proporcionar evidencia científica que respalde la suplementación con microalgas y los beneficios físicos que aporta a la población activa.

Esta investigación es relevante por varias cuestiones a tratar:

- Ampliar el abanico de la atención clínica tradicional, incorporando nueva información y enseñando tanto a los profesionales, como a la población general un desconocido tipo de suplementación que ayuda a mejorar la salud individual y el rendimiento físico de las personas.
- Dar a conocer los beneficios que se obtienen a partir de la introducción de microalgas en la dieta. Aporte nutricional y ventajas para la salud.
- Relevancia para la población activa y los deportistas del uso de complementos nutricionales dada la creciente conciencia sobre el ejercicio para la salud. Incorporando estrategias de promoción de la salud y educación desde un enfoque integral de atención.

- Reducción de costos a largo plazo. Los suplementos nutricionales pueden generar costos directos, sin embargo, invertir en prevención y mejora de la salud a través de la nutrición puede generar ahorros a largo plazo para los sistemas de salud.

En cuanto a la población activa, actualmente muchos deportistas (tanto profesionales como amateurs) recurren a la suplementación alimentaria como medio para mejorar su rendimiento y recuperación. Las proteínas en polvo, creatina, L-Carnitina y complejos vitamínicos son los suplementos más populares entre quienes buscan optimizar su desempeño deportivo. Esta revisión tiene como objetivo explorar si la suplementación con microalgas podría ser una alternativa como complemento en la dieta diaria para promover un mayor bienestar y salud (15).

Por consiguiente, comprender estas opciones resulta esencial para apoyar la labor de las enfermeras y promover el bienestar de los pacientes en lo que respecta a su salud. Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) sostiene la importancia y el papel crucial que tenemos que desempeñar la enfermería en el conocimiento de la suplementación con microalgas.

La educación para la salud es una de las competencias fundamentales de la enfermería. El TFG subraya la importancia de poseer conocimientos nutricionales avanzados para educar eficazmente a la población. Dicha función enfermera se podría llevar a cabo desde centros de medicina deportiva y desde la atención primaria, dirigida a la población que requiera mejorar su rendimiento y bienestar general a través de la incorporación de consejos nutricionales y suplementación en su dieta.

Algunas especies, como la espirulina y chlorela, ha demostrado tener efectos positivos en la mejora del rendimiento físico, la recuperación muscular y la resistencia, así como en la prevención de enfermedades crónicas. Al investigar y comprender estos beneficios, el personal de enfermería puede fundamentar sus recomendaciones y educación para la salud en evidencia científica actualizada. Con el aumento del interés en la nutrición deportiva y la salud preventiva, los pacientes buscan asesoramiento especializado y las enfermeras pueden ofrecer consejos nutricionales precisos y personalizados.

Con el cambio constante en las tendencias de salud y nutrición, es crucial que los enfermeros estemos preparados para adaptarnos y responder a nuevas demandas. Preparando la enfermería para el futuro, manteniéndose así a la vanguardia de las prácticas de salud.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

2.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el impacto de la incorporación de microalgas marinas en la población que realiza ejercicio físico en términos de mejora del rendimiento físico y salud general, considerando su contenido nutricional único y sus propiedades beneficiosas?

2.2 Hipótesis

Las microalgas marinas tienen un impacto beneficioso en la salud y rendimiento de las personas que realizan ejercicio físico.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Analizar los beneficios de la suplementación con microalgas en la actividad física.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la evidencia científica de la suplementación con microalgas en la población que realiza ejercicio físico.
- Analizar otros beneficios de la suplementación con microalgas para la salud.
- Estudiar las posibles intervenciones de enfermería en el uso de microalgas como suplemento alimenticio.

2.4 Esquema PICOT

Para la elaboración de esta revisión se ha utilizado el esquema PICOT (Tabla 1) para la pregunta de investigación.

Tabla 1: Esquema PICOT. Elaboración propia

PACIENTE	Población que realiza ejercicio físico
INTERVENCIÓN	Suplementación con microalgas
COMPARADOR	Dieta sin incorporación de microalgas
RESULTADOS	Eficacia de la suplementación con microalgas en la actividad física: <ul style="list-style-type: none">• Mejora del rendimiento físico• Mejora de la recuperación muscular• Mejora de la salud general
TIEMPO	Desde octubre de 2023 a junio de 2024

3. METODOLOGIA

3.1 Diseño

Para llevar a cabo este estudio se ha realizado una revisión sistemática sobre "Microalgas marinas: El secreto nutricional para el rendimiento deportivo", se ha empleado un diseño metodológico riguroso siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Este enfoque ha permitido una búsqueda exhaustiva y estructurada de la literatura científica relevante, garantizando la transparencia y reproducibilidad del proceso de revisión.

3.2 Cronograma

- Fase 1 (Meses 1-2): Definición de criterios de inclusión y exclusión, elaboración de estrategias de búsqueda.
- Fase 2 (Meses 3-4): Búsqueda y selección de estudios primarios, extracción de datos.
- Fase 3 (Meses 5-6): Análisis y síntesis de los resultados, redacción del informe final.

3.3 Estrategia de búsqueda

Se ha realizado una compilación exhaustiva de la literatura científica sobre la suplementación con microalgas y sus beneficios en el ejercicio para identificar la información más pertinente. Se han consultado fuentes tanto primarias como secundarias, incluyendo publicaciones originales y bases de datos. La búsqueda se extendió a plataformas como Medline (a través de PubMed), Google académico, Scielo y Dialnet.

La estrategia de búsqueda empleada se realizó a partir de la búsqueda de las palabras: "microalgae" y "sport". Tras revisar en varias bases de datos, se decidió realizar la siguiente estrategia de búsqueda, combinando las palabras clave, con los operadores booleanos "AND" y "OR" y el truncador "*" de la siguiente forma: (*microalgae*) AND (*sport** OR *athlet**).

Los filtros empleados en las diversas bases de datos incluyeron el año de publicación, el idioma y la disponibilidad gratuita. Para evitar la duplicación de artículos, los resultados se descargaron en Zotero, un gestor de referencias bibliográficas. Tras el primer proceso de selección, se obtuvo un total de 17346 artículos.

3.4 Estrategia de selección. Criterios de inclusión y exclusión

La revisión se ha basado en los niveles de evidencia y grados de recomendación de dichas referencias para su posterior lectura y crítica. En el proceso de selección de artículos para esta revisión sistemática, se ha seguido un método riguroso y estructurado. Inicialmente, se leyeron los títulos de los artículos para determinar su relevancia preliminar con respecto a los criterios de inclusión establecidos. Aquellos que parecían pertinentes fueron sometidos a una evaluación más detallada mediante la lectura de sus resúmenes, lo que permitió realizar una selección más refinada. Los artículos que superaron esta fase de criba fueron examinados en su totalidad para una comprensión profunda y para asegurar que cumplieran con los estándares necesarios para ser incluidos en el trabajo final. Este proceso meticuloso ha garantizado la calidad y la pertinencia de la literatura seleccionada para la revisión. Los criterios de inclusión y exclusión empleados para la selección de los artículos se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2: Criterios de inclusión y exclusión. Elaboración propia.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Estudios llevados a cabo en personas que realizan ejercicio	Estudios llevados a cabo en población que no realiza ejercicio
Artículos que incluyan las palabras claves en su título o resumen	Artículos que no incluyan las palabras claves en su título o resumen
Artículos publicados en los últimos 20 años	Artículos publicados hace más de 20 años
Estudios in vivo	Estudios in vitro

3.5 Herramientas para la evaluación de la evidencia

En este trabajo, se han utilizado diferentes herramientas para la evaluación de la calidad de los estudios y la clasificación de la evidencia. Esto es importante para garantizar la calidad y la validez de los resultados obtenidos. Esta metodología garantiza un proceso sistemático y transparente en la revisión sobre el papel de las microalgas marinas en la nutrición, permitiendo obtener conclusiones sólidas y basadas en evidencia científica actualizada.

Para clasificar la evidencia y establecer grados de recomendación, se ha utilizado la escala de clasificación de la evidencia y grados de recomendación de Joanna Briggs (17) (Anexo 2). Esta escala clasifica la evidencia en diferentes niveles de calidad aportando recomendaciones basadas en la calidad de los estudios y revisiones disponibles. Por ello, se ha realizado una tabla para la clasificación (Anexo 3).

De igual modo, para analizar la evidencia de los ensayos clínicos, se ha utilizado la "Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)" (18). Es una guía para el reporte de estudios que se utiliza para asegurar la calidad y transparencia de los resultados, constando con 25 ítems (Anexo 4). La calidad de los ensayos se relaciona con su puntuación (Anexo 5).

Para evaluar la calidad de los estudios doble ciego, se ha usado la "Escala de Jadad" (19) (Anexo 6). Esta herramienta, formada por 5 preguntas, ayuda a evaluar la calidad de los estudios en términos de su diseño, métodos, resultados y conclusiones. Se consideran ensayos de baja calidad si la puntuación final es inferior a 3 puntos. La Escala de Jadad se ha usado como herramienta de evaluación para avalar la calidad de los estudios clínicos y ofrecer un análisis de validez interna (Anexo 7).

Para la valoración de las revisiones sistemáticas, se han usado las recomendaciones de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (Anexo 8). En esta herramienta se encuentran 27 ítems para mostrar la validez de los artículos que se han seleccionados (Anexo 9).

3.6 Síntesis de la evidencia

Para sintetizar la evidencia encontrada se ha elaborado una tabla resumen para organizar y presentar los hallazgos clave de manera concisa, facilitando la comprensión y destacando las tendencias o patrones identificados en la investigación (Anexo 10), en la que se especifica: autor del artículo, año, y los hallazgos más relevantes.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Historia de la implementación de microalgas en la dieta

La historia de la ingesta de algas en la dieta humana ha abarcado diferentes culturas y períodos de tiempo hasta la actualidad (20).

Prehistoria y Antigüedad:

Las algas han sido consumidas por poblaciones costeras desde tiempos prehistóricos, con registros que datan de aproximadamente hace 14.000 años en el sitio arqueológico de Monte Verde en Chile. En Asia, el consumo de algas es una práctica milenaria, en Japón se han consumido algas desde el siglo IV y en China desde el siglo VI (20,21)

Edad Media:

Los Aztecas recolectaban espirulina de los lagos para elaborar una especie de torta seca llamada "Tecuitlatl" en el siglo XIV. En África, durante el Imperio Kanem (Siglo IX), también se utilizaba espirulina en la alimentación (21).

Desde el siglo XVI en adelante los conquistadores españoles observaron que los aztecas consumían algas como complemento proteico. En Europa, el consumo de algas era menos común, pero se utilizaban en regiones con tierras menos fértiles, como Irlanda (20,21).

Era Moderna:

En los últimos años, el interés global en las algas como alimento ha aumentado significativamente. Se han reconocido sus propiedades nutricionales, incluyendo antioxidantes, vitaminas, minerales y proteínas. Las algas son consideradas "super-alimentos" y se utilizan en diversas formas, como crudas, cocidas, horneadas, en polvo y en escabeche (20–22).

Actualidad:

La producción mundial de microalgas marinas ha alcanzado millones de toneladas, con Asia como principal productora. Las microalgas se han convertido en una fuente importante de suplementos alimenticios, especialmente espirulina y chlorela, debido a su alto valor nutricional y beneficios para la salud. Incluso la NASA ha utilizado espirulina para enriquecer la dieta de los astronautas (21,23).

Nutrición Deportiva:

Recientemente, las microalgas han ganado popularidad en la nutrición deportiva por su alto contenido proteico y su capacidad para fortalecer el sistema inmune, así como por sus propiedades antiinflamatorias e inmunomoduladoras. Se han convertido en un componente clave en las dietas de los atletas para mejorar el rendimiento y la recuperación (22).

4.2 Propiedades de las microalgas

Las microalgas marinas son reconocidas por su alto valor nutricional y sus componentes beneficiosos, lo que las convierte en un suplemento ideal para mejorar el rendimiento deportivo.

Las microalgas son una fuente de proteínas de alto valor biológico, lo que significa que contienen todos los aminoácidos esenciales necesarios para el organismo. La proteína de microalgas puede variar entre el 20 y el 50 % de su peso seco, dependiendo de la especie que se trate (24). Esta realidad es fácilmente observable en la Tabla 3, donde se compara la cantidad de proteína en distintos alimentos y del microalga espirulina por cada 100 gramos (25–27).

Son ricas en una variedad de vitaminas y minerales esenciales. Contienen vitaminas A (en forma de carotenoides), B, C, D, E y K. En cuanto a los minerales, son una excelente fuente de calcio, magnesio, potasio, hierro y especialmente yodo, un nutriente crítico para el metabolismo del cuerpo (24,28)

Además, contienen ácidos grasos omega-3, que son importantes para la salud cardiovascular y pueden ayudar a reducir la inflamación, un beneficio significativo para los atletas que buscan recuperarse rápidamente de los entrenamientos y competiciones (24).

La fibra soluble presente en las microalgas puede ayudar a mejorar la digestión y promover la salud intestinal. Además, la fibra puede contribuir a la sensación de saciedad, lo que es útil para controlar el peso (29).

Tabla 3. Comparación cantidad de proteína en distintos alimentos. Elaboración propia a partir de (26).

Alimento	Proteínas (por cada 100 g)
Espirulina disecada	58 g
Lomo embuchado	50 g
Atún en lata	32 g
Pechuga de pollo	31 g
Lomo de cerdo	30 g
Filete de ternera	29 g

Debido a su alto contenido en yodo, las microalgas pueden apoyar la función tiroidea, que es fundamental para mantener un metabolismo saludable, un factor clave en el rendimiento deportivo (30).

Las microalgas contienen antioxidantes, como la clorofila y los carotenoides, que pueden proteger las células contra el daño de los radicales libres, reduciendo así el estrés oxidativo y apoyando la recuperación muscular. Muchas especies también poseen propiedades antiinflamatorias e inmunomoduladoras, lo que puede ser beneficioso para los atletas al reducir la inflamación y fortalecer el sistema inmunológico. Estas propiedades son la que más puede interesar a la hora de mejorar el rendimiento deportivo y la capacidad física de las personas (10,24,31).

Por otra parte, tienen propiedades que pueden ayudar a reducir el apetito y promover la pérdida de peso, lo que puede ser beneficioso para los deportistas que necesitan mantener un peso corporal específico para su actividad física (32).

4.3 Preparación microalgas como suplemento

Las microalgas, como espirulina y clorela, se cultivan en condiciones controladas para maximizar su calidad y concentración de nutrientes. Posteriormente, se someten a procesos de cosecha y secado, donde se utilizan técnicas como la liofilización para preservar sus propiedades. El producto seco se puede moler para obtener un polvo fino que se incorpora en tabletas, cápsulas o se mezcla con alimentos y bebidas. Esta preparación de las microalgas afecta a su perfil nutricional y biodisponibilidad, aspectos determinantes para su eficacia como suplemento en el rendimiento deportivo (33).

La preparación de microalgas para su uso como suplementos implica procesos específicos de cultivo, cosecha, secado y procesamiento para maximizar su valor nutricional. Sin embargo, es esencial considerar las dosis adecuadas y las posibles contraindicaciones para maximizar sus beneficios y minimizar riesgos (34).

4.4 Biohacking

El biohacking se define como el conjunto de acciones que un individuo lleva a cabo, utilizando diversas técnicas y herramientas, para optimizar su cuerpo, mente y vida. Este enfoque busca mejorar la salud, reducir síntomas, tener energía, dormir bien, perder o mantener peso, prevenir enfermedades y beneficiarse de una buena calidad de vida a largo plazo. Dave Asprey, uno de los principales promotores del biohacking, lo describe como el arte y la ciencia de transformarse en superhumanos, cambiando el entorno interno y externo para tener un control total sobre la biología (35)

El biohacking, como ciencia ciudadana, nació hace más de una década en Estados Unidos, siendo Meredith Patterson una de sus pioneras (36). Este movimiento ha evolucionado desde experimentos simples hasta complejas intervenciones que buscan optimizar el rendimiento humano. Elliot Roth, por ejemplo, ha destacado en el campo del biohacking con microalgas, demostrando el potencial nutritivo de estas en diversos contextos, desde la alimentación cotidiana hasta proyectos espaciales (37).

En la actualidad, el biohacking se aplica en el ámbito del rendimiento deportivo, utilizando técnicas que van desde el monitoreo y seguimiento con dispositivos tecnológicos hasta la dieta y nutrición personalizadas, incluyendo la suplementación con microalgas marinas (38). Las microalgas, por su alto contenido en proteínas, vitaminas, minerales y ácidos grasos omega-3, se han convertido en un componente clave para los atletas que buscan optimizar su rendimiento y recuperación (37).

La integración de las microalgas marinas en el biohacking representa una fusión entre la nutrición avanzada y la optimización del rendimiento humano. Este enfoque no solo mejora la capacidad física de los atletas, sino que también promueve una salud óptima y un bienestar general. Con el creciente interés en el campo, se abre un área prometedora para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el rendimiento físico y más allá (37,38).

4.5 Contexto de la introducción de las microalgas en la dieta en Europa

En Europa, el mercado de las microalgas comenzó a desarrollarse hace aproximadamente dos décadas. Aunque las microalgas han sido consumidas por la humanidad desde hace siglos, su introducción en la dieta europea es relativamente reciente. Según fuentes, el consumo de microalgas en Europa se inició en la década de 1990, cuando se incluyó la espirulina en el Reglamento del Parlamento Europeo sobre nuevos alimentos e ingredientes alimentarios en 1997 (39).

Sin embargo, la producción y el consumo de microalgas en Europa no se convirtieron en una práctica común hasta comienzos del año 2000, cuando la industria comenzó a expandirse y la industria alimentaria se interesó cada vez más por las aplicaciones de las microalgas en su contexto actual (40,41).

La introducción de microalgas en la dieta europea se ha visto influenciada por la creciente conciencia sobre la importancia de una alimentación saludable y respetuosa con el medio ambiente. La tendencia vegana y la búsqueda de fuentes de proteínas de origen vegetal han llevado a los consumidores a buscar alternativas como las microalgas, que ofrecen un perfil nutricional completo (41).

5. RESULTADOS

El proceso de selección de las publicaciones utilizadas en este estudio se ha llevado a cabo de manera rigurosa y exhaustiva. Tras una lectura crítica, una evaluación del riesgo de sesgos y un análisis detallado de los datos, se seleccionaron un total de 21 publicaciones (Figura 1) que cumplieran con los criterios de evidencia científica establecidos.

En primer lugar, se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos, lo que arrojó un total de 17.346 estudios potencialmente relevantes. Posteriormente, se aplicaron una serie de filtros para refinar la selección.

En la base de datos PubMed, se obtuvieron inicialmente 40 artículos. Tras aplicar filtros como la presencia de palabras clave en el título o resumen, la publicación en los últimos 20 años y la inclusión de estudios en humanos (excluyendo estudios in vitro y con animales), el número de artículos seleccionados se redujo a 14, lo que representa el 64% del total de publicaciones seleccionadas.

En la base de datos Dialnet, se obtuvo 1 artículo, que representan el 5% del total de publicaciones seleccionadas, después de aplicar los mismos filtros.

De la base de datos Scielo, se seleccionó 1 artículo, que también representa el 5% del total de publicaciones.

Finalmente, en Google Académico se identificaron 17.300 artículos, de los cuales se seleccionaron 5, que corresponden al 26% del total de publicaciones utilizadas en este estudio. Los filtros aplicados en este caso incluyeron la fecha de publicación, el título, el resumen y la relevancia de que se abordase el tema de la suplementación con microalgas en humanos y no otros asuntos.

La selección de evidencia se ha llevado a cabo con un enfoque sistemático y transparente, garantizando que las publicaciones seleccionadas fueran relevantes y de alta calidad para el objetivo de esta revisión. La aplicación de los filtros ha permitido eliminar publicaciones que no se ajustaban a los objetivos del estudio, asegurando que las publicaciones seleccionadas fueran las más relevantes y útiles para el análisis y discusión de los resultados.

De entre los estudios escogidos solo 2 contaron con la participación de mujeres (42,43). La mayoría de los estudios se centraron en participantes adultos con una edad promedio entre 20 y 30 años; solamente en un estudio hay evidencia de que los participantes tengan una edad promedio de entre 36 y 42 años (44).

En cuanto a la utilización de suplementos de espirulina, la dosis predominante fue de 3 a 6 g/día, aunque un estudio (42) optó por dosis más elevadas (7,5 g/día en estudiantes universitarios), mientras que dos estudios utilizaron dosis inferiores a 3 g/día de espirulina (43,45). La mayoría de los estudios emplearon dosis de entre 1 y 6 g/día, con rangos que variaban desde 500 mg/día hasta 7,5 g/día. Por otro lado, se incluyeron también 3 estudios doble ciego que usaban la chlorela como suplemento, con dosis aproximadas de 6g/día en grupos de personas que realizan ejercicio físico (46–48).

Respecto a la duración de las intervenciones, la mayoría se situó entre 3 y 8 semanas, aunque tres estudios tuvieron una duración de entre 4 y 21 días (44,49,50).

En la mayoría de los estudios seleccionados los participantes son atletas o sujetos entrenados, los cuales son sometidos a distintos tipos de ejercicio y estímulos. Únicamente se datan tres estudios de sujetos no entrenados que se someten a actividad física para ver la respuesta de la suplementación (42,43,51).

El número final de artículos seleccionados que respondían a la pregunta de investigación y a los objetivos fue de 21.

La evaluación de la calidad de los artículos seleccionados para este trabajo se realizó utilizando diferentes herramientas y escalas para garantizar la precisión y la confiabilidad de los resultados. Entre las herramientas utilizadas se encuentran la escala de recomendación de Joanna Briggs, las herramientas CONSORT, la escala de Jadad y PRISMA.

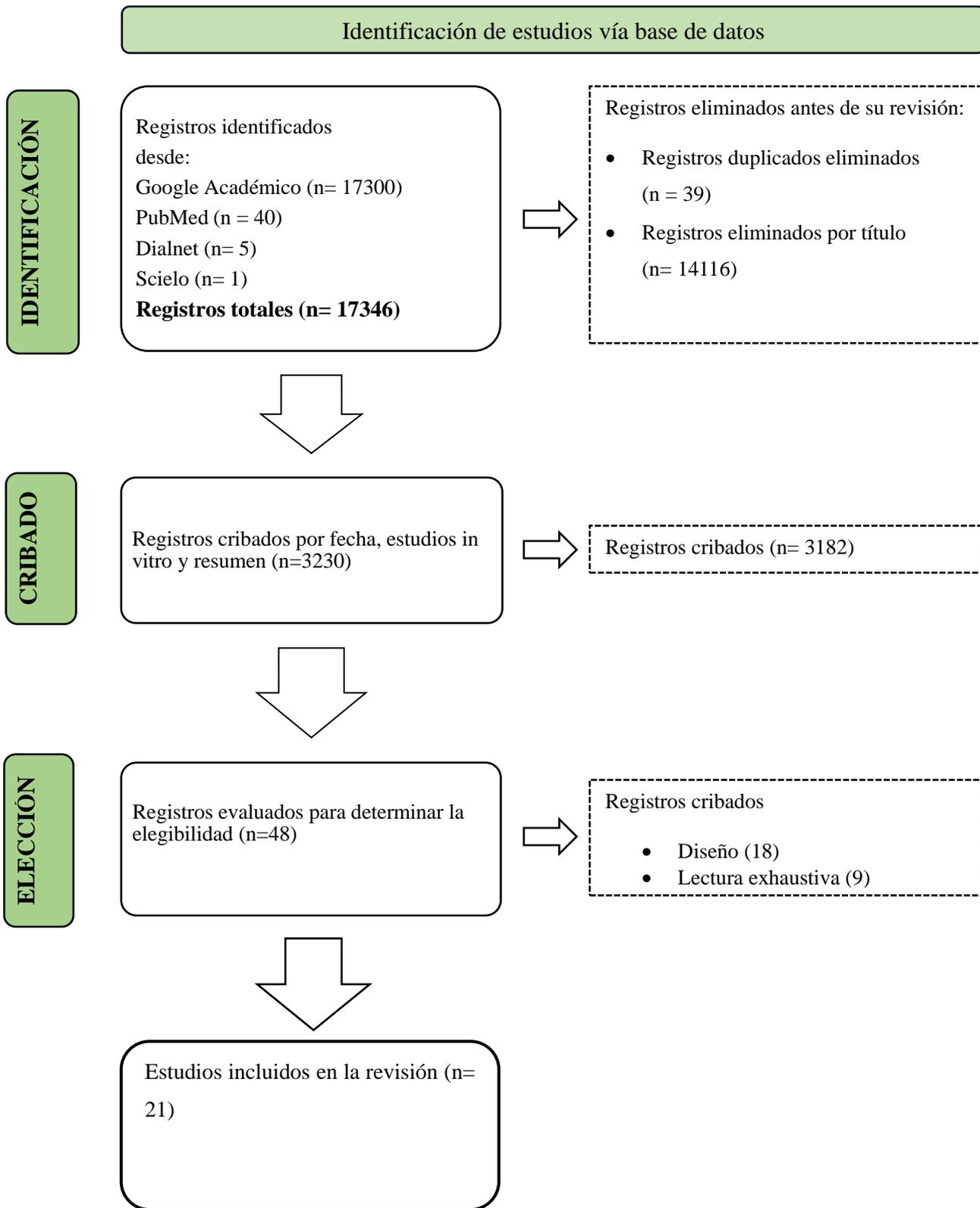


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA (selección de los artículos). Elaboración propia.

5.1 Evaluar la evidencia científica de la suplementación con microalgas en la población que realiza ejercicio físico.

Todas las publicaciones fueron calificadas según los grados y niveles de recomendación de Joanna Briggs, teniendo la mayoría de ellos grado de recomendación A y nivel de evidencia I (Anexo 11).

Los resultados de la evaluación de calidad de los artículos seleccionados han sido validados por medio de estas herramientas y escalas (Anexos 4-9). Los artículos seleccionados cumplieron con los criterios de calidad científica buscada y se consideraron adecuados para incluir en esta revisión sistemática y aportar los resultados obtenidos.

La suplementación con microalgas para la actividad física ofrece diversos beneficios significativos. Entre ellos se destaca: la mejora del rendimiento físico, ya que microalgas como la espirulina, chlorela y tetraselmis chuii proporcionan una fuente de "energía rápida", permitiendo al cuerpo almacenar energía en forma de glicógeno, lo que mejora la resistencia y el rendimiento durante el ejercicio (52–55).

Además, las microalgas son ricas en antioxidantes como carotenoides y compuestos fenólicos, que ayudan a combatir el estrés oxidativo generado por el ejercicio intenso, retrasando la fatiga y acelerando la recuperación (56–58).

Los principales beneficios de interés de la ingesta de microalgas para la actividad física son:

Efecto antioxidante

Los investigadores destacan, de la suplementación con microalgas, su potencial para reducir el estrés oxidativo (52,54,58). Otros estudios han examinado los efectos de la suplementación con espirulina en el estado redox y el rendimiento de los participantes después de un protocolo diseñado para inducir daño muscular (49,56).

Algunos autores notaron una mejor tolerancia al ejercicio en corredores no profesionales después de la suplementación con espirulina. Se observó que mediante la ingesta de espirulina también se obtuvo un impacto significativo en la oxidación de carbohidratos y grasas durante un ensayo, reduciendo la oxidación de carbohidratos en un 10,3% y aumentando la oxidación de grasas en un 10,9% en comparación con la prueba con placebo. Además, los niveles de glutatión reducido (GSH) fueron más altos

después de la suplementación con espirulina en comparación con el placebo, lo que sugiere una mayor capacidad para resistir el estrés oxidativo (58). La microalga *Chlorella* también demuestra aumentar la capacidad antioxidante (48).

Sin embargo, otra publicación, sugiere que si bien la espirulina puede tener efectos beneficiosos en el estado redox, no se tradujo en una mejora directa del rendimiento muscular (49).

En otros estudios, se han encontrado hallazgos sobre el impacto de la espirulina en el estado antioxidante inducido por el ejercicio en atletas, comparándolo con un antioxidante comercial, demostrando que esta microalga podría ser una alternativa natural y efectiva para potenciar tanto el rendimiento deportivo como la salud de los deportistas (56).

Mejora del rendimiento

Otros estudios destacan los posibles beneficios en la recuperación y la composición corporal. Estos estudios sugieren que la suplementación con microalgas marinas puede contribuir a mejorar la salud y el rendimiento físico de los deportistas (52,53). Los resultados muestran mejoras en parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca (FC) postejercicio, consumo de oxígeno y hemoglobina, mejorando la recuperación y los efectos antropométricos en hombres sanos (45,55,59,60). Estas publicaciones, sugieren que las microalgas pueden aumentar la actividad del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), estimulando la formación de nuevos vasos sanguíneos y mejorando la función cardiovascular (59). Además, se observa que la suplementación con espirulina mejoró la fuerza isométrica y la resistencia (43,50). Igualmente, mediante suplementación con *Chlorella* se observó menor lactato promedio y FC, mayor potencia promedio y máxima, y un aumento significativo en los niveles de hemoglobina (47).

Los resultados del estudio de *Lu* y colaboradores revelaron que las concentraciones plasmáticas de malondialdehído (un marcador de estrés oxidativo y peroxidación lipídica) y de lactato deshidrogenasa disminuyeron significativamente después de la suplementación con espirulina. Además, la actividad del superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa mejoró significativamente. Esto se tradujo en un aumento significativo en el tiempo hasta el agotamiento, lo que sugiere que la ingestión de espirulina puede proporcionar protección contra el daño muscular relacionado con el ejercicio (42).

Acompañado de evidencia que respalda la reducción en los factores de riesgo cardiovascular en hombres con obesidad, lo que sugiere un efecto beneficioso de la alimentación con microalgas combinada en la salud metabólica y cardiovascular (51). Además, la potencia durante ejercicios de alta intensidad en personas entrenadas aumentaron (44). En los resultados obtenidos también se observan efectos beneficiosos en diversos parámetros, incluyendo la capacidad aeróbica, la resistencia muscular y la mejora general de salud (61).

Los hallazgos de Okada indican que el consumo de chlorela podría ayudar, de la misma manera, a reducir el estrés oxidativo y aumentar la resistencia a la fatiga en situaciones de descanso, lo que sugiere su potencial para mejorar el bienestar general y la tolerancia al ejercicio (48).

Por otra parte, se observó que la ingesta de espirulina y chlorela incrementa las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares (MyoPS) tanto en reposo como durante el ejercicio, de forma equiparable a la ingesta de micoproteína en adultos jóvenes (46).

Efectos antiinflamatorios e inmunomoduladores.

Otras fuentes hablan sobre los efectos antiinflamatorios e inmunomoduladores de la espirulina en el ejercicio y el deporte, respaldando la idea de que la suplementación con microalgas puede tener un impacto positivo en la salud. Los resultados obtenidos han demostrado que fue capaz de prevenir la peroxidación lipídica, la inflamación y el daño muscular esquelético en profesionales durante ejercicio intenso (52).

Añadido a esto, ciertos estudios sugieren mejoras en la salud inmunológica mediante mediciones de citometría de flujo, concluyendo que, los hallazgos de esta investigación sugieren que la suplementación de microalgas podría brindar protección a los atletas contra el deterioro de la función inmunitaria (particularmente la inmunidad antiinfecciosa) asociado con el entrenamiento intensivo. Además, la espirulina podría generar un cambio positivo en el "umbral de sobreentrenamiento", evitando un deterioro significativo de la inmunidad. (45,52).

5.2 Analizar otros beneficios de la suplementación con microalgas para la salud.

Muchos de los beneficios que aportan las microalgas no se expresan únicamente en el desarrollo de actividad física, sino que, posee utilidades adicionales para aquellos que buscan mejorar su salud general y bienestar., incluyendo:

- Mejora de la salud cardiovascular: Conjuntamente a la disminución de la frecuencia cardiaca antes mencionada, las microalgas contienen compuestos que pueden ayudar a reducir los niveles de triglicéridos y colesterol en la sangre, lo que puede disminuir el riesgo de enfermedades cardíacas (51). De forma paralela, ayuda en la regulación del peso, reduciendo el apetito y aportando sensación de saciedad, lo que puede mejorar la salud digestiva y ser beneficioso para aquellos que buscan perder peso o mantener un peso saludable (51,62).
- Ayuda en la regulación del estrés oxidativo: Los antioxidantes presentes en las microalgas pueden ayudar a proteger las células del daño causado por los radicales libres, lo que puede mejorar la resistencia a la fatiga y reducir el estrés oxidativo (54,57,58).
- Mejora de la salud inmunológica : Las microalgas contienen nutrientes esenciales como la vitamina C, que es importante para la salud inmunológica. De esta forma, pueden ayudar a reducir la inflamación y mejorar la función inmunológica. Junto a ello, las microalgas contienen nutrientes esenciales como la vitamina B12, que es importante para la salud del sistema nervioso (45,52).
- Mejora de la salud cutánea : Los antioxidantes y los nutrientes presentes en las microalgas pueden ayudar a proteger la piel de los daños causados por el estrés oxidativo y mejorar su apariencia (55,58).
- Ayuda en la regulación del metabolismo : Las microalgas pueden ayudar a mejorar la sensibilidad a la insulina y reducir el riesgo de enfermedades metabólicas como la diabetes tipo 2 (44,51).

5.3 Estudiar las posibles intervenciones de enfermería en el uso de microalgas como suplemento alimenticio.

Al abordar este objetivo no se han encontrado artículos que traten sobre las actividades específicas de enfermería en el uso de microalgas como suplemento alimenticio. Se puede concluir que la literatura científica existente no ha explorado directamente el papel de las enfermeras en la suplementación con microalgas para el rendimiento deportivo y sus beneficios físicos.

Sin embargo, en cuanto a la actuación de la enfermería, es necesario destacar que juega un papel cada vez más importante en la promoción de la salud, el bienestar a través de la nutrición y la suplementación alimentaria. Mejorar los conocimientos sobre la

suplementación con microalgas es fundamental para poder llevar a cabo intervenciones de enfermería tanto en la población general como en los deportistas.

La suplementación con microalgas destaca por su capacidad para proporcionar nutrientes esenciales y beneficios para la salud. Como profesionales de la enfermería, es importante comprender cómo se puede intervenir en favor de la población a través del uso de microalgas como suplemento alimenticio por medio de centros de medicina deportiva. A continuación, se presentan algunas intervenciones de enfermería que pueden ser útiles en este contexto, basadas en la evidencia científica de los artículos recopilados y los diagnósticos enfermeros establecidos por la Asociación Norteamericana de Diagnósticos de Enfermería (NANDA).

Para mejorar la gestión clínica y la toma de decisiones enfermeras, se han desarrollado aplicaciones que se basan en la recopilación de los principales diagnósticos:

- NANDA [00307] Disposición para mejorar el compromiso con el ejercicio.
- NANDA [00293] Disposición para mejorar la autogestión de la salud.
- NANDA [00163] Disposición para mejorar la nutrición .
- NANDA [00093] Fatiga.
- NANDA [00248] Riesgo de deterioro de la integridad tisular.

Las intervenciones de enfermería en base a estos diagnósticos y, por consiguiente, relacionadas con la suplementación con microalgas para mejorar el rendimiento físico son las siguientes:

- NIC [5510]: Educación para la salud.
- NIC [6648]: Prevención de lesiones deportivas: jóvenes.
- NIC [0180] Manejo de la energía.
- NIC [0200] Fomento del ejercicio.

Las principales actividades de enfermería para promover la actividad física incluyen: investigar experiencias previas, determinar la motivación, explorar obstáculos, animar al paciente, ayudar a desarrollar un programa personalizado, establecer metas, integrar el ejercicio en la rutina, monitorizar el cumplimiento, controlar la evolución de posibles lesiones deportivas e instruir sobre precalentamiento y relajación.

6. DISCUSIÓN

Los estudios revisados muestran que la suplementación con microalgas, principalmente espirulina (43,44,49,51,61,62), puede tener efectos beneficiosos en el rendimiento deportivo, incluyendo mejoras fisiológicas, estrés oxidativo, fuerza, resistencia y composición corporal. Además, se destacan las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de las microalgas, lo que podría contribuir a la mejora del rendimiento y la recuperación muscular. Sin embargo, dos autores no encontraron evidencia concluyente de que la suplementación con microalgas como antioxidantes mejore el desempeño físico atlético, y sugieren cautela en recomendar la espirulina para mejorar el rendimiento deportivo (52,57).

Gran parte de los estudios encontraron mejoras sobre los efectos positivos en parámetros fisiológicos y composición corporal, sugiriendo que la suplementación con microalgas puede beneficiar el rendimiento deportivo (42,44,45,50,53–56,58–60,62). Dos estudios coincidieron en que la ingesta de suplementos de espirulina logra reducir el daño oxidativo al disminuir significativamente los niveles sanguíneos de malondialdehído y aumentar la actividad de la enzima antioxidante superóxido dismutasa (42,56).

Asimismo, la suplementación con espirulina mejoró los niveles de antioxidantes en la sangre, con beneficios más pronunciados en atletas de resistencia en comparación con deportistas de disciplinas mixtas (56,60). No obstante, cabe señalar que los participantes presentaban ingestas por debajo de lo recomendado para algunos micronutrientes como el β -caroteno, el hierro y el zinc, lo cual podría influir en los resultados observados. En esta línea, Chaouachi y colaboradores no observaron mejoras en cuanto a los niveles de antioxidantes en sangre en un equipo profesional de rugby (62).

Sin embargo, entre estos autores, sólo la visión de alguno de ellos destacó las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de las microalgas, desde el punto de vista de la recuperación muscular entre actividades de alta intensidad y de ejercicio físico. Resaltan también, que las mejoras en la recuperación muscular y de fatiga de los sujetos no interfieren con sus capacidades físicas a la hora de desarrollarlas (49,53,58,62).

Por otro lado, la investigación de *van der Heijden* se centró en que la ingesta de espirulina y chlorela aumenta las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares, de manera similar a la ingesta de micoproteína (46).

El enfoque de otros autores, como *Tom Gurney*, refuerza que la suplementación con espirulina en el rendimiento deportivo es dependiente de la dosis y el tipo de ejercicio. Entre sus investigaciones se encontró que la suplementación con espirulina y chlorela mejoró significativamente el rendimiento en pruebas de fatiga, pero no en ejercicios de ciclismo de brazos, lo que sugiere que la espirulina puede ser más efectiva en ejercicios que requieren una mayor cantidad de energía y resistencia (44,47,50,61).

Los efectos sobre la regulación metabólica y la desinflamación fueron evidentes en un estudio que demostró que la combinación de suplementación con espirulina y entrenamiento de intervalo de alta intensidad condujo a una notable reducción en los niveles de adipocinas (51).

Aportando una postura diferenciada, varios autores han basado su investigación en el uso de marcadores del estrés oxidativo (cómo es el malondialdehído) para valorar la actividad antioxidante de las microalgas aportando un dato de gran importancia (42,49,56,58). No obstante, según *Patrizia Calella*, el aumento de malonaldehído, y por tanto de daño oxidativo, está causado por el propio ejercicio al que son sometidos los participantes en el momento de la actividad física (52). Por ello, según su postura, sería necesario tener en cuenta más indicadores redox para contrastar los valores antes y después del ensayo, ya que, en su investigación, la espirulina puede beneficiar el ejercicio de resistencia, pero no el rendimiento en atletas de potencia.

En general, la mayoría de los estudios revisados muestran efectos positivos de la suplementación con microalgas, principalmente espirulina, en diversos aspectos del rendimiento deportivo.

Aun así, estos estudios (43,57–59), advierten que se deberían realizar investigaciones adicionales para confirmar su seguridad y eficacia en este contexto, sugiriendo la necesidad de más investigaciones con mayor tamaño de muestra para comprender plenamente los mecanismos ergogénicos que hay detrás de las microalgas y establecer recomendaciones sobre la relación de dosis adecuadas.

En el contexto de la alimentación, es importante destacar que las microalgas son una fuente natural de nutrientes valiosos, como proteínas, grasas y carotenoides, que pueden ser utilizados como suplementos para mejorar el rendimiento deportivo (46,51). Estos nutrientes pueden ayudar a mejorar la resistencia, la recuperación y la función muscular, lo que es fundamental para los deportistas que buscan mejorar su rendimiento (46,62).

Sin embargo, la escasez de evidencia científica sobre la enfermería en este campo es un obstáculo significativo para el desarrollo de estrategias efectivas de suplementación.

Para mejorar la situación, es necesario llevar a cabo investigaciones rigurosas que exploren a fondo el papel de la enfermería en la integración de microalgas para potenciar la actividad física.

La enfermería desempeña un papel fundamental en la suplementación alimentaria en la población anciana, ya que se encarga de evaluar las necesidades nutricionales de los pacientes y diseñar planes de suplementación personalizados para mejorar su estado nutricional y, por lo tanto, su bienestar general. Sin embargo, la población activa se ve "discriminada" y no son atendidos de la misma forma. Olvidándose dos de las actividades principales de la enfermería: la educación y la promoción de salud.

Aunque no se han encontrado estudios en la literatura analizada sobre la intervención de las enfermeras y la suplementación con microalgas, se pueden tener en cuenta los principales diagnósticos de enfermería e intervenciones descritos en los resultados de este trabajo, así como otras intervenciones relacionadas con la nutrición o la suplementación nutricional:

Educación y Orientación

Educación sobre los beneficios nutricionales de las microalgas, como la fuente de proteínas, vitaminas y minerales. Esta intervención implica proporcionar información clara sobre los beneficios de las microalgas, la dosis recomendada y las formas de consumo. La enfermera también debe educar sobre la importancia de una dieta equilibrada, la interacción con otros suplementos y estar disponible para ajustar el plan de suplementación según sea necesario. Además, brindar apoyo continuo y seguimiento a los pacientes es esencial para garantizar que obtengan los máximos beneficios de la suplementación con microalgas en su rendimiento deportivo.

Monitoreo y Seguimiento

El monitoreo y seguimiento son esenciales para evaluar el efecto de la suplementación con microalgas en la salud de los pacientes. Como enfermeros, debemos estar atentos a cualquier cambio en el estado de salud de nuestros pacientes y ajustar la dosis o la forma de administración según sea necesario.

Es importante también realizar pruebas de sangre periódicas para monitorizar los niveles de nutrientes y detectar posibles déficits. Facilitar regularmente la realización de ejercicios físicos con el fin de mantener o mejorar el estado físico y el nivel de salud.

Apoyo Nutricional

La suplementación con microalgas puede ser especialmente útil para pacientes con necesidades nutricionales específicas, como aquellos con enfermedades crónicas o aquellos que requieren una dieta especial. Como personal de enfermería, podemos apoyar a nuestros pacientes proporcionando recomendaciones nutricionales personalizadas y ayudando a integrar esta alimentación en su dieta de manera efectiva.

Investigación y Desarrollo

Finalmente, es importante que las enfermeras se involucren en la investigación y el desarrollo de intervenciones de enfermería más efectivas para apoyar el uso de microalgas como suplemento alimenticio. Esto puede incluir la colaboración con otros profesionales de la salud y la participación en estudios clínicos para evaluar el efecto en la salud de los pacientes.

6.1 Esquema DAFO

La elaboración del esquema DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) es una herramienta estratégica que permite identificar y analizar los aspectos internos y externos relevantes para esta investigación (Figura 2). Es fundamental evaluar tanto las limitaciones como las fortalezas que pueden influir en la validez y relevancia de la investigación.

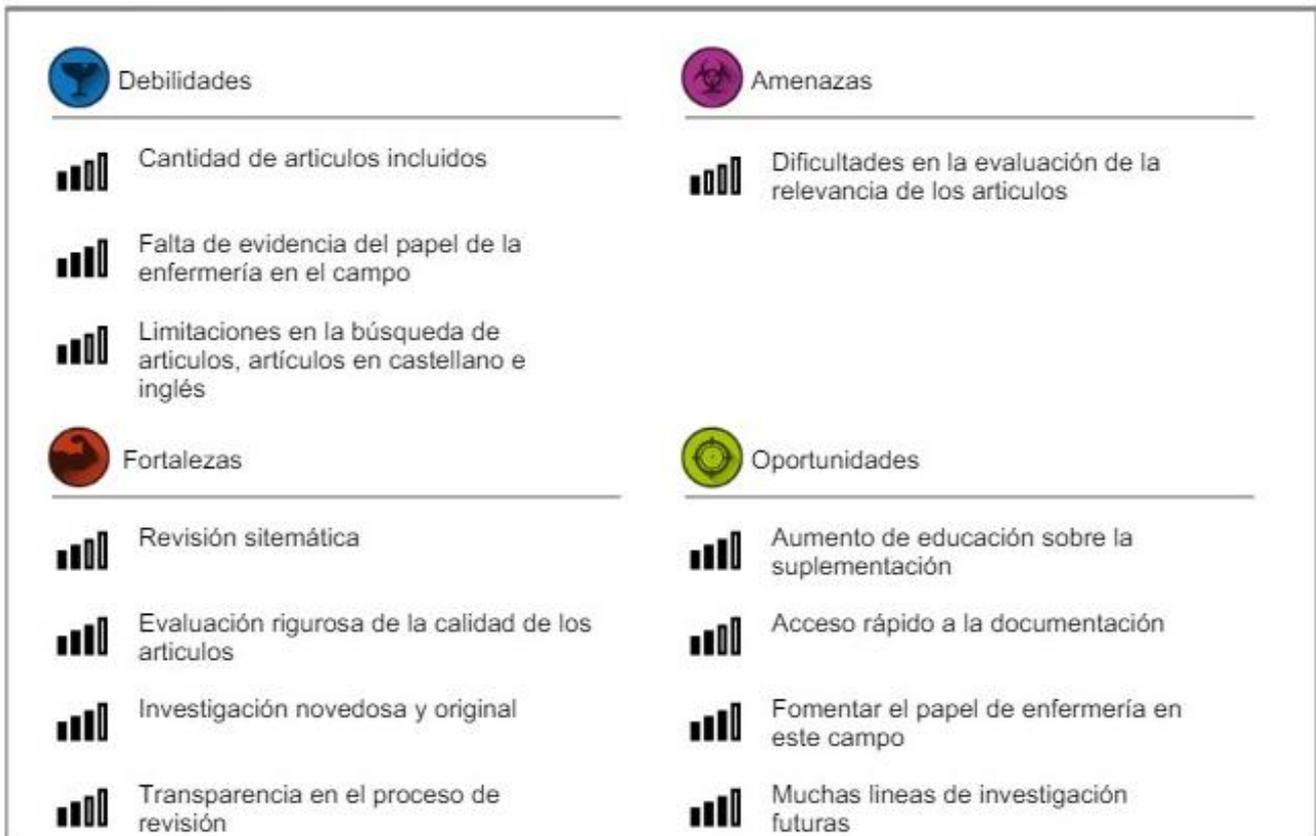


Figura 2. Esquema DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades). Elaboración propia a partir de: <https://dafo.ipyme.org/Dafos#&&q=matriz-de-factores> (63)

6.2 Limitaciones prácticas

En el ámbito de la nutrición deportiva, el consumo de microalgas no es muy común, considerándose una suplementación desconocida para la gran mayoría de la población activa. Por estas razones no existe una conformidad en cuanto a establecer dosis y duración exacta para tener en cuenta. En el uso de espirulina la bibliografía consultada habla de dosis aproximadas entre 2 y 7 g/día, mientras que en el uso de chlorela oscila los 6 g/día, aun sabiendo que según varios estudios con dosis únicas pueden obtenerse resultados. Toda esta incertidumbre viene dada por la novedad de este tipo de complemento alimenticio (48,58,60,61).

Los mecanismos de acción de las microalgas en base a los beneficios que aportan en el rendimiento no están claros. La propia composición compleja de las microalgas también dificulta conocer su mecanismo de acción, por lo que se requiere realizar más trabajos que refuercen sus componentes específicos y su comportamiento. Teniendo en cuenta esta información, los estudios in vivo ya realizados no han de ser descartados, ya que pueden abrir camino y ser verdaderamente útiles para futuras investigaciones(58,61) .

Dado que la dieta es fundamental para el rendimiento en actividades físicas exigentes, es vital considerar las necesidades alimentarias individuales, que varían en cantidad y tipo de nutrientes. Es imprescindible evaluar no solo la salud de los pacientes bajo estudio, sino también su progreso en el tiempo en términos de desempeño deportivo (64).

La evidencia encontrada sobre la suplementación con microalgas está basada en el sexo masculino. Y, considerando biodisponibilidad alta de hierro en esta microalga y la alta prevalencia de anemia en la comunidad atlética femenina. Se sugiere que la espirulina podría ser particularmente efectiva para mejorar la salud y el rendimiento en atletas femeninas (61).

La limitación más significativa es la falta de estudios que involucren intervenciones enfermeras. Aunque se han realizado numerosos estudios sobre los beneficios nutricionales y de salud de los suplementos de microalgas, no se han encontrado investigaciones que analicen específicamente cómo los profesionales de enfermería pueden utilizar estos suplementos en su práctica clínica o cómo pueden influir en la educación nutricional y la salud de los pacientes.

Esto limita nuestra comprensión de cómo los enfermeros pueden integrar estos suplementos en sus estrategias de prevención y tratamiento de enfermedades, y cómo pueden ser utilizados para mejorar la calidad de vida de los pacientes.

6.2 Implicaciones prácticas

- **Recomendaciones nutricionales:** Los profesionales de la salud podrían integrar las microalgas marinas en los planes dietéticos de la población que realiza ejercicio físico para mejorar su rendimiento deportivo, teniendo en cuenta las necesidades nutricionales individuales y el tipo de deporte practicado.
- **Suplementación deportiva:** Los nutricionistas, enfermeras y médicos deportivos podrían considerar esta suplementación como parte de las estrategias de mejora del rendimiento, especialmente para deportes que requieren resistencia y recuperación rápida ante la fatiga.
- **Educación y concienciación:** La formación de atletas y entrenadores sobre los beneficios de las microalgas marinas puede fomentar su inclusión en la dieta y mejorar la aceptación de estos alimentos como parte de una nutrición deportiva óptima. Asimismo, la formación a profesionales de enfermería podría ayudar a evitar los estigmas que encontramos en este tema y la educación al paciente sobre estos suplementos.
- **Desarrollo de productos:** La industria de la nutrición deportiva podría desarrollar nuevos productos basados en microalgas marinas, diseñados específicamente para satisfacer las necesidades de los atletas y mejorar su rendimiento.
- **Políticas de salud pública:** Los resultados podrían influir en las políticas de salud pública, promoviendo el consumo de microalgas marinas como parte de una dieta saludable y equilibrada para la población en general y la población que realiza ejercicio físico de forma constante en particular.

6.3 Futuras líneas de investigación

Los hallazgos podrían motivar investigaciones adicionales sobre los efectos específicos el potencial de las microalgas para prevenir lesiones o acelerar la recuperación. Es importante evaluar la seguridad y eficacia de la suplementación con algas marinas, así como establecer dosis recomendadas y posibles interacciones con otros suplementos o medicamentos. Algunas de las futuras líneas de investigación podrían ser:

- **Investigaciones para aplicar estos conocimientos en la enfermería:** Estudiar las intervenciones y prácticas enfermeras que se podrían llevar a cabo para implementar este novedoso tipo de suplementación en la población, favoreciendo la promoción de la salud.

- **Desarrollo de nuevas variedades de microalgas:** Explorar el cultivo de nuevas variedades de microalgas, para mejorar su perfil nutricional y su eficacia en el rendimiento deportivo.
- **Optimización de la suplementación con omega-3:** Investigar dosis específicas y formas de suplementación con ácidos grasos omega-3 derivados de microalgas para maximizar los beneficios en el rendimiento y la recuperación de los atletas.
- **Biohacking y rendimiento deportivo:** Estudiar cómo técnicas avanzadas de biohacking, incluyendo la suplementación con microalgas, pueden optimizar el rendimiento deportivo y la salud general de los atletas.
- **Espirulina y salud cardiovascular:** Profundizar en los efectos de la suplementación con espirulina en la salud cardiovascular, basándose en estudios previos que indican beneficios significativos.
- **Impacto económico y ecológico del cultivo de microalgas:** Evaluar el desarrollo sostenible de la industria de las microalgas marinas y su potencial para ofrecer productos nutricionales de alto valor con un menor impacto ambiental.

Estas futuras líneas de investigación pueden contribuir significativamente al conocimiento existente, abriendo nuevas vías para mejorar la salud física a través de la nutrición basada en microalgas marinas.

7. CONCLUSIONES

- El presente TFG ha revisado sistemáticamente la literatura científica sobre la suplementación con microalgas, específicamente con espirulina, clorela y tetraselmis chuii , para evaluar su impacto en el rendimiento deportivo y la salud de los deportistas. Los resultados obtenidos han demostrado que la suplementación con microalgas es beneficiosa para mejorar el rendimiento deportivo de las personas que las consumen.
- La suplementación con espirulina mejora significativamente el estado antioxidante de los participantes, lo que sugiere que esta microalga podría ser una alternativa natural y efectiva para potenciar tanto el rendimiento deportivo como la salud de los deportistas. Además, se han encontrado mejoras en parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca postejercicio, consumo de oxígeno y hemoglobina, lo que indica una mejora en la recuperación y los efectos antropométricos en hombres sanos.
- Las microalgas contienen compuestos que pueden ayudar a reducir los niveles de triglicéridos y colesterol en la sangre, lo que puede disminuir el riesgo de enfermedades cardíacas. Esto es especialmente relevante para las personas que buscan mantener una salud cardiovascular óptima.
- Se deberían realizar investigaciones adicionales para confirmar su seguridad y eficacia en este contexto, sugiriendo la necesidad de más investigaciones con mayor tamaño de muestra para verificar el funcionamiento y las dosis exactas de la suplementación con microalgas.
- La suplementación con microalgas puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento deportivo y la salud de los deportistas. Sin embargo, es importante destacar que la literatura científica existente no ha explorado directamente el papel de las enfermeras en esta novedosa suplementación. Aun así, se recomiendan futuras investigaciones que aborden esta área para determinar cómo las enfermeras pueden contribuir a la implementación y supervisión de programas de suplementación con microalgas en el contexto deportivo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Cuesta RG, García KLG, Rivera YH, Suárez YA, Delange DM. Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. 37(2).
2. Navarro G. THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas. 2022 [citado 18 de marzo de 2024]. Suplementos alimenticios: una tendencia que va más allá de los deportistas. Disponible en: <https://thefoodtech.com/columnistas/suplementos-alimenticios-una-tendencia-que-va-mas-alla-de-los-deportistas/>
3. González Fariña JJ. El uso de algas marinas como bioestimulantes. 2022; Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/29095>
4. Hosokawa, M. Algas marinas [Internet]. [citado 18 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.hosokawa-micron-bv.es/procesamiento-solidos/alimentacion-animal-pienso/algas-marinas.html>
5. Guzmán H. Hacienda Guzmán. 200d. C. [citado 18 de marzo de 2024]. Dieta personalizada: la ciencia al servicio de la salud. Disponible en: <https://haciendaguzman.com/blogs/all/dieta-personalizada-la-ciencia-al-servicio-de-la-salud>
6. Matey P. *alimento.elconfidencial.com*. 2021. Si te importa algo tu salud intestinal, empieza ya a comer esta alga. Disponible en: https://www.alimento.elconfidencial.com/bienestar/2021-01-22/alga-demuestra-mejorar-salud-gastrointestinal_2459840/
7. García JL, de Vicente M, Galán B. Presente y futuro del cultivo de microalgas para su uso como superalimentos.
8. Ramírez-Moreno L, Olvera-Ramírez R. Uso tradicional y actual de spirulina sp. (*arthrospira* sp.). *Interciencia*. septiembre de 2006;31(9):657-63.
9. Chamorro G, Salazar M, Gomes de Lima Araújo K, Pereira dos Santos C, Ceballos G, Fabila Castillo L. Actualización en la farmacología de Spirulina (*Arthrospira*), un alimento no convencional. *Arch Latinoam Nutr*. septiembre de 2002;52(3):232-40.
10. Risso S, Escudero C, Estevao Belchior S, de Portela ML, Fajardo MA. Contenido en algunos nutrientes del alga marina comestible, *Monostroma undulatum*, Wittrock de la costa patagónica argentina. *Arch Latinoam Nutr*. septiembre de 2003;53(3):306-11.
11. Clinic SW. *SHA Magazine*. 2017. Los 7 mejores beneficios de las algas marinas. Disponible en: <https://shawellness.com/shamagazine/es/los-7-mejores-beneficios-de-las-algas-marinas/>
12. Duménigo González A, Frías Vázquez AI, García Delgado N, Ramentol RM, Cabrera Suárez HR, Suárez Alfonso, et al. Actividad antiinflamatoria y analgésica de un extracto orgánico del alga roja *Galaxaura rugosa* (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux. *Rev Cuba Plantas Med*. septiembre de 2014;19(3):235-47.
13. Vidal Novoa A de J, Mancini-Filho J, Carrillo Farnés O, Zaldivar Muñoz C, Vidal Novoa A de J, Mancini-Filho J, et al. Propiedades hepatoprotectoras de las algas marinas: estrés oxidativo en modelos animales intoxicados con xenobióticos. *Acta Bioquímica Clínica Latinoam*. julio de 2021;55(3):289-302.
14. Ramos G. THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas. 2022. Algas marinas: ingredientes funcionales con alto poder nutritivo. Disponible en: <https://thefoodtech.com/columnistas/algas-marinas-ingredientes-funcionales-con-alto-poder-nutritivo/>
15. Cañadas-De la Fuente GA. Uso, efectos y conocimientos de los suplementos nutricionales para el deporte en estudiantes universitarios. *Nutr Hosp*. 1 de agosto de 2015;(2):837-44.

16. Torres Aured ML de, López-Pardo Martínez M, Domínguez Maeso AM, Rorres Olson C de. La enfermera de nutrición como educadora y formadora asistencial en atención primaria y en el ámbito hospitalario: teoría y práctica. *Nutr Clínica Dietética Hosp.* 2008;28(3):9-19.
17. Grados de recomendación y niveles de evidencia - Biomedidas [Internet]. [citado 17 de abril de 2024]. Disponible en: <https://femora.sergas.gal/Biomedidas/Anexo-Glucemia?idioma=es>
18. González de Dios J, Buñuel Álvarez J, González Rodríguez P. Listas guía de comprobación de ensayos clínicos: declaración CONSORT [Internet]. [citado 25 de abril de 2024]. Disponible en: <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/5809/listas-guia-de-comprobacion-de-ensayos-clinicos-declaracion-consort>
19. Sánchez Berriel M., Marín Pérez C., Pardo Jario M.P., Guarc Prades E., Gimeno Gracia M., Arenere Mendoza M. Evaluación de la calidad metodológica de ensayos clínicos empleando la Escala Jadad [Internet]. [citado 29 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.sefh.es/sefhpublicaciones/documentos/58-congreso/multiusos5-23-SanchezBerriel.pdf>
20. Martínez C. La historia de las algas en la alimentación. *Algamanía. Las algas en el Planeta.* [Internet]. 2019. Disponible en: <https://algamania.com/que-sabemos-de-las-algas-marinas/>
21. Macaya Horta E. Uso de las algas en la alimentación. Museo de Historia Natural de Concepción. [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.mhnconcepcion.gob.cl/noticias/uso-de-las-algas-en-la-alimentacion>
22. Trujillo I. La Razón. 2022. El superalimento secreto de los futbolistas que debes probar: mucha proteína y nada de calorías. Disponible en: <https://www.larazon.es/deportes/20220705/nmjw426jajbkpp3nrip62e7anm.html>
23. Pellicer Roig D. Las algas, una nueva moda en la alimentación... que tiene más de 8.000 años. *National Geographic.* [Internet]. 2023. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/algas-nueva-moda-alimentacion-que-tiene-mas-8000-anos_20892
24. Corredor MPP. Mejor con Salud. 2022. Proteína de algas en polvo: lo que debes saber de este suplemento. Disponible en: <https://mejorconsalud.as.com/proteina-algas-polvo/>
25. Macalintal LM. Productos de algas en dietas avícolas. Midwest Poultry Fed Conv Minneapolis. marzo de 2018;
26. <https://www.cun.es> [Internet]. [citado 11 de marzo de 2024]. Clínica Universidad Navarra. Alimentos ricos en proteínas. Nutrición y salud. Disponible en: <https://www.cun.es/cheques-salud/vida-sana/nutricion/alimentos-ricos-proteinas>
27. Gottau G. Vitónica. 2016 [citado 11 de marzo de 2024]. Conoce más sobre las algas con esta completa tabla nutricional. Disponible en: <https://www.vitonica.com/alimentos/conoce-mas-sobre-las-algas-con-esta-completa-tabla-nutricional>
28. Cuerpomenta [Internet]. Algas: beneficios, propiedades nutricionales, tipos y cómo consumirlas. Disponible en: <https://www.cuerpomenta.com/guia-alimentos/algas>
29. Algas marinas, secas. (s/f). YAZIO. Recuperado el 6 de marzo de 2024, de <https://www.yazio.com/es/alimentos/algas-marinas-secas.html>.
30. Medline [Internet]. 2023. Algas Verdiazul: MedlinePlus suplementos. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/923.html>
31. Quiral R V, Morales G C, Sepúlveda L M, Schwartz M M. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Rev Chil Nutr.* diciembre de 2012;39(4):196-202.

32. Arenas PM, Doumecq B, Puentes JP, Hurrell JA. Algas y plantas comercializadas como adelgazantes en el área metropolitana de buenos aires, argentina. *GAIA Sci.* 2015;9.
33. Trujillo Berriel E, de Vega Garcia A. El futuro de las microalgas en la alimentación animal. [Internet]. [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/108058/files/TAZ-TFG-2021-3628.pdf>
34. Gray B. Aquarium of the Pacific. [citado 8 de marzo de 2024]. Las Algas Marinas. Disponible en: https://www.aquariumofpacific.org/seafoodfuture/algas_marinas
35. Asprey D, Kruse J. ¿Qué es el biohacking? [Internet]. *Episalud.* 2017 [citado 8 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://episalud.com/que-es-el-biohacking/>
36. Romero S. Muy Interesante. 2016 [citado 8 de marzo de 2024]. La revolución del biohacking. Disponible en: <https://www.muyinteresante.com/tecnologia/14327.html>
37. Bickerton P. Spotlight on: biohacking & Elliot Roth: "It's algae time" | Earlham Institute [Internet]. [citado 8 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.earlham.ac.uk/articles/spotlight-biohacking-elliott-roth-its-algae-time>
38. Hello Bio Hacking Center. Bio Hacking Center. [citado 8 de marzo de 2024]. Mejora Tu Rendimiento Deportivo | Biohacking Center México. Disponible en: <https://biohackingcenter.mx/biohacking-blog/mejora-rendimiento-deportivo-biohacking>
39. Neoalgae. La Spirulina ha venido para quedarse [Internet]. [citado 21 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://neoalgae.es/historiaspirulina/>
40. Dongo D. El papel de las microalgas en alimentos y piensos, estado del arte. #ProFutureEU - Regalo [Internet]. *Gift.* 2023 [citado 21 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.greatitalianfoodtrade.it/es/innovaci%C3%B3n/El-papel-de-las-microalgas-en-los-alimentos-y-piensos-es-lo-%C3%BAltimo-en-tecnolog%C3%ADa-profuturereu/>
41. Del Moral Arroyo M. "El desafío es hacer que el consumidor vea las microalgas no como un suplemento, sino como un ingrediente habitual en su dieta" [Internet]. 2021 [citado 21 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.freshplaza.es/article/9382950/el-desafio-es-hacer-que-el-consumidor-vea-las-microalgas-no-como-un-suplemento-sino-como-un-ingrediente-habitual-en-su-dieta/>
42. Lu HK, Hsieh CC, Hsu JJ, Yang YK, Chou HN. Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *Eur J Appl Physiol.* septiembre de 2006;98(2):220-6.
43. Sandhu J, Dheera B, Shweta S. Efficacy of spirulina supplementation on isometric strength and isometric endurance of quadriceps in trained and untrained individuals – a comparative study. *Ibnosina J Med Biomed Sci.* abril de 2010;02(02):79-86.
44. Gurney T, Brouner J, Spendiff O. Twenty-one days of spirulina supplementation lowers heart rate during submaximal cycling and augments power output during repeated sprints in trained cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab.* 16 de agosto de 2021;1-9.
45. Juskiewicz A, Basta P, Petriczko E, Machaliński B, Trzeciak J, Łuczowska K, et al. An attempt to induce an immunomodulatory effect in rowers with spirulina extract. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15:9.
46. van der Heijden I, West S, Monteyne AJ, Finnigan TJA, Abdelrahman DR, Murton AJ, et al. Algae Ingestion Increases Resting and Exercised Myofibrillar Protein Synthesis Rates to a Similar Extent as Mycoprotein in Young Adults. *J Nutr.* 1 de diciembre de 2023;153(12):3406-17.
47. Gurney T, Brouner J, Spendiff O. The Efficacy of *Chlorella* Supplementation on Multiple Indices of Cycling Performance. *J Diet Suppl.* 2024;21(1):99-115.

48. Okada H, Yoshida N, Kakuma T, Toyomasu K. Effect of Chlorella Ingestion on Oxidative Stress and Fatigue Symptoms in Healthy Men. *Kurume Med J.* 10 de julio de 2018;64(4):83-90.
49. Pappas A, Tsiokanos A, Fatouros IG, Poullos A, Kouretas D, Goutzourelas N, et al. The Effects of Spirulina Supplementation on Redox Status and Performance Following a Muscle Damaging Protocol. *Int J Mol Sci.* enero de 2021;22(7):3559.
50. Gurney T, Spendiff O. Spirulina supplementation improves oxygen uptake in arm cycling exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1 de diciembre de 2020;120(12):2657-64.
51. Supriya R, Delfan M, Saeidi A, Samaie SS, Al Kiyumi MH, Escobar KA, et al. Spirulina Supplementation with High-Intensity Interval Training Decreases Adipokines Levels and Cardiovascular Risk Factors in Men with Obesity. *Nutrients.* enero de 2023;15(23):4891.
52. Calella P, Cerullo G, Di Dio M, Liguori F, Di Onofrio V, Gallè F, et al. Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory effects of spirulina in exercise and sport: A systematic review. *Front Nutr.* 2022;9:1048258.
53. Castro Zamora AA. Efecto de la espirulina (*Arthrospira*) máxima sobre daño muscular y composición corporal en boxeadores profesionales. [Internet]. 2018 [citado 9 de abril de 2024]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/efecto-de-la-spirulina-arthrospira-maxima-sobre-dao-tanto-el-objetivo-de.html>
54. Bellido FJR. Efectos de la ingesta de *Tetraselmis chuii* sobre el estrés oxidativo en deportistas. *Dialnet.*
55. García Á, Toro-Román V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Muñoz D, Maynar-Mariño M. Effects of *Tetraselmis chuii* Microalgae Supplementation on Anthropometric, Hormonal and Hematological Parameters in Healthy Young Men: A Double-Blind Study. *Int J Environ Res Public Health.* 16 de mayo de 2022;19(10):6060.
56. Kalpana K, Kusuma D, Lal PR, Khanna G, Kommi K. Effect of Spirulina on Antioxidant Status and Exercise- Induced Oxidative Stress of Indian Athletes in Comparison to a Commercial Antioxidant. *Google Académico.* 1 de enero de 2012;
57. Fierro LG de L, Rodríguez-Villalobos JM, Candia-Luján R, Carrasco-Legleu CE, Castillo LAE del. Efectividad de los suplementos antioxidantes en la mejoría del desempeño físico atlético. Artículo de revisión. *Rev Habanera Cienc Médicas Google Académico.* 18(2):194-216.
58. Kalafati M, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Paschalis V, Theodorou AA, Sakellariou GK, et al. Ergogenic and Antioxidant Effects of Spirulina Supplementation in Humans. *Med Sci Sports Exerc Pubmed.* enero de 2010;42(1):142.
59. Toro V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Robles-Gil MC, Rodrigo J, Maynar-Mariño M. Effects of *Tetraselmis chuii* Microalgae Supplementation on Ergospirometric, Haematological and Biochemical Parameters in Amateur Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health.* enero de 2020;17(18):6885.
60. Kalpana K, Kusuma D, Lal PR, Khanna G. Impact of Spirulina on Exercise Induced Oxidative Stress and Post Exercise Recovery Heart Rate of Athletes in Comparison to a Commercial Antioxidant. *Food Nutr J.* 12 de julio de 2017;4.
61. Gurney T, Spendiff O. Algae Supplementation for Exercise Performance: Current Perspectives and Future Directions for Spirulina and Chlorella. *Front Nutr [Internet].* 7 de marzo de 2022;9. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.865741>
62. Chaouachi M, Gautier S, Carnot Y, Guillemot P, Pincemail J, Moison Y, et al. Spirulina supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, inflammation and skeletal muscle damage in elite rugby players. *J Hum Nutr Diet.* 2022;35(6):1151-63.

63. Herramienta DAFO [Internet]. [citado 8 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://dafo.ipyme.org/Dafos#&&q=matriz-de-factores>
64. Serra AT, Silva SD, Pleno de Gouveia L, Alexandre AMRC, Pereira CV, Pereira AB, et al. A Single Dose of Marine *Chlorella vulgaris* Increases Plasma Concentrations of Lutein, β -Carotene and Zeaxanthin in Healthy Male Volunteers. *Antioxidants*. agosto de 2021;10(8):1164.
65. Rosa TD la. 10 razones para comer Espirulina, uno de mis superalimentos favoritos [Internet]. Tanya de la Rosa - Green Mama. 2018 [citado 9 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://tanyadelarosa.com/razones-comer-espirlulina/>
66. Alga espirulina prensada en tabletas en un vial de vidrio cerrado | Foto Premium [Internet]. [citado 9 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.freepik.es/fotos-premium/alga-espirlulina-prensada-tabletas-vial-vidrio-cerrado_25497932.htm
67. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 1 de septiembre de 2021;74(9):790-9.

9. ANEXOS

Anexo 1. Espirulina en polvo y en tabletas.



Ilustración 1. Espirulina en polvo (65).



Ilustración 2. Espirulina en tabletas (66).

Anexo 2. Tabla de contenidos para grados de recomendación y niveles de evidencia de Joanna Briggs (17).

GRADOS DE RECOMENDACIÓN (DERIVAN DE LOS NIVELES DE EFECTIVIDAD ESTABLECIDOS POR EL INSTITUTO JOANNA BRIGGS - REV. 2008)	
GRADO A	Efectividad demostrada para su aplicación
GRADO B	Grado de efectividad establecido que indica considerar la aplicación de sus resultados
GRADO C	Efectividad no demostrada

NIVELES DE EVIDENCIA (ESTABLECIDOS POR THE JOANNA BRIGGS INSTITUTE - REV. 2003)	
NIVEL I	Evidencia obtenida de una revisión sistemática de todos los ensayos clínicos relevantes con asignación aleatoria.
NIVEL II	Evidencia obtenida de, al menos, un ensayo clínico con asignación aleatoria bien diseñado.
NIVEL III.1	Evidencia obtenida de ensayos clínicos sin asignación aleatoria bien diseñados.

NIVEL III.2	Evidencia obtenida de estudios comparativos con control histórico, dos o más estudios con grupo único, o de series temporales interrumpidas con grupo control paralelo.
NIVEL III.3	Evidencia obtenida de estudios comparativos con control histórico, dos o más estudios con grupo único, o de series temporales interrumpidas sin grupo control paralelo.
NIVEL IV	Evidencia obtenida de estudios de series de casos pre y post test, o sólo post test. Consenso del grupo, guías prácticas.

Anexo 3. Grados de recomendación y niveles de evidencia de Joanna Briggs. Elaboración propia.

AUTOR	GRADO DE RECOMENDACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA
Juszkiewicz A, Basta P, Petriczko E, Machaliński B, Trzeciak J (45).	B	II
Kalpana K, Kusuma D, Lal P, Khanna G (56).	A	I
Lu H, Hsieh C, Hsu J, Yang Y, Chou H (42).	A	I
Gurney T, Spendiff O (50).	A	I

Chaouachi M, Gautier S, Carnot Y, Guillemot P (62).	A	I
Gurney T, Brouner J, Spendiff O (44).	A	I
Sandhu J.S, Bhardwaj D, Shenoy S (43).	A	III
Toro V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Robles-Gil M, Rodrigo J, Maynar-Mariño M (59).	A	II
Pappas A, Tsiokanos A, G. Fatouros I, Poulios A (49).	A	I
Van der Heijden I, West S, Monteyne A, Finnigan T (46).	A	II
García A, Toro-Román V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Muñoz D, Maynar-Mariño M (55).	A	II
Kalpana K, Kusuma D, Lal P, Khanna G (60).	B	II

Kalafati M, Jamurtas A, Nikolaidis M, Paschalis V (58).	A	II
Castro Zamora, A (53).	B	IV
Bellido F (54).	A	I
Fierro L, Rodriguez J, Candia R, Carrasco C, Castillo L (57).	C	IV
Calella P, Cerullo G, Di Dio M, Liguori F, Di Onofrio V (52).	A	I
Supriya R , Delfan M, Saeidi A , Somayeh S (51).	A	I
Gurney T et Spendiff O (61).	A	I
Okada H, Yoshida N, Kakuma T, Toyomasu K (48).	A	II
Gurneya,T,, Brounera J, Spendiff O (47).	A	I

Anexo 4. Tabla de contenidos para evaluación de calidad CONSORT (18).

Sección/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de comprobación
Título y resumen		
	1a	Identificado como un ensayo aleatorizado en el título
	1b	Resumen estructurado del diseño, métodos, resultados y conclusiones del ensayo
Introducción		
Antecedentes y objetivos	2a	Antecedentes científicos y justificación
	2b	Objetivos específicos o hipótesis
Métodos		
Diseño del ensayo	3a	Descripción del diseño del ensayo (por ejemplo, paralelo, factorial), incluida la razón de asignación
	3b	Cambios importantes en los métodos después de iniciar el ensayo (por ejemplo, criterios de selección) y su justificación
Participantes	4a	Criterios de selección de los participantes

	4b	Procedencia (centros e instituciones) en que se registraron los datos
Intervenciones	5	Las intervenciones para cada grupo con detalles suficientes para permitir la replicación, incluidos cómo y cuándo se administraron realmente
Resultados	6a	Especificación a priori de las variables respuesta (o desenlace) principal(es) y secundarias, incluidos cómo y cuándo se evaluaron
	6b	Cualquier cambio en las variables respuesta tras el inicio del ensayo, junto con los motivos de la(s) modificación(es)
Tamaño muestral	7a	Cómo se determinó el tamaño muestral
	7b	Si corresponde, explicar cualquier análisis intermedio y las reglas de interrupción
Aleatorización		
Generación de la secuencia	8a	Método utilizado para generar la secuencia de asignación aleatoria
	8b	Tipo de aleatorización; detalles de cualquier restricción (como bloques y tamaño de los

		bloques)
Mecanismo de ocultación de la asignación	9	Mecanismo utilizado para implementar la secuencia de asignación aleatoria (como contenedores numerados de modo secuencial), describiendo los pasos realizados para ocultar la secuencia hasta que se asignaron las intervenciones
Implementación	10	Quién generó la secuencia de asignación aleatoria, quién seleccionó a los participantes y quién asignó los participantes a las intervenciones
Enmascaramiento	11a	Si se realizó, a quién se mantuvo cegado después de asignar las intervenciones (por ejemplo, participantes, cuidadores, evaluadores del resultado) y de qué modo
	11b	Si es relevante, descripción de la similitud de las intervenciones
Métodos estadísticos	12a	Métodos estadísticos utilizados para comparar los grupos en cuanto a la variable respuesta principal y las secundarias

	12b	Métodos de análisis adicionales, como análisis de subgrupos y análisis ajustados
Resultados		
Flujo de participantes (se recomienda encarecidamente un diagrama de flujo)	13a	Para cada grupo, el número de participantes que se asignaron aleatoriamente, que recibieron el tratamiento propuesto y que se incluyeron en el análisis principal
	13b	Para cada grupo, pérdidas y exclusiones después de la aleatorización, junto con los motivos
Reclutamiento	14a	Fechas que definen los periodos de reclutamiento y de seguimiento
	14b	Causa de la finalización o de la interrupción del ensayo
Datos basales	15	Una tabla que muestre las características basales demográficas y clínicas para cada grupo
Números analizados	16	Para cada grupo, número de participantes (denominador) incluidos en cada análisis y si el análisis se basó en los grupos inicialmente asignados

Resultados y estimación	17a	Para cada respuesta o resultado final principal y secundario, los resultados para cada grupo, el tamaño del efecto estimado y su precisión (como intervalo de confianza del 95%)
	17b	Para las respuestas dicotómicas, se recomienda la presentación de los tamaños del efecto tanto absoluto como relativo
Análisis secundarios	18	Resultados de cualquier otro análisis realizado, incluido el análisis de subgrupos y los análisis ajustados, diferenciando entre los especificados <i>a priori</i> y los exploratorios
Daños (perjuicios)	19	Todos los daños (perjuicios) o efectos no intencionados en cada grupo (para una orientación específica, véase <i>CONSORT for harms</i>)
Discusión		
Limitaciones	20	Limitaciones del estudio, abordando las fuentes de posibles sesgos, las de imprecisión y, si procede, la multiplicidad de análisis
Generalización	21	Posibilidad de generalización (validez externa,

		aplicabilidad) de los hallazgos del ensayo
Interpretación	22	Interpretación consistente con los resultados, con balance de beneficios y daños, y considerando otras evidencias relevantes
Otra información		
Registro	23	Número de registro y nombre del registro de ensayos
Protocolo	24	Dónde puede accederse al protocolo completo del ensayo, si está disponible
Financiación	25	Fuentes de financiación y otras ayudas (como suministro de medicamentos), papel de los financiadores

Anexo 5. Evaluación de calidad de ensayos clínicos experimentales a través de la herramienta CONSORT. Elaboración propia.

ESTUDIOS EXPERIMENTALES	ÍTEMS COMPROBACIÓN CONSORT																									TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Castro Zamora, A (53).	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	22															
Sandhu J.S, Bhardwaj D, Shenoy S (43).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	21						
Pappas A, Tsiokanos A, G (49). Fatouros I, Poullos A (49).	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO	SÍ	21																	
Kalpana K, Kusuma D, Lal P, Khanna G (56).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	22												
Kalpana K, Kusuma D, Lal P, Khanna G (60).	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	22													
Supriya R, Delfan M, Saeidi A, Somayeh S (53).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	21									

Anexo 6. Tabla de contenidos de Escala de Jadad para ensayos clínicos y estudios doble ciego (19).

CRITERIOS	PUNTUACIÓN
¿Se describe el estudio como aleatorizado?(*)	
¿Se describe el estudio como doble ciego?(*)	
¿Se describen las pérdidas y retiradas del estudio?(*)	
¿Es adecuado el método de aleatorización?(**)	
¿Es adecuado el método de doble ciego?(**)	
(*) Sí= 1 / No= 0	
(**) Sí= 1 / No= -1	

Anexo 7. Evaluación de calidad de ensayos clínicos doble ciego a través de la herramienta Escala de Jadad. Elaboración propia.

ENSAYOS CLÍNICOS	PREGUNTAS ESCALA DE JADAD					PUNTUACIÓN
Van der Heijden I, West S, Monteyne A, Finnigan T (46).	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	4
Toro V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Robles-Gil M, Rodrigo J, Maynar-Mariño M (59).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	5
Lu H, Hsieh C, Hsu J, Yang Y, Chou H (42).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	5
Kalafati M, Jamurtas A, Nikolaidis M, Paschalis V (58).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	5
Juszkiewicz A, Basta P, Petriczko E, Machaliński B, Trzeciak J (45).	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	4
Gurney T, Spendiff O (50).	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	4

Gurney T, Brouner J, Spendiff O (44).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	5
García A, Toro-Román V, Siquier-Coll J, Bartolomé I, Muñoz D, Maynar-Mariño M (55).	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	4
Chaouachi M, Gautier S, Carnot Y, Guillemot P (62).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	5
Okada H, Yoshida N, Kakuma T, Toyomasu K (48).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Gurney,T, Brouner J, Spendiff O (47).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Anexo 8. Tabla de contenidos para recomendaciones PRISMA en evaluación de revisiones (67).

Sección/tema	Ítem n.º	Ítem de la lista de verificación
TÍTULO		
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.
RESUMEN		
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020
INTRODUCCIÓN		
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.
MÉTODOS		
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la

		síntesis.
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se

		debían recoger.
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente (missing) o incierta.
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.º 5).
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.

	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.
RESULTADOS		

Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo.
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa

		la dirección del efecto.
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.
DISCUSIÓN		
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.

	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.
OTRA INFORMACIÓN		
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.

Anexo 9. Evaluación de revisiones a través de PRISMA. Elaboración propia.

REVISIONES SITEMÁTICAS Y BIBLIOGRÁFICAS	ITEMS																											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Fierro L, Rodriguez J, Candia R, Carrasco C, Castillo L (57).	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	22						
Bellido (54)	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	24															
Calella P, Cerullo G, Di Dio M, Liguori F, Di Onofrio V (52).	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	24
Gurney T et Spendiff O (61).	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	25																		

Anexo 10. Tabla resumen de resultados. Elaboración propia.

	TÍTULO	AUTOR	AÑO	PAÍS	RESULTADOS
1	An attempt to induce an immunomodulatory effect in rowers with spirulina extract	<i>Juszkiewicz et al.</i>	2018	Polonia	Intento de inducir un efecto inmunomodulador en remeros con extracto de espirulina. Suplementación con espirulina mejora significativamente la captación de oxígeno y Hb durante el ejercicio submáximo.
2	Impact of Spirulina on Exercise Induced Oxidative Stress and Post Exercise Recovery Heart Rate of Athletes in Comparison to a Commercial Antioxidant	<i>Kalpana et al.</i>	2017	India	Muestra que la suplementación con espirulina reduce la frecuencia cardíaca post-ejercicio, mejorando la recuperación y reduciendo el estrés oxidativo.
3	Preventive effects of Spirulina platensis on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress	<i>Lu et al.</i>	2006	Taiwan	Demostró que la suplementación con espirulina redujo el daño muscular y el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, mejorando la capacidad de ejercicio y reduciendo la fatiga.
4	Spirulina supplementation improves oxygen uptake in arm cycling exercise	<i>Gurney et al.</i>	2020	Inglaterra	Muestra que la suplementación con espirulina reduce significativamente la captación de oxígeno y la frecuencia cardíaca durante el ejercicio de ciclismo de brazos, permitiendo un mayor rendimiento en pruebas de fatiga.
5	Spirulina supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, inflammation and skeletal muscle damage in elite rugby players	<i>Chaouachi et al.</i>	2022	Francia	La suplementación con espirulina previene la peroxidación lipídica, la inflamación y el daño muscular esquelético inducidos por el ejercicio en jugadores de rugby de élite.
6	Twenty-one days of spirulina supplementation lowers heart rate during submaximal cycling and augments power output during repeated sprints in trained cyclists	<i>Gurney et al.</i>	2021	Inglaterra	Encontró que la suplementación con espirulina redujo la frecuencia cardíaca y aumentó la potencia durante <i>sprints</i> en ciclistas entrenados.

7	Efficacy of spirulina supplementation on isometric strength and isometric endurance of quadriceps in trained and untrained individuals – a comparative study	<i>Sandhu et al.</i>	2010	India	El estudio encontró que la suplementación con espirulina mejoró la fuerza isométrica y la resistencia en personas entrenadas y no entrenadas, pero los efectos fueron más pronunciados en personas no entrenadas. Sin embargo, tuvo un tamaño de muestra pequeño y se necesita más investigación para confirmar los resultados.
8	Effects of Tetraselmis chuii Microalgae Supplementation on Ergospirometric, Haematological and Biochemical Parameters in Amateur Soccer Players	<i>Toro-Román et al.</i>	2020	España	Los resultados mostraron mejoras en parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno y hemoglobina, lo que sugiere que la suplementación con estas microalgas podría beneficiar el rendimiento deportivo. Los autores recomiendan más investigación para confirmar estos hallazgos y establecer una relación dosis-respuesta.
9	The Effects of Spirulina Supplementation on Redox Status and Performance Following a Muscle Damaging Protocol	<i>Pappas et al.</i>	2021	Grecia	El estudio investigó los efectos de la suplementación con espirulina en el estado redox y el rendimiento después de un protocolo de daño muscular. Se encontraron mejoras en el estado antioxidante sin cambios significativos en el daño oxidativo o el rendimiento muscular.
10	Algae Ingestion Increases Resting and Exercised Myofibrillar Protein Synthesis Rates to a Similar Extent as Mycoprotein in Young Adults	<i>van der Heijden et al.</i>	2023	Inglaterra	El estudio involucró a adultos jóvenes sanos que recibieron una bebida con proteína de micoproteínas derivadas de hongos, espirulina o chlorela después de realizar ejercicio de resistencia unilateral. Se midieron las concentraciones de aminoácidos en plasma y las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares (MyoPS) en músculo en reposo y ejercitado durante 4 horas. La ingesta de espirulina aumentó más rápidamente y con mayores picos de aminoácidos en plasma que micoproteínas y chlorela. Todas las proteínas aumentaron las tasas de MyoPS en músculo en reposo y ejercitado, sin diferencias entre grupos, pero con tasas más altas en músculo ejercitado.
11	Effects of Tetraselmis chuii Microalgae Supplementation on Anthropometric, Hormonal and Hematological Parameters in Healthy Young Men: A Double-Blind Study	<i>García et al.</i>	2022	España	Este estudio de doble ciego evaluó los efectos de la suplementación con microalgas Tetraselmis chuii en parámetros antropométricos, hormonales y hematológicos de hombres jóvenes sanos, encontrando cambios positivos en estos indicadores de salud y rendimiento.

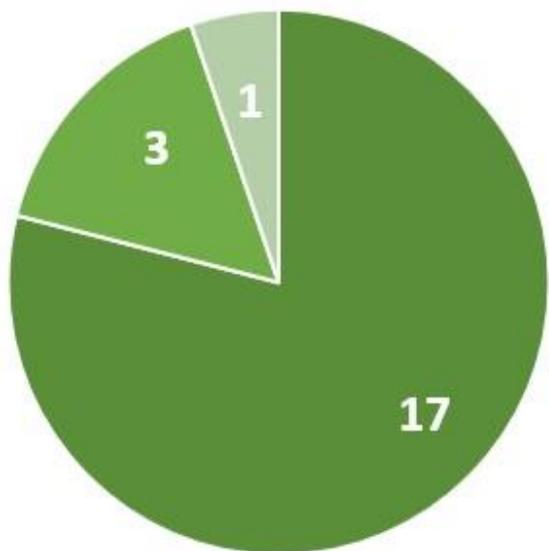
12	Effect of Spirulina on antioxidant status and exercise- induced oxidative stress of Indian athletes in comparison to a commercial antioxidant	<i>Kalpana et al.</i>	2012	India	Investiga el efecto de la espirulina en el estado antioxidante y el estrés oxidativo inducido por el ejercicio en atletas indios en comparación con un antioxidante comercial. El estudio sugiere que esta microalga podría ser una alternativa natural y eficaz para mejorar el rendimiento y la salud de los deportistas.
13	Ergogenic and Antioxidant Effects of Spirulina Supplementation in Humans	<i>Kalafati et al.</i>	2010	Grecia	El estudio encontró que la suplementación con espirulina puede mejorar el rendimiento físico y reducir el estrés oxidativo inducido por el ejercicio en los atletas. La espirulina es rica en aminoácidos esenciales, ácidos grasos, vitamina C, vitamina E, y selenio, y contiene compuestos fenólicos, tocoferoles, β -carotenos, y ficocianinas que exhiben propiedades antioxidantes. Sin embargo, el mecanismo detrás del efecto ergogénico de la espirulina es difícil de identificar y se requieren más estudios para comprender plenamente su impacto en el rendimiento y el estado antioxidante de los humanos
14	Efecto de la spirulina (arthrospira) maxima sobre daño muscular y composición corporal en boxeadores profesionales	<i>Castro Zamora, A.</i>	2018	México	Los hallazgos revelaron que la espirulina, rica en nutrientes como aminoácidos esenciales, ácidos grasos, vitaminas y minerales, puede tener un impacto positivo en la reducción del daño muscular y en la composición corporal de los deportistas. Además, se destacó que la espirulina posee propiedades antioxidantes que pueden ser beneficiosas para los atletas que experimentan desgaste en las fibras musculares.
15	Efectos de la ingesta de Tetraselmis chuii sobre el estrés oxidativo en deportistas	<i>Bellido et al.</i>	2017	España	Las conclusiones principales incluyen un aumento significativo en el tiempo hasta el agotamiento durante el ejercicio de resistencia en comparación con el placebo, así como un aumento significativo en la tasa de oxidación de grasas durante el ejercicio de resistencia en comparación con el placebo. La espirulina es una fuente rica en nutrientes lo que la convierte en un suplemento potencialmente útil para mejorar el rendimiento y la recuperación muscular en deportistas de alto rendimiento como los boxeadores.

16	Efectividad de los suplementos antioxidantes en la mejoría del desempeño físico atlético. Artículo de revisión	<i>Fierro et al.</i>	2019	México	El estudio no encontró evidencia concluyente que apoye la idea de que la ingesta de suplementos antioxidantes mejore el desempeño físico atlético. Además, recomienda que se realicen más estudios con un cuidado en el diseño, el tipo de suplemento, la forma de aplicarlo, la dosificación adecuada y la identificación de los indicadores específicos del desempeño físico atlético
17	Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory effects of spirulina in exercise and sport: A systematic review	<i>Calella et al.</i>	2022	Italia	La investigación destaca que, aunque la espirulina puede beneficiar el ejercicio de resistencia, no mejora el rendimiento en atletas de potencia. Los estudios no respaldan efectos antiinflamatorios o inmunomoduladores significativos en la recuperación muscular. Se sugiere cautela en recomendar la espirulina para mejorar el rendimiento deportivo, reservándola para atletas élite con deficiencias antioxidantes.
18	Spirulina Supplementation with High-Intensity Interval Training Decreases Adipokines Levels and Cardiovascular Risk Factors in Men with Obesity	<i>Supriya R et al.</i>	2023	Hong Kong	Se observa que la combinación de suplementación con espirulina y entrenamiento de intervalo de alta intensidad resultó en una disminución significativa en los niveles de adipocinas, que son proteínas secretadas por el tejido adiposo y están asociadas con la regulación del metabolismo y la desinflamación.
19	Algae Supplementation for Exercise Performance: Current Perspectives and Future Directions for Spirulina and Chlorella	<i>Gurney et al.</i>	2022	Inglaterra	Los resultados sugieren que la suplementación con microalgas puede mejorar el rendimiento deportivo, reducir el estrés oxidativo y mejorar la composición corporal. Los estudios incluidos en la revisión sistemática evaluaron los efectos de la suplementación con microalgas en diferentes parámetros, incluyendo la capacidad aeróbica y la resistencia muscular, entre otros. Los resultados también sugieren que la suplementación con algas puede ser beneficioso para la salud general.

20	Effect of Chlorella Ingestion on Oxidative Stress and Fatigue Symptoms in Healthy Men	<i>Okada et al.</i>	2017	Japón	El estudio encontró que, en reposo, la ingesta de chlorella aumentó significativamente la capacidad antioxidante y disminuyó los niveles de malondialdehído en comparación con el placebo. No hubo diferencias en los índices de estrés oxidativo antes ni después de la intervención, en ningún grupo. La fatiga percibida aumentó significativamente después del ejercicio en todos los momentos, excepto después de la intervención con chlorella. Los hallazgos indican que el consumo de chlorella podría ayudar a reducir el estrés oxidativo y aumentar la resistencia a la fatiga en situaciones de descanso, lo que sugiere su potencial para mejorar el bienestar general y la tolerancia al ejercicio.
21	The Efficacy of Chlorella Supplementation on Multiple Indices of Cycling Performance	<i>Gurney et al.</i>	2024	Inglaterra	Después de la suplementación con chlorella, se observaron varios efectos beneficiosos en comparación con el placebo durante pruebas de resistencia submáximas: menor lactato promedio y frecuencia cardíaca, mayor potencia promedio y máxima, y un aumento significativo en los niveles de hemoglobina. No se encontraron diferencias en el consumo de oxígeno, las medidas de contrarreloj de 16,1 km y las pruebas de umbral de lactato entre los grupos.

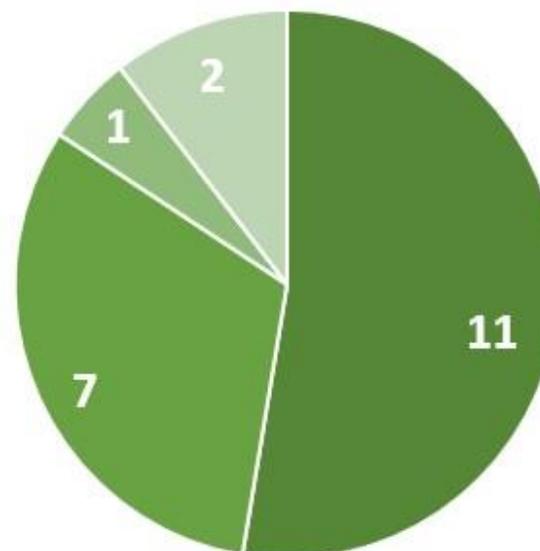
Anexo 11. Número de estudios clasificados según los grados de recomendación y niveles de evidencia. Elaboración propia.

GRADOS DE RECOMENDACIÓN



■ GRADO A ■ GRADO B ■ GRADO C

NIVELES DE EVIDENCIA



■ NIVEL I ■ NIVEL II ■ NIVEL III ■ NIVEL IV