



REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y / O DE DESARROLLO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

TEMA:

**EXTRACTO DE REMOLACHA, RECUPERACIÓN MUSCULAR Y DISMINUCIÓN
DE LA FATIGA EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES: UNA REVISIÓN NARRATIVA**

AUTOR:

MOREIRA INTRIAGO JOSSELYN ARIANNA

SABANDO VERA MARY CARMEN

TUTOR:

MSC. JASSER PALACIOS GUZMAN, MSC.

MILAGRO, 2026

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro
Presente.

Yo, **Josselyn Arianna Moreira Intriago**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación **Suplementación y ayudas ergogénicas** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **02 de Julio del 2026**



Josselyn Arianna Moreira Intriago

C.I.: 1316384385

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro
Presente.

Yo, **Mary Carmen Sabando Vera**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación **Suplementación y ayudas ergogénicas** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **02 de Julio del 2026**



Validar únicamente en FirmaBC.
Firmado electrónicamente por:
**MARY CARMEN SABANDO
VERA**

Mary Carmen Sabando Vera

C.I.: 2200426548

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Msc. Jasser Andrés Palacios Guzman**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Moreira Intriago Josselyn Arianna y Sabando Vera Mary Carmen**, cuyo tema es **Extracto de remolacha, recuperación muscular y disminución de la fatiga en futbolistas profesionales: una revisión narrativa**, que aporta a la Línea de Investigación **Suplementación y ayudas ergogénicas**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Nutrición Deportiva**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 03 de Julio del 2026



Msc. Jasser Andrés PalaciosGuzman

C.I.: 0920461217

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los dos días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 10:59 horas, de forma PRESENCIAL comparece el/la maestrante, LIC. SABANDO VERA MARY CARMEN, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EXTRACTO DE REMOLACHA PARA LA RECUPERACIÓN MUSCULAR Y DISMINUCIÓN DE LA FATIGA EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES: UNA REVISIÓN NARRATIVA**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	57.83
DEFENSA ORAL	38.67
PROMEDIO	96.49
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 12:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
**EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA**

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN**

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**KEVIN GABRIEL
ARMIJO VALVERDE**

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**2200426548 MARY C
SABANDO VERA**

SABANDO VERA MARY CARMEN
MAESTRANTE

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los dos días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 10:59 horas, de forma PRESENCIAL comparece el/la maestrante, LIC. MOREIRA INTRIAGO JOSSELYN ARIANNA, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EXTRACTO DE REMOLACHA PARA LA RECUPERACIÓN MUSCULAR Y DISMINUCIÓN DE LA FATIGA EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES: UNA REVISIÓN NARRATIVA**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	57.83
DEFENSA ORAL	39.00
PROMEDIO	96.83
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 12:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
**EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA**

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN**

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**KEVIN GABRIEL
ARMIO VALVERDE**

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JOSSELYN ARIANNA
MOREIRA INTRIAGO**

MOREIRA INTRIAGO JOSSELYN ARIANNA
MAESTRANTE

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta etapa de mi vida profesional. A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo y apoyo constante. Gracias por ser mi inspiración y por impulsarme siempre a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A mis hermanos, por acompañarme con cariño, motivación y confianza a lo largo de este camino académico. Por último, dedico este logro a todas las personas que formaron parte de este proceso y contribuyeron de una u otra manera a mi crecimiento personal y profesional.

Josselyn Moreira

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza para no rendirme jamás. A mis padres, por ser mi refugio, mi ejemplo y el pilar más sólido de mi vida; su apoyo incondicional y sacrificios fueron el motor que me impulsó a alcanzar esta meta. De manera muy especial, a mi mami Ketty, mi amado ángel en el cielo, cuyo amor infinito sembró las semillas de lo que soy hoy; sé que me cuidas desde la eternidad y este triunfo es la cosecha de tu bendición. A mis hermanos, por su complicidad, su alegría y por ser mi red de apoyo en cada paso de este proceso. Y finalmente, a todas las demás personas que creyeron en mí, me acompañaron en el trayecto y con su aliento hicieron posible la culminación de este gran sueño.

Mary Sabando

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por brindarnos sabiduría, fortaleza y perseverancia para culminar esta importante etapa académica.

Asimismo, expresamos nuestro profundo agradecimiento a nuestros padres y hermanos, por su amor, apoyo y motivación constante durante todo este proceso.

De igual manera, agradecemos a nuestro tutor de tesis, Mg. Jasser Palacios Guzmán, por su guía, conocimientos y acompañamiento en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Estatal de Milagro por contribuir a nuestra formación académica y profesional.

Josselyn y Mary.

Resumen

El fútbol profesional exige esfuerzos físicos de alta intensidad que pueden generar fatiga neuromuscular y afectar la recuperación muscular de los jugadores, especialmente en calendarios competitivos con poco tiempo de descanso. En este contexto, el extracto de remolacha ha despertado interés dentro de la nutrición deportiva debido a su contenido de nitratos, compuestos relacionados con la producción de óxido nítrico y con posibles beneficios sobre el rendimiento y la recuperación física.

La presente revisión narrativa tuvo como objetivo analizar la evidencia científica disponible sobre el consumo de extracto de remolacha y su relación con la disminución de la fatiga y la recuperación muscular en futbolistas profesionales. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo mediante la revisión de estudios científicos publicados entre 2015 y 2026 en bases de datos como PubMed y Web of Science. Inicialmente se identificaron 523 artículos, de los cuales se seleccionaron 5 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos.

Los resultados evidenciaron que el consumo de extracto de remolacha puede contribuir a disminuir la fatiga neuromuscular, mejorar la tolerancia al ejercicio de alta intensidad y favorecer una recuperación más eficiente después del esfuerzo físico. Además, se observaron mejoras en variables como la fuerza muscular, la potencia anaeróbica, la velocidad y la disminución del dolor muscular de aparición tardía (DOMS). Los estudios también reportaron efectos positivos tanto en protocolos de suplementación aguda como crónica.

En conclusión, la evidencia científica revisada sugiere que el extracto de remolacha puede representar una ayuda ergogénica útil para mejorar el rendimiento físico, disminuir la fatiga y favorecer la recuperación muscular en futbolistas profesionales. Sin embargo, aún se requieren más investigaciones que permitan establecer protocolos de suplementación más estandarizados para su aplicación en el fútbol profesional.

Palabras clave: extracto de remolacha, nitratos, fatiga neuromuscular, recuperación muscular, fútbol profesional, ayuda ergogénica.

Abstract

Professional soccer involves high-intensity physical demands that can generate neuromuscular fatigue and negatively affect muscle recovery, especially during congested competition schedules with limited recovery time. In this context, beetroot extract has gained attention in sports nutrition due to its nitrate content, compounds associated with nitric oxide production and potential benefits on physical performance and recovery.

The aim of this narrative review was to analyze the available scientific evidence regarding beetroot extract consumption and its relationship with fatigue reduction and muscle recovery in professional soccer players. The study was conducted using a qualitative approach through the review of scientific articles published between 2015 and 2026 in databases such as PubMed and Web of Science. Initially, 523 articles were identified, of which 5 studies met the established inclusion criteria and were selected for analysis.

The results showed that beetroot extract consumption may help reduce neuromuscular fatigue, improve tolerance to high-intensity exercise, and promote a more efficient recovery after physical exertion. In addition, improvements were observed in variables such as muscle strength, anaerobic power, speed, and reduction of delayed onset muscle soreness (DOMS). Positive effects were reported in both acute and chronic supplementation protocols.

In conclusion, the reviewed scientific evidence suggests that beetroot extract may represent a useful ergogenic aid to improve physical performance, reduce fatigue, and enhance muscle recovery in professional soccer players. However,

further research is still needed to establish more standardized supplementation protocols for its application in professional soccer.

Keywords: beetroot extract, nitrates, neuromuscular fatigue, muscle recovery, professional soccer, ergogenic aid.

Índice de Figuras

Figura 1 Ruta fisiológica del nitrato y efectos del extracto de remolacha sobre el rendimiento y la recuperación muscular en futbolistas profesionales.....	17
Figura2 Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios.....	20

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	8
Tabla 2 Resumen de los estudios incluidos que evalúa el impacto del extracto de remolacha en la fatiga y la recuperación muscular	26

Índice / Sumario

Introducción	1
CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación	3
1. Planteamiento del problema	3
2. Delimitación del problema	4
3. Formulación del problema	4
4. Preguntas de investigación	4
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Hipótesis	5
Justificación	6
Declaración de las variables (Operacionalización)	7
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial	9
1. Antecedentes Referenciales	9
1.1 Antecedentes Internacionales	9
1.2 Antecedentes Nacionales	10
2. Marco Conceptual	11
Zumo de Remolacha (BRJ/ZR):	11
Nitratos Dietéticos:	11
Óxido Nítrico (NO)	11
Salto contramovimiento (CMJ)	11
Economía del ejercicio:	11
Fatiga neuromuscular:	11
Daño Muscular Inducido por el Ejercicio (EIMD)	12
Cinética de recuperación	12
3. Marco Teórico	12
3.1 Bioactividad del nitrato dietético y el óxido nítrico	12
3.1.1 Vías de producción de óxido nítrico	13
3.1.2 Metabolismo y circulación entero-salival	13
3.1.4 Mecanismos de acción en el tejido muscular	14
3.2 Impacto en el rendimiento deportivo	15
3.2.1 Resistencia aeróbica y economía del ejercicio	15
3.2.2 Fuerza y potencia neuromuscular	15

3.3 Fatiga y recuperación neuromuscular.....	16
3.3.1 Etiología de la fatiga en el futbolista	16
3.3.2 Recuperación de la función muscular y DOMS	16
3.3.3 Protocolos de suplementación	17
CAPÍTULO III: Diseño Metodológico	18
1. Tipo y diseño de investigación.....	18
2. La población y la muestra.....	18
3. Los métodos y las técnicas	19
4. Procesamiento estadístico de la información.....	20
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados.....	21
1. Síntesis General de los Estudios revisados	21
2. Fatiga Neuromuscular	21
3. Recuperación Muscular	22
4. Dolor Muscular de Aparición Tardía (DOMS)	24
5. Rendimiento Físico	25
CAPÍTULO V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones	27
Discusión	27
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

Introducción

En la última década, el fútbol profesional ha tenido una evolución que ha transformado este deporte en una disciplina de mucha exigencia física y metabólica, que se caracteriza por esfuerzos intermitentes de alta intensidad, aceleraciones explosivas y cambios de dirección constantes. Durante un partido, los jugadores realizan múltiples acciones de potencia que dependen críticamente de las fibras musculares tipo II, las cuales operan bajo condiciones de hipoxia local y acidosis metabólica (Eroğlu et al., 2026). Esta carga fisiológica acumulada deriva inevitablemente en el desarrollo de fatiga neuromuscular, definida como la reducción en la capacidad de generación de fuerza, involucrando tanto factores periféricos como centrales (Daab et al., 2024).

Además de la fatiga inmediata, la naturaleza de los movimientos específicos del fútbol provoca el denominado daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD), que se manifiesta mediante inflamación y dolor muscular de aparición tardía (DOMS), comprometiendo la función neuromuscular hasta por 72 horas post-partido (Ramírez-Munera et al., 2025). En un calendario competitivo saturado, la optimización de la cinética de recuperación y la mitigación de la fatiga se han convertido en pilares estratégicos para el rendimiento y la prevención de lesiones (Abreu et al., 2023).

En este escenario, la nutrición deportiva ha identificado al zumo de remolacha (BRJ) como una de las ayudas ergogénicas con mayor respaldo científico debido a su alto contenido de nitrato inorgánico (Nowak et al., 2025). Una vez ingeridos, estos nitratos se convierten primero en nitritos gracias a bacterias presentes en la cavidad oral y, posteriormente, en óxido nítrico dentro del organismo. Este compuesto cumple un papel clave en el rendimiento físico, ya que favorece la vasodilatación,

mejora el flujo sanguíneo y facilita la llegada de oxígeno y nutrientes al músculo. Además, esta vía metabólica se vuelve especialmente relevante durante el ejercicio de alta intensidad, ya que funciona mejor en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno y acidosis, lo que permite mantener la eficiencia muscular incluso en situaciones de alta exigencia (Tian et al., 2025).

Varias investigaciones han evidenciado que la ayuda ergogénica de extracto de remolacha puede mejorar la eficiencia durante el ejercicio ya que ayuda a reducir el gasto de oxígeno entre un 1.5% y un 5.0%. Además, la ingesta de este extracto también parece influir en algunos procesos fisiológicos importantes, como la regulación del calcio en el retículo sarcoplásmico, lo que favorece a un mejor funcionamiento muscular (Nyakayiru et al., 2017). Estudios recientes sugieren que esta intervención también podría atenuar la fatiga central y acelerar la reoxigenación muscular tras el esfuerzo, ayudando a tener una recuperación más eficiente entre esfuerzos repetidos de alta intensidad (Eroğlu et al., 2026; Daab et al., 2024).

Por lo que la presente revisión narrativa tiene como fin analizar la evidencia científica publicada entre 2015 y 2026 sobre el efecto del consumo de zumo de remolacha en la disminución de la fatiga y la recuperación muscular en futbolistas profesionales.

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

1. Planteamiento del problema

En el fútbol profesional actual, las exigencias físicas y metabólicas han aumentado considerablemente, obligando a los jugadores a realizar esfuerzos intermitentes de alta intensidad, como sprints, aceleraciones y cambios de dirección constantes. Este tipo de demandas genera un elevado estrés fisiológico que se asocia con la aparición de fatiga neuromuscular y EMID, lo que puede manifestarse en una disminución del rendimiento, DOMS y una recuperación incompleta entre partidos (Daab et al., 2024; Ramírez-Munera et al., 2025). Estas condiciones se ven agravadas en contextos de calendarios competitivos congestionados, donde el tiempo de recuperación es limitado.

A pesar de la relevancia de la recuperación y el control de la fatiga en el rendimiento deportivo, en la práctica aún existen limitaciones en la aplicación de estrategias nutricionales basadas en evidencia científica. En este contexto, el zumo de remolacha ha ganado interés como una posible ayuda ergogénica, debido a su contenido de nitratos inorgánicos y su relación con la vía nitrato–nitrito–óxido nítrico, la cual puede favorecer la eficiencia metabólica y la perfusión muscular en condiciones de ejercicio de alta intensidad (Tian et al., 2025; Nowak et al., 2025). Sin embargo, los resultados reportados en la literatura presentan cierta variabilidad en cuanto a sus efectos, mecanismos de acción y protocolos de ingesta, particularmente en futbolistas profesionales (Nyakayiru et al., 2017; Eroğlu & Kose, 2026).

Por lo que hemos notado una limitada aplicación de la evidencia científica en el fútbol profesional, debido a que no todos los cuerpos técnicos emplean protocolos sustentados en investigación ni consideran variables que pueden modificar la

respuesta al consumo de este extracto, como la ingesta habitual de nitratos o el nivel de entrenamiento de los futbolistas. En este contexto, surge la necesidad de analizar de manera organizada y crítica la evidencia científica disponible, con el fin de comprender el verdadero alcance de la ayuda ergogénica con remolacha en la disminución de la fatiga y la mejora de la recuperación muscular en futbolistas profesionales.

2. Delimitación del problema

La presente investigación se centra en el análisis de estudios científicos publicados entre 2015 y 2026, que abordan el consumo de extracto de remolacha y su efecto sobre la fatiga y la recuperación muscular en futbolistas profesionales. Se consideran únicamente estudios realizados en humanos, excluyendo investigaciones en otros deportes, poblaciones recreativas o no entrenadas, así como aquellos que no evalúan directamente las variables de interés.

El estudio se enmarca dentro de la nutrición deportiva, con énfasis en el rendimiento físico, sin abordar aspectos clínicos o patológicos.

3. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del consumo del extracto de remolacha sobre la fatiga y la recuperación muscular en futbolistas profesionales, según la evidencia científica disponible entre 2015 y 2026?

4. Preguntas de investigación

- ¿Qué mecanismos fisiológicos explican los efectos del zumo de remolacha en el rendimiento y la recuperación en este grupo poblacional?

- ¿Cuáles son los protocolos de ingesta de extracto de remolacha (dosis, duración y momento de ingesta) reportados en la literatura científica en futbolistas profesionales?
- ¿De qué forma el consumo de extracto de remolacha disminuye el DOMS y la fatiga?

Objetivos

Objetivo general

Analizar la información científica disponible sobre el consumo del extracto de remolacha y su relación con la recuperación muscular y la disminución de la fatiga en futbolistas profesionales, comprendiendo sus posibles beneficios en el rendimiento deportivo.

Objetivos específicos

1. Describir los fundamentos fisiológicos asociados al consumo de extracto de remolacha y su relación con la recuperación muscular en futbolistas profesionales.
2. Evaluar los efectos de la ayuda ergogénica con BRJ en la disminución de la fatiga producida por el ejercicio en futbolistas profesionales.
3. Identificar el protocolo de ingesta de extracto de remolacha reportado en la literatura científica, considerando dosis, duración y momento de consumo.

Hipótesis

La evidencia científica sugiere que la ayuda ergogénica con extracto de remolacha, debido a su contenido de nitratos, contribuye a la reducción de la fatiga

neuromuscular y a la optimización de la recuperación muscular en futbolistas profesionales.

Justificación

El rendimiento en el fútbol profesional depende en gran medida de la capacidad del jugador para sostener esfuerzos intermitentes de alta intensidad y recuperarse de forma eficiente entre competencias. A pesar de ello, la fatiga neuromuscular sigue siendo un problema que limita el rendimiento físico y puede aumentar el riesgo de lesiones, sobre todo cuando los jugadores enfrentan calendarios con muchos partidos seguidos (Daab et al., 2024).

Por eso, la nutrición deportiva ha ido tomando cada vez más importancia al momento de buscar estrategias que ayuden a mejorar la recuperación y disminuir la fatiga. Dentro de estas, el zumo de remolacha es una de las ayudas ergogénicas más estudiadas, ya que su contenido de nitratos está relacionado con la producción de óxido nítrico, lo que favorece la vasodilatación, mejora el flujo sanguíneo y contribuye a un uso más eficiente de la energía durante el ejercicio (Eroğlu et al., 2026). Estos efectos pueden traducirse en una mejor entrega de oxígeno al músculo activo y una reducción del costo energético del ejercicio.

Diversas revisiones recientes han señalado que la ayuda ergogénica con extracto de remolacha puede generar mejoras en el rendimiento físico, aunque estas suelen ser de magnitud moderada y dependen de factores como la dosis, la duración de la ingesta y el nivel de entrenamiento del deportista (Tian et al., 2025).

También se ha propuesto que los beneficios de esta ayuda ergogénica no se deben únicamente a los nitratos, sino que podrían estar relacionados con otros

compuestos presentes en la remolacha, como los antioxidantes y antiinflamatorios, los cuales ayudarían en los procesos de recuperación muscular (Zoughaib et al., 2024).

Aunque cada vez hay más estudios sobre este tema, los resultados no siempre coinciden, especialmente cuando se trata de futbolistas profesionales. Esto hace que todavía no haya una idea del todo clara sobre qué tan efectiva es esta suplementación y cómo aplicarla en la práctica. Por eso, esta revisión narrativa resulta útil, ya que permite reunir y analizar la información más reciente para entender mejor sus efectos, los mecanismos involucrados y las formas en que se ha utilizado el zumo de remolacha.

Por último, los hallazgos de esta investigación pueden aportar información valiosa para nutricionistas, profesionales de la salud y cuerpos técnicos, facilitando la toma de decisiones en torno a estrategias nutricionales orientadas a optimizar el rendimiento y la recuperación en futbolistas profesionales.

Declaración de las variables (Operacionalización)

Tabla 1
Operacionalización de las variables

Variable	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Fuente
Extracto de remolacha (nitratos)	Independiente	Consumo de remolacha o derivados como fuente de nitratos con potencial efecto ergogénico.	Tipo de ayuda ergogénica/ dosis / duración / momento de ingesta	- mg de nitratos- ml de jugo- frecuencia (agudo/crónico)- tiempo de ingesta	Cuantitativa (continua) y cualitativa	Artículos científicos seleccionados
Recuperación muscular	Dependiente	Proceso fisiológico mediante el cual el músculo restablece su función tras el ejercicio.	Fisiológica / funcional / perceptual	- Creatina quinasa (CK)- Dolor muscular (DOMS)- Fuerza muscular- Tiempo de recuperación	Cuantitativa	Resultados de los estudios
Fatiga	Dependiente	Disminución de la capacidad de generar fuerza o rendimiento tras el esfuerzo físico.	Central / periférica / perceptual	- Escala de esfuerzo percibido - Tiempo hasta el agotamiento- Disminución del rendimiento- Lactato sanguíneo y capilar	Cuantitativa y ordinal	Resultados de los estudios
Características de la población	Contextual	Rasgos de los participantes incluidos en los estudios analizados.	Nivel competitivo / edad / sexo	Liga o nivel profesional; edad; sexo	Cualitativa y cuantitativa	Descripción de muestras

Nota. Elaboración propia con base en la literatura revisada.

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

1. Antecedentes Referenciales

1.1 Antecedentes Internacionales.

En el ámbito internacional, el estudio de los nitratos ha evolucionado desde el análisis de la capacidad aeróbica hasta su aplicación en el rendimiento intermitente y la función microvascular en deportistas.

En esta línea, Nyakayiru et al. (2017), en Europa, evaluaron a futbolistas entrenados que siguieron un protocolo basado en el consumo de zumo de remolacha como ayuda ergogénica. Los resultados evidenciaron una mejora en el rendimiento durante ejercicios intermitentes de alta intensidad, lo que sugiere que los nitratos podrían favorecer la resíntesis de fosfocreatina, un proceso clave para mantener la potencia en deportes de equipo.

Por su parte, Eroğlu et al. (2026), en el contexto euroasiático, profundizaron en los mecanismos hemodinámicos asociados a esta ayuda ergogénica. Sus hallazgos indican que el consumo de zumo de remolacha tiene un efecto positivo sobre la función microvascular, lo que sugiere que su beneficio no se limita a la producción de energía, sino que también mejora la distribución de oxígeno en el músculo durante el ejercicio.

Asimismo, el análisis de la fatiga ha cobrado mayor relevancia en investigaciones recientes. En este sentido, Daab et al., (2024), en el contexto africano, estudiaron el efecto del uso de nitratos como ayuda ergogénica sobre la recuperación neuromuscular. Los resultados mostraron que los atletas que

consumieron nitratos de manera continua presentaron una menor disminución de la fuerza muscular tras el ejercicio, lo que posiciona al zumo de remolacha como una alternativa no solo para mejorar el rendimiento inmediato, sino también para favorecer la recuperación funcional.

1.2 Antecedentes Nacionales

En el campo de las ciencias aplicadas al deporte en Ecuador, el estudio del extracto de remolacha como ayuda ergogénica aún está en una fase de desarrollo teórico y validación fisiológica. Recientemente, el Instituto Superior Tecnológico de Fútbol de Quito (ISTFQ, 2024) ha aportado en este campo a través de una revisión narrativa que se centra en la recuperación muscular y la disminución de la fatiga en futbolistas profesionales. Es importante señalar que esta investigación es un resumen sistemático de la literatura científica a nivel global, donde se analizan evidencias internacionales con la finalidad de establecer una base de conocimiento útil para el fútbol en Ecuador. El estudio determina que la biodisponibilidad de óxido nítrico del consumo de extracto de remolacha favorece la resíntesis de fosfocreatina y la eficiencia mitocondrial, aspectos cruciales para mantener el rendimiento glucolítico en competencias de alto nivel.

Sin embargo, la evidencia local es limitada, ya que existe una clara ausencia de estudios experimentales realizados con futbolistas ecuatorianos. Esta falta de investigaciones genera una brecha entre el conocimiento científico internacional y su aplicación en el contexto deportivo nacional.

En este sentido, la presente revisión busca aportar una base teórica que permita orientar futuras investigaciones y favorecer la aplicación práctica de esta ayuda ergogénica, considerando las características propias del entorno ecuatoriano.

2. Marco Conceptual

Zumo de Remolacha (BRJ/ZR): Se trata de un complemento alimenticio derivado de la raíz de la Beta vulgaris, que se distingue por su notable contenido de nitrato inorgánico. Es reconocido como la fuente natural y confiable para potenciar la biodisponibilidad de óxido nítrico, mejorando el funcionamiento de las mitocondrias y la capacidad de contracción muscular (Serrano et al., 2023).

Nitratos Dietéticos: Los compuestos inorgánicos, al ser consumidos, se transforman en nitritos y luego en óxido nítrico a través de la ruta enterosalival, que resulta particularmente efectiva en situaciones de hipoxia muscular (Nyakayiru et al., 2017).

Óxido Nítrico (NO): Molécula gaseosa que regula el flujo sanguíneo y la eficiencia contráctil. En deportes de equipo, mejora la toma de decisiones y el rendimiento cognitivo bajo fatiga (Andrabi et al., 2023).

Salto contramovimiento (CMJ): Evaluación de la fuerza explosiva que actúa como señal de la fatiga del sistema nervioso y del nivel de recuperación en el ciclo de estiramiento y contracción (Saville, 2016).

Economía del ejercicio: Concepto que hace referencia a la disminución del gasto de oxígeno para un nivel de esfuerzo específico. En jugadores de fútbol, el uso de BRJ puede aumentar esta eficiencia entre un 1.5% y un 5.0%, mejorando la regulación del calcio en el retículo sarcoplásmico (Nyakayiru et al., 2017).

Fatiga neuromuscular: Disminución temporal de la habilidad para generar la máxima fuerza. Se divide en central (reducción del impulso nervioso que proviene del sistema nervioso central) y periférica

(modificaciones en la unión neuromuscular y en las fibras musculares) (Weavil & Amann, 2019).

Daño Muscular Inducido por el Ejercicio (EIMD): Destrucción de las ultraestructuras de las fibras musculares por causa de esfuerzos excéntricos y desaceleraciones rápidas en el fútbol. Esta lesión afecta la capacidad muscular durante un período de hasta 72 horas (Owens et al., 2019).

Cinética de recuperación: La velocidad y el proceso mediante el cual los indicadores funcionales (fuerza, potencia, velocidad) retornan a sus niveles basales tras el estrés físico (Espinoza-Salinas et al., 2018).

3. Marco Teórico

3.1 Bioactividad del nitrato dietético y el óxido nítrico

La nutrición deportiva actual ha cambiado de un enfoque clásico en la restauración de calorías a una mejora del rendimiento físico a través de suplementos ergogénicos que cuentan con respaldo científico sólido. En este nuevo enfoque, la remolacha (*Beta vulgaris*) se presenta como un recurso importante debido a su alto nivel de nitrato inorgánico (NO_3^-), que es un precursor del óxido nítrico (NO), una molécula clave en la regulación de funciones fisiológicas que son fundamentales para el rendimiento de los atletas (Jones et al., 2018).

El óxido nítrico (NO) es un gas que actúa como señalizador y se produce naturalmente en el cuerpo. Es esencial para la fisiología del ejercicio, ya que desempeña un papel importante en la dilatación de los vasos sanguíneos, el suministro de sangre a los tejidos, la respiración en las mitocondrias y la contracción de los músculos esqueléticos (Domínguez et al., 2017). Debido a que no se puede consumir directamente, su disponibilidad en el cuerpo se mejora a través de nitratos

en la dieta, convirtiéndose en una estrategia nutricional eficiente para maximizar el rendimiento en deportes que requieren mucho esfuerzo. Este enfoque muestra un avance hacia intervenciones nutricionales más específicas en el ámbito del deporte profesional.

3.1.2 Vías de producción de óxido nítrico

La producción de NO en el cuerpo humano ocurre a través de dos rutas bioquímicas que se complementan. La vía tradicional, que depende de L-arginina, es impulsada por la enzima conocida como óxido nítrico sintasa (NOS), la cual necesita oxígeno y cofactores como NADPH para llevar a cabo su función. Sin embargo, esta ruta puede verse afectada durante actividades físicas intensas, así como en situaciones de falta de oxígeno en los tejidos y acidosis metabólica, lo que disminuye su eficacia en la catalización (Jones et al., 2018).

La segunda vía, llamada ruta de nitrato- nitrito- óxido nítrico, funciona sin depender del oxígeno lo que se puede observar de manera resumida en la figura 1 y es especialmente relevante en situaciones de ejercicio intenso. Este proceso permite la conversión gradual de nitrato a nitrito y después a óxido nítrico, ofreciendo una fuente adicional de NO cuando la vía tradicional se ve afectada por falta de oxígeno y acidez (Senefeld et al., 2020)

3.1.3 Metabolismo y circulación entero-salival

El proceso de convertir el nitrato que se obtiene de la dieta incluye la circulación entero-salival, un mecanismo fisiológico complejo. Después de ser absorbido en el intestino delgado, aproximadamente el 25% del nitrato en sangre es captado de manera activa por las glándulas salivares y liberado en la saliva. Luego, en la boca, bacterias anaerobias facultativas facilitan su transformación a nitrito

como se logra apreciar en la figura 1 utilizando enzimas conocidas como nitrato-reductasas (Domínguez et al., 2017).

Este proceso es fundamental para la efectividad de la ayuda ergogénica, ya que la reducción de la microbiota bucal con enjuagues antibacterianos impide la transformación de nitrato a nitrito, afectando la disponibilidad de óxido nítrico. Después, el nitrito se convierte en NO en los tejidos periféricos a través de procesos enzimáticos y no enzimáticos, especialmente en situaciones de bajo pH y falta de oxígeno en los tejidos (Jones et al., 2018).

3.1.4 Mecanismos de acción en el tejido muscular

El NO provoca la dilatación de los vasos sanguíneos al relajar el músculo liso, aumentando así el flujo de sangre hacia los músculos que están en acción. Este impacto mejora la distribución de oxígeno y nutrientes importantes, a la vez que ayuda en la expulsión de productos de desecho que causan fatiga, como el lactato y el amoníaco, lo que acelera la recuperación entre los esfuerzos cortos típicos en el fútbol profesional (Domínguez et al., 2017).

El consumo de zumo de remolacha mejora la efectividad de las mitocondrias y favorece la fosforilación oxidativa, disminuyendo el consumo de energía durante el ejercicio submáximo. Este efecto facilita mantener el mismo nivel de esfuerzo físico con un menor uso de oxígeno, lo que es especialmente beneficioso en deportes intermitentes como el fútbol, donde la habilidad de repetir actividades de alta intensidad depende de una conservación prolongada de energía (Senefeld et al., 2020).

Además, el NO regula la gestión del calcio (Ca^{2+}) dentro del retículo sarcoplásmico, promoviendo su liberación y reabsorción de manera efectiva. Este

proceso mejora la dinámica de la contracción muscular, siendo especialmente notable en las fibras tipo II, que son cruciales para movimientos explosivos como sprints y giros en el fútbol profesional (Jones et al., 2018).

3.2 Impacto en el rendimiento deportivo

3.2.1 Resistencia aeróbica y economía del ejercicio

La ingesta de nitratos ha mostrado beneficios en el rendimiento físico, prolongando el tiempo hasta el agotamiento y mejorando la efectividad en actividades de resistencia. Estudios como el de Senefeld et al., (2020) aseguran que el zumo de remolacha disminuye el consumo de oxígeno durante el ejercicio submáximo, lo que resulta en un mejor rendimiento aeróbico y en la habilidad para mantener esfuerzos largos en situaciones de competencia.

Sin embargo, los estudios científicos han registrado un "efecto de límite" en deportistas muy entrenados, quienes muestran ventajas disminuidas a causa de adaptaciones fisiológicas preexistentes, como una mayor eficiencia en las mitocondrias y una función endotelial mejorada (Jones et al., 2018).

3.2.2 Fuerza y potencia neuromuscular

En el ámbito de la fuerza, estudios recientes indican que el uso de nitratos como suplemento mejora la rapidez de ejecución y la cantidad de trabajo en ejercicios de alta intensidad, especialmente en contracciones rápidas. Estos efectos se observan con más regularidad en las fibras musculares tipo II, lo que sugiere una influencia directa en la cinética del calcio y la potencia producida (Senefeld et al., 2020).

Asimismo, la mejora en la regeneración de fosfocreatina ayuda a aumentar el rendimiento en esfuerzos cortos y repetidos, lo cual es especialmente importante en

deportes como el fútbol profesional, donde la habilidad de recuperarse entre sprints influye en el rendimiento en competencia.

3.3 Fatiga y recuperación neuromuscular

3.3.1 Etiología de la fatiga en el futbolista

La fatiga en el fútbol incluye elementos tanto periféricos como centrales. En el ámbito periférico, se asocia con el daño en la estructura del músculo esquelético y cambios en el metabolismo, que se evidencian por el aumento de biomarcadores como la creatina quinasa (CK), que indica estrés y daño en las membranas musculares después de realizar cargas intensas y repetitivas (Peake et al., 2017).

Por otro lado, la fatiga central se refiere a una reducción en la activación voluntaria de los músculos, que está ligada a alteraciones en la salida motora del sistema nervioso central. Investigaciones recientes han mostrado que tomar zumo de remolacha puede atenuar esta disminución después de juegos simulados, manteniendo en mejor estado la habilidad de reclutamiento y activación muscular durante esfuerzos intermitentes de alta intensidad (Daab et al., 2024).

3.3.2 Recuperación de la función muscular y DOMS

El consumo crónico de nitratos ha demostrado aumentar la recuperación de la fuerza y potencia muscular, especialmente durante las primeras 24 a 72 horas después de realizar ejercicio intenso. Además, se ha notado una disminución considerable del DOMS, que se relaciona en parte con las características antioxidantes y antiinflamatorias de los nutrientes que se encuentran en la remolacha, los cuales ayudan a reducir el estrés oxidativo y la inflamación muscular tras el ejercicio (Domínguez et al., 2017).

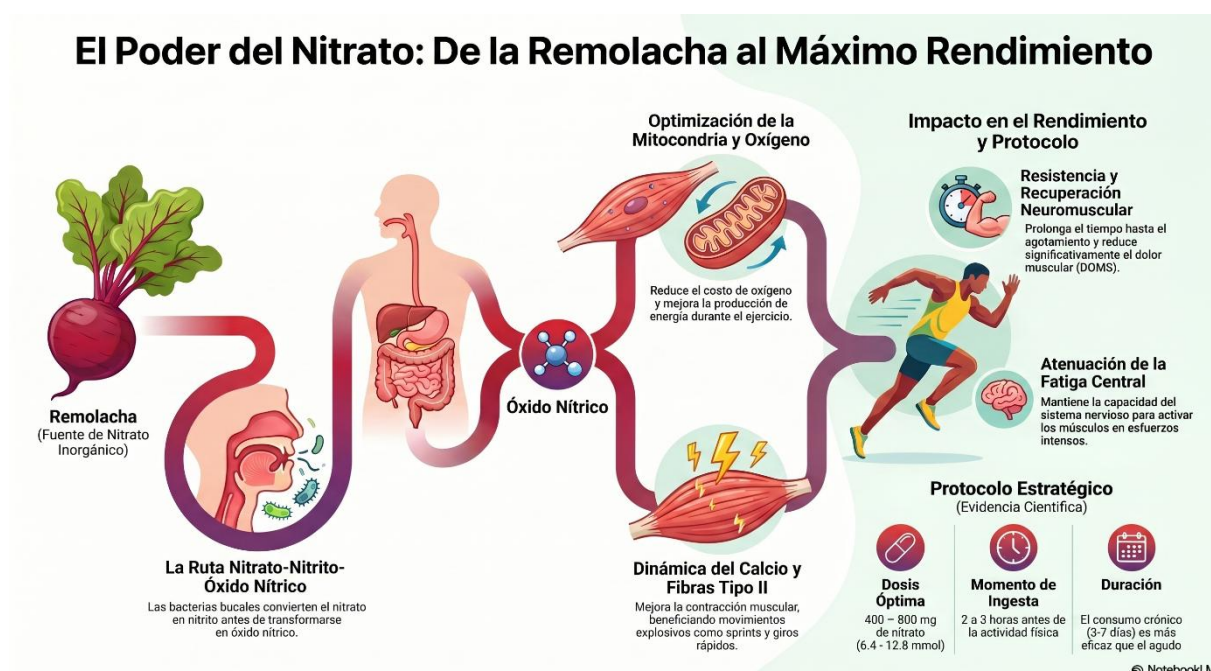
3.3.3 Protocolos de suplementación

Para obtener los mejores efectos ergogénicos, los estudios científicos sugieren una dosis de entre 6,4 y 12,8 mmol de nitrato, lo que equivale a cerca de 400–800 mg, dependiendo de la concentración del producto. El mejor momento para consumirlo es entre 2 y 3 horas antes de hacer ejercicio, ya que ese tiempo se alinea con el máximo nivel de nitrito en el plasma y, por lo tanto, con la mayor cantidad de óxido nítrico disponible durante el ejercicio (Nyakayiru et al., 2017; Daab et al., 2024).

Asimismo, el consumo crónico de nitratos durante 3 a 7 días ha demostrado ser más efectiva que la ingesta aguda, ya que permite una mayor saturación de los depósitos de nitrato en el organismo y una mayor disponibilidad de NO durante el ejercicio (Daab et al., 2024).

Figura 1

Ruta fisiológica del nitrato y efectos del extracto de remolacha sobre el rendimiento y la recuperación muscular en futbolistas profesionales



Nota. Imagen elaborada mediante inteligencia artificial a partir de la evidencia científica revisada en la presente investigación.

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, ya que se basa en la recopilación, análisis e interpretación de información proveniente de estudios científicos previamente publicados, sin manipulación directa de variables.

El diseño corresponde a una revisión narrativa, que permite integrar y analizar de manera crítica la evidencia disponible sobre el consumo del extracto de remolacha como ayuda ergogénica en la recuperación muscular y la disminución de la fatiga en futbolistas profesionales. Este enfoque facilita la comprensión del estado actual del conocimiento y la identificación de vacíos en la literatura científica.

2. La población y la muestra

La población estuvo conformada por artículos científicos indexados relacionados con el uso de extracto de remolacha en el ámbito del rendimiento deportivo.

La muestra se obtuvo mediante un proceso de selección sistemático. En una primera fase, se identificaron 523 registros a través de bases de datos como PubMed y Web of Science. Posteriormente, se eliminaron 206 registros duplicados, quedando 317 artículos para el proceso de cribado.

Tras la evaluación por título y resumen, se excluyeron 230 estudios por no cumplir con los criterios establecidos. Los 87 artículos restantes fueron sometidos a un análisis preliminar basado en la revisión de sus resúmenes y criterios de

elegibilidad, seleccionando finalmente aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión para su análisis en profundidad.

Finalmente, la muestra quedó conformada por 5 artículos científicos, los cuales fueron incluidos en la revisión tal como se puede observar en la figura 1.

3. Los métodos y las técnicas

Para la recolección de información se empleó la técnica de búsqueda documental en bases de datos científicas como PubMed y Web of Science, utilizando combinaciones de términos y operadores booleanos, entre ellos: “beetroot juice”, “beetroot juice AND fatigue”, “beetroot juice AND muscle recovery”, “dietary nitrate AND soccer”, “nitrate AND high-intensity exercise” y (“beetroot juice” OR nitrate) AND (soccer OR football) AND (fatigue OR recovery).

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para garantizar la calidad de los estudios seleccionados. Se incluyeron investigaciones en humanos, publicadas entre 2021 y 2026, relacionadas con la ingesta de extracto de remolacha como ayuda ergogénica en el rendimiento, la fatiga o la recuperación muscular. Se excluyeron estudios con población no elegible (n=44), intervención no relevante (n=23), diseño metodológico no adecuado (n=15) y aquellos que no evaluaban variables de interés (n=7).

En cuanto a los métodos teóricos, se aplicaron el análisis–síntesis, la inducción–deducción y la revisión documental, lo que permitió interpretar y organizar la información de manera coherente.

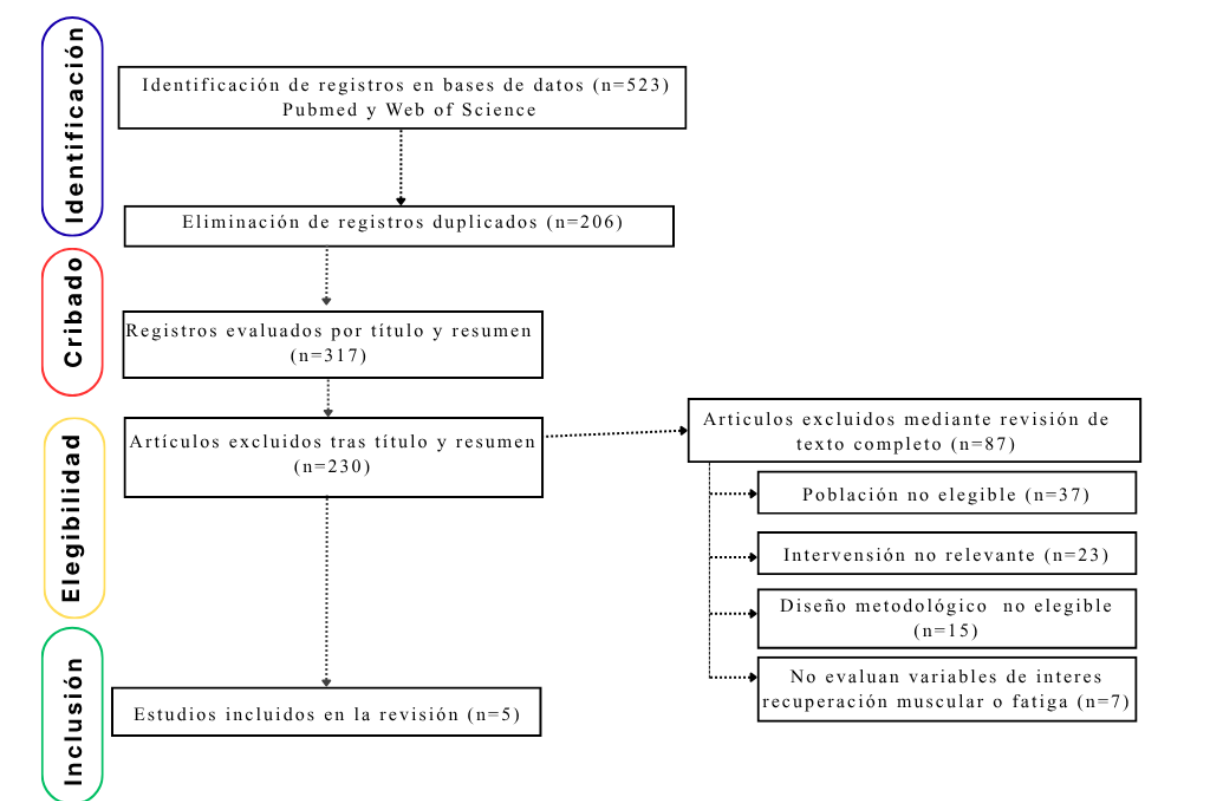
4. Procesamiento estadístico de la información

El procesamiento de la información se realizó mediante un enfoque cualitativo, a través del análisis descriptivo y comparativo de los estudios seleccionados. Se examinaron los resultados de cada investigación con el fin de identificar patrones, similitudes y diferencias en relación con las variables de estudio: recuperación muscular y fatiga.

No se aplicaron métodos estadísticos inferenciales, ya que la investigación se basa en el análisis de información secundaria. El proceso de selección de los estudios fue representado mediante un diagrama de flujo tipo PRISMA que se puede observar en la figura 2 lo que garantiza la transparencia y rigurosidad metodológica.

Figura2

Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios



Nota. Elaboración propia basada en la guía PRISMA.

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

1. Síntesis General de los Estudios revisados

La tabla 2 presenta una síntesis de cinco estudios esenciales que analizan el desempeño de los futbolistas profesionales bajo un enfoque multidimensional, incorporando aspectos nutricionales, metabólicos y biomecánicos. Se puede apreciar una notable variedad en los protocolos, que oscilan entre el consumo agudo (una dosis única administrada 2.5 horas antes de la actividad física) e intervenciones a largo plazo que pueden durar hasta 8 semanas. Esta variabilidad sugiere que, mientras que los protocolos de ingesta inmediata están diseñados para maximizar la potencia anaeróbica, los enfoques prolongados se centran en reducir la fatiga acumulativa y en mejorar los patrones de movimiento funcional (Eroğlu et al., 2026; Daab et al., 2024; Daab et al., 2021; Al-Nedawi et al., 2025; Macuh et al., 2023).

Se observa que el consumo de extracto de remolacha como ayuda ergogénica presenta efectos positivos sobre variables relacionadas con la fatiga neuromuscular, la recuperación y el rendimiento físico en futbolistas. No obstante, los resultados no son completamente homogéneos, lo que puede explicarse por diferencias en los protocolos de intervención, duración del consumo y características de los futbolistas.

2. Fatiga Neuromuscular

En relación con la fatiga neuromuscular, los estudios analizados la evaluaron a través de indicadores funcionales asociados al rendimiento en esfuerzos repetidos, la capacidad de generar fuerza y la tolerancia al ejercicio de alta intensidad.

Uno de los métodos más utilizados fue el análisis del rendimiento en pruebas intermitentes, donde la fatiga se refleja en la disminución progresiva del desempeño.

En este sentido, se consideraron variables como el tiempo hasta el agotamiento y la capacidad de sostener esfuerzos repetidos, evidenciando que los futbolistas que consumieron extracto de remolacha presentaron una menor caída en el rendimiento durante el ejercicio (Eroğlu et al., 2026).

Además, en uno de los estudios se evidenció que el consumo de extracto de remolacha contribuyó a atenuar la fatiga neuromuscular, tanto a nivel central como periférico. Esta variable fue evaluada mediante la medición de la fuerza contráctil máxima voluntaria (MVC) y su disminución tras una simulación de partido a través del protocolo Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST), traducido al español como Test Intermitente de Carrera de Loughborough, observándose una menor pérdida de fuerza en los jugadores que consumieron esta ayuda ergogénica (Daab et al., 2024).

Asimismo, la fatiga también fue valorada mediante indicadores indirectos como la potencia anaeróbica, la velocidad y la fuerza explosiva, observándose que los jugadores lograron mantener en mayor medida estas capacidades tras la ingesta de esta ayuda ergogénica, lo que sugiere una menor aparición de la fatiga en acciones propias del juego (Al-Nedawi et al., 2025).

Adicionalmente, se identificó que la respuesta al consumo de extracto de remolacha puede variar según la ingesta habitual, evidenciando mayores mejoras en la tolerancia al esfuerzo en aquellos sujetos con menor consumo basal (Macuh et al., 2023).

3. Recuperación Muscular

En cuanto a la recuperación muscular, definida a partir de la restauración del rendimiento y la recuperación funcional posterior al ejercicio, los estudios analizados

evidencian que el consumo de extracto de remolacha puede favorecer una recuperación más eficiente tras esfuerzos de alta intensidad.

En este sentido, uno de los estudios más relevantes evaluó la recuperación mediante el seguimiento del rendimiento durante un periodo de 0 a 72 horas posterior a una simulación de partido utilizando el protocolo LIST. Los resultados mostraron que los futbolistas que consumieron extracto de remolacha presentaron un mejor mantenimiento de la fuerza, la capacidad de salto y el rendimiento en sprints, especialmente hasta las 48 horas post-ejercicio, lo que indica una recuperación funcional más rápida (Daab et al., 2021).

De manera complementaria, se ha reportado que la atenuación de la fatiga neuromuscular, tanto a nivel central como periférico, podría contribuir a una mejor recuperación del rendimiento tras esfuerzos intensos, al reducir la pérdida de fuerza contráctil posterior al ejercicio (Daab et al., 2024).

Otros estudios permiten inferir mejoras en la recuperación a partir de la capacidad de sostener el rendimiento tras esfuerzos de alta intensidad. En este sentido, se ha observado que los jugadores presentan una menor disminución del desempeño físico y una mejor tolerancia al ejercicio, lo que sugiere una optimización en los procesos de recuperación (Eroğlu et al., 2026; Macuh et al., 2023).

Asimismo, la mejora en la oxigenación muscular reportada en algunos estudios, evaluada durante y después de pruebas de alta intensidad, sugiere un posible mecanismo fisiológico que explicaría estos efectos, ya que favorece el suministro de oxígeno al músculo y contribuye a la resíntesis energética durante la fase de recuperación (Eroğlu et al., 2026).

4. Dolor Muscular de Aparición Tardía (DOMS)

En cuanto a la reducción del DOMS, definido a partir de la percepción subjetiva de micro daño y la limitación funcional posterior al esfuerzo, los estudios analizados evidencian que el consumo de extracto de remolacha puede mitigar significativamente la sensación de dolor tras esfuerzos de alta intensidad.

De acuerdo con la evidencia revisada, la ingesta de jugo de remolacha tiene un efecto protector notable sobre este aspecto. Según Daab et al., (2021) uno de los estudios más concluyentes, la ingesta de 300 mL diarios durante una semana disminuye de forma notable los niveles de dolor muscular de aparición tardía (DOMS) inmediatamente después del ejercicio y a las 24 horas posteriores.

Fisiológicamente, estos beneficios están estrechamente ligados a la dinámica de la oxigenación muscular. Eroğlu et al., (2026) mostraron que el consumo de jugo de remolacha aumenta la saturación de oxígeno en los músculos tras el ejercicio en torno a un 10%, lo que acelera la eliminación de metabolitos y favorece la reparación tisular, reduciendo el DOMS y mejorando la recuperación de la fuerza máxima y del salto (CMJ) hasta 48–72 h posterior, protegiendo así la función neuromuscular durante la competición.

En conjunto, estos resultados sugieren que el extracto de remolacha no solo contribuye a mitigar la percepción de dolor muscular y el micro daño tisular, sino también a acelerar la restauración de la función neuromuscular tras la competición, aspecto fundamental para mantener la integridad biomecánica y el rendimiento sostenido en el contexto del fútbol profesional.

5. Rendimiento Físico

En relación con el rendimiento físico, evaluado a partir de variables como la potencia anaeróbica, la velocidad y la capacidad de realizar esfuerzos de alta intensidad, los estudios analizados evidencian mejoras tras el consumo de extracto de remolacha en futbolistas.

Por un lado, uno de los estudios reportó un aumento significativo en la potencia pico y media durante pruebas de esfuerzo máximo, evaluadas mediante el test de Wingate de 30 segundos. Además, se evidenció una mejora en la oxigenación muscular posterior al ejercicio, lo que sugiere una mayor eficiencia en la producción de energía durante esfuerzos de alta intensidad (Eroğlu et al., 2026).

Por otra parte, otros estudios evaluaron el rendimiento mediante pruebas específicas del fútbol, como sprints de 30 metros, saltos verticales y pruebas de potencia anaeróbica, evidenciando mejoras significativas en la velocidad, la fuerza explosiva y la potencia en los jugadores que consumieron esta ayuda ergogénica (Al-Nedawi et al., 2025).

De igual forma, se ha observado que la respuesta al consumo de extracto de remolacha puede estar influenciada por la ingesta habitual de nitratos, evidenciando que los sujetos con menor consumo basal presentan mayores mejoras en el rendimiento aeróbico, evaluado mediante pruebas como el test de Cooper de 12 minutos (Macuh et al., 2023).

Conjuntamente estos resultados sugieren que el extracto de remolacha no solo contribuye a mejorar el rendimiento en esfuerzos máximos y submáximos, sino también a optimizar la capacidad de sostener acciones de alta intensidad, aspecto fundamental en el contexto del fútbol profesional.

Tabla 2

Resumen de los estudios incluidos que evalúa el impacto del extracto de remolacha en la fatiga y la recuperación muscular

Autor / Año	Población	Consumo de extracto de remolacha	Diseño del Estudio	Protocolo de Ejercicios	Resultado Principal
Eroğlu et al., 2026	16 futbolistas (U-19)	Aguda: 140 mL de jugo de remolacha (12.8 mmol nitrato)	Aleatorio, cruzado, doble ciego, controlado por placebo	Test de Wingate de 30 segundos (esfuerzo máximo en cicloergómetro)	Aumento significativo de potencia pico (~11%) y media (~7%), y mejora de la oxigenación muscular post-ejercicio
Al-Nedawi et al., 2025	20 futbolistas juveniles (17-19 años)	Crónica: 500 mL diarios de jugo de remolacha durante 8 semanas	Experimental controlado (grupo intervención vs. grupo control)	Wingate, sprint 30m, salto vertical y prueba de tres saltos (three-hop)	Mejora significativa en potencia anaeróbica pico, velocidad de sprint y fuerza explosiva en piernas
Daab et al., 2024	13 futbolistas masculinos	Crónica: 2x150 mL diarios (~8 mmol/L nitrato) por 7 días	Aleatorio, cruzado, doble ciego, controlado por placebo	Loughborough Intermittent Shuttle Test (LIST) - Simulación de partido	Atenuación de la fatiga neuromuscular (central y periférica) y menor pérdida de fuerza contráctil (MVC)
Macuh et al., 2023	15 futbolistas de élite (Slovenia)	Aguda: 400 mg de nitratos en dosis única 2h antes del test	Aleatorio, cruzado, doble ciego, controlado por placebo	Test de Cooper de 12 minutos en cinta de correr	La suplementación sólo mejoró el rendimiento si la ingesta dietética basal era inferior a 300 mg/día
Daab et al., 2021	13 futbolistas masculinos	Crónica: 2x150 mL diarios por 7 días (pre y post ejercicio)	Aleatorio, cruzado, doble ciego, controlado por placebo	LIST (Simulación de partido) y seguimiento de recuperación (0-72h)	Aceleración de la recuperación: reducción de DOMS y mejor mantenimiento de fuerza, salto y sprint hasta 48h post-partido.

Nota. Elaboración propia con base en los estudios analizados (Eroğlu et al., 2026; Daab et al., 2024; Daab et al., 2021; Al-Nedawi et al., 2025; Macuh et al., 2023).

CAPÍTULO V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

Discusión

En los últimos años, el extracto de remolacha ha despertado un creciente interés dentro de la nutrición deportiva debido a su potencial efecto ergogénico sobre el rendimiento físico y la recuperación en deportes intermitentes de alta intensidad como el fútbol. Diversas investigaciones han señalado que el elevado contenido de nitratos presentes en la remolacha favorece la producción de NO, compuesto relacionado con procesos de vasodilatación, eficiencia mitocondrial y mejora de la perfusión muscular durante el ejercicio (Lundberg et al., 2008; Jones et al., 2018; Domínguez et al., 2017). En este contexto, los estudios analizados en la presente revisión evidencian efectos favorables sobre variables relacionadas con la fatiga neuromuscular, la recuperación muscular y el rendimiento físico en futbolistas profesionales (Daab et al., 2021; Daab et al., 2024; Eroğlu et al., 2026; Al-Nedawi et al., 2025; Macuh et al., 2023).

En relación con la fatiga neuromuscular, los resultados sugieren que el consumo de extracto de remolacha puede contribuir a disminuir la pérdida de rendimiento producida por esfuerzos repetidos durante actividades similares a la competencia. Daab et al., (2024) evidenciaron una menor disminución de la MVC posterior a una simulación de partido mediante el protocolo LIST, indicando una atenuación de la fatiga neuromuscular tanto central como periférica. Estos hallazgos resultan relevantes dentro del fútbol profesional, donde la acumulación de fatiga durante calendarios competitivos exigentes puede afectar el rendimiento físico y aumentar el riesgo de lesiones musculares (Daab et al., 2024; Jones et al., 2018).

De manera similar, otras investigaciones han reportado que la ayuda ergogénica con nitratos provenientes de la remolacha puede mejorar la tolerancia al ejercicio intermitente y disminuir el costo de oxígeno durante esfuerzos repetidos, favoreciendo el mantenimiento del rendimiento físico en deportes colectivos (Domínguez et al., 2017; Clifford et al., 2016).

Desde el punto de vista fisiológico, los efectos observados podrían explicarse mediante la vía nitrato–nitrito–óxido nítrico, mecanismo por el cual los nitratos presentes en la remolacha son reducidos inicialmente a nitritos por bacterias de la cavidad oral y posteriormente transformados en NO a nivel sistémico, especialmente en condiciones de hipoxia y acidosis muscular. El NO participa en procesos de vasodilatación, regulación del flujo sanguíneo y mejora de la eficiencia mitocondrial, aspectos fundamentales durante ejercicios intermitentes de alta intensidad (Lundberg et al., 2008; Jones et al., 2018). En este contexto, Eroğlu et al., (2026) reportaron mejoras significativas en la potencia anaeróbica y en la oxigenación muscular posterior al ejercicio, lo que respalda la posible influencia del extracto de remolacha sobre la capacidad de sostener esfuerzos intensos en futbolistas (Eroğlu et al., 2026). Asimismo, Bailey et al. (2009) señalaron que el aumento de la biodisponibilidad de NO puede contribuir a una mayor eficiencia energética y reducción del costo fisiológico del ejercicio.

En cuanto a la recuperación muscular, los estudios incluidos evidenciaron que el extracto de remolacha podría favorecer una restauración más rápida del rendimiento posterior al ejercicio. Daab et al., (2021) observaron un mejor mantenimiento de la fuerza, el sprint y la capacidad de salto hasta 48 horas posteriores a una simulación de partido, además de una disminución del DOMS. Estos resultados sugieren que el consumo de extracto de remolacha podría

contribuir a reducir el impacto fisiológico generado por cargas competitivas repetidas, favoreciendo una recuperación funcional más eficiente entre sesiones de entrenamiento y competencia (Daab et al., 2021). De igual manera, Clifford et al. (2016) reportaron que el consumo de jugo de remolacha favorece la recuperación de la función muscular y disminuye el dolor muscular posterior al ejercicio intenso, posiblemente debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

De manera similar, Al-Nedawi et al., (2025) evidenciaron mejoras significativas en la potencia anaeróbica, la velocidad de sprint y la fuerza explosiva tras ocho semanas de consumo crónico de jugo de remolacha en futbolistas jóvenes profesionales. Aunque la población evaluada corresponde a jugadores jóvenes, los hallazgos permiten inferir que el consumo sostenido de nitratos podría generar adaptaciones favorables sobre el rendimiento físico y la capacidad de mantener acciones explosivas propias del fútbol competitivo (Al-Nedawi et al., 2025). En concordancia con estos resultados, Wylie et al. (2013) señalaron que la suplementación con nitratos puede mejorar el rendimiento en ejercicios de alta intensidad y corta duración, especialmente en actividades con elevada demanda anaeróbica.

Por otra parte, Macuh et al., (2023). identificaron que la respuesta ergogénica al consumo de nitratos provenientes del extracto de remolacha puede variar en función de la ingesta basal habitual de estos compuestos. Los autores evidenciaron que los futbolistas con menor consumo dietético previo de nitratos presentaron mayores mejoras en el rendimiento físico tras la ingesta, lo que sugiere que la eficacia del extracto de remolacha podría estar influenciada por el contexto nutricional individual de cada deportista. Este aspecto resulta relevante para la práctica deportiva, ya que evidencia la necesidad de considerar el contexto

nutricional del jugador antes de implementar protocolos de consumo de extracto de remolacha (Macuh et al., 2023). De forma similar, Hoon et al. (2013) señalaron que las diferencias individuales en la respuesta a los nitratos pueden estar influenciadas por factores dietéticos, fisiológicos y metabólicos.

Al comparar el extracto de remolacha con otras ayudas ergogénicas utilizadas frecuentemente en el fútbol profesional, como la cafeína y la creatina, se observan diferencias importantes en sus mecanismos de acción. La cafeína ha demostrado mejorar el estado de alerta y disminuir la percepción del esfuerzo durante ejercicios de alta intensidad, mientras que la creatina favorece principalmente la resíntesis rápida de ATP y el mantenimiento de esfuerzos anaeróbicos de corta duración (Grgic et al., 2020; Kreider et al., 2017). En contraste, el extracto de remolacha actúa principalmente aumentando la biodisponibilidad de NO, favoreciendo la perfusión muscular, la eficiencia metabólica y la recuperación posterior al ejercicio (Jones et al., 2018; Domínguez et al., 2017). Estas diferencias sugieren que el extracto de remolacha podría representar una estrategia complementaria dentro de la planificación nutricional de futbolistas profesionales.

A pesar de los resultados favorables observados, la presente revisión presenta algunas limitaciones. Existe heterogeneidad entre los estudios incluidos en cuanto a dosis administradas, duración de la intervención y protocolos utilizados para evaluar fatiga y recuperación muscular. Además, el número de investigaciones realizadas específicamente en futbolistas profesionales continúa siendo limitado, especialmente en contextos latinoamericanos, lo que dificulta la extrapolación de resultados a diferentes realidades competitivas (Daab et al., 2021; Macuh et al., 2023; Jones et al., 2018).

Finalmente, los hallazgos de esta revisión permiten concluir que el extracto de remolacha constituye una ayuda ergogénica con potencial para mejorar el rendimiento físico, disminuir la fatiga neuromuscular y favorecer la recuperación en futbolistas profesionales. No obstante, se requieren futuras investigaciones con protocolos más estandarizados y evaluaciones específicas en poblaciones de futbolistas de alto rendimiento que permitan establecer recomendaciones más precisas sobre su aplicación práctica en el contexto competitivo (Eroğlu et al., 2026; Daab et al., 2024; Jones et al., 2018).

Conclusiones

- El principal mecanismo fisiológico asociado al consumo de extracto de remolacha corresponde a la vía nitrato–nitrito–óxido nítrico, la cual cobra especial relevancia en el fútbol porque su eficacia se incrementa en condiciones de hipoxia local y acidosis metabólica, generadas durante acciones intermitentes de alta intensidad como sprints, aceleraciones y cambios de dirección. La mayor biodisponibilidad de óxido nítrico favorece procesos de vasodilatación, perfusión muscular y eficiencia metabólica, contribuyendo al mantenimiento del rendimiento físico durante el ejercicio.
- La evidencia científica analizada muestra que la ayuda ergogénica con nitratos provenientes del extracto de remolacha atenúa tanto la fatiga central como la periférica. Se observa una menor pérdida de la fuerza MVC y una mayor capacidad para mantener esfuerzos intermitentes de alta intensidad tras la ingesta de extracto de remolacha. Esto permite al deportista conservar potencias pico y medias superiores a lo largo del partido, disminuyendo el costo fisiológico del ejercicio.
- El consumo de extracto de remolacha acelera de forma significativa la recuperación muscular, de manera que indicadores como el salto vertical (CMJ) y la

velocidad de sprint retornan a niveles basales entre las 48 y 72 horas posteriores al esfuerzo. Además, se ha documentado un efecto protector sobre el DOMS, facilitado por una mejora del 10% en la saturación de oxígeno muscular tras el ejercicio, lo que favorece la reparación tisular y la resíntesis de sustratos energéticos.

- Con respecto a los protocolos de suplementación, los estudios revisados reportaron efectos favorables tanto en estrategias agudas como crónicas. Sin embargo se pudo evidenciar que la dosis más efectiva reportada en la literatura se sitúa entre 400 y 800 mg de nitrato (6,4–12,8 mmol), consumidos 2–3 horas antes de la actividad física. Asimismo, se concluye que la suplementación crónica (3–7 días) resulta superior a la aguda para maximizar estos efectos ergogénicos. Un hallazgo relevante es que la respuesta depende de la ingesta dietética basal de nitratos: los beneficios son más marcados en jugadores cuya dieta habitual aporta menos de 300 mg de nitratos al día.

- Finalmente, aunque el extracto de remolacha presenta un importante potencial ergogénico en futbolistas, aún existe heterogeneidad en las dosis, duración y métodos de evaluación utilizados, por lo que se requieren estudios más estandarizados en el contexto del fútbol profesional.

Recomendaciones

- Antes de iniciar una intervención con extracto de remolacha, es fundamental realizar una evaluación nutricional del futbolista para estimar su ingesta habitual de nitratos.

- Los nutricionistas deportivos podrían considerar la implementación de protocolos de suplementación crónica con extracto de remolacha entre 3 y 7 días previos a competencias o períodos con alta densidad de partidos, ya que diversos

estudios reportan mayores beneficios sobre la recuperación muscular y el mantenimiento del rendimiento físico.

- Se recomienda que la suplementación sea administrada aproximadamente entre 2 y 3 horas antes del ejercicio, respetando las dosis utilizadas en la literatura científica, las cuales oscilan principalmente entre 400 y 800 mg de nitrato.
- Es fundamental informar a los cuerpos técnicos y a los jugadores sobre la necesidad de evitar el uso de enjuagues bucales antibacterianos durante los días en que se consume extracto de remolacha. Estos productos reducen las bacterias anaerobias de la cavidad oral responsables de la conversión inicial del nitrato en nitrito, lo que podría anular por completo el efecto ergogénico deseado.
- Debido a los efectos observados sobre la recuperación y la disminución del DOMS, el extracto de remolacha podría ser considerado como una estrategia complementaria dentro de programas de recuperación en calendarios competitivos con elevada carga física.
- En la práctica clínica deportiva se recomienda acompañar la ayuda ergogénica con un monitoreo riguroso de biomarcadores de daño muscular (por ejemplo, la CK) y de pruebas funcionales de fatiga central y periférica, con el fin de ajustar las dosis de forma individualizada y optimizar la cinética de recuperación.
- Se sugiere que futuras investigaciones analicen los efectos combinados del extracto de remolacha con otros suplementos ampliamente utilizados en el fútbol, como la creatina y la cafeína. Al actuar a través de mecanismos fisiológicos diferentes, es preciso determinar si su co-administración genera un efecto sinérgico o, por el contrario, una interferencia sobre la recuperación y la potencia anaeróbica.

- Finalmente, se considera necesario promover investigaciones experimentales en futbolistas ecuatorianos que permitan validar los efectos del extracto de remolacha en contextos específicos de entrenamiento y competencia, considerando factores propios del entorno local, como la altitud y las características fisiológicas de los deportistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-Nedawi, R., AL-Nedawi, O., Jubair, R., & Al-Mu'min, H. (2025). Effects of Nitrate-Rich Beetroot Supplements on Anaero-bic Power, Speed-Characteristic Performance, and Explosive Leg Strength on Football Players. *Journal of Posthumanism*, 5(5), 693-706. <https://doi.org/10.63332/joph.v5i5.1381>
- Alsharif, N. S., Clifford, T., Alhebshi, A., Rowland, S. N., & Bailey, S. J. (2023). Effects of dietary nitrate supplementation on performance during single and repeated bouts of short-duration high-intensity exercise: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Antioxidants*, 12(6), 1194. <https://doi.org/10.3390/antiox12061194>
- Andrabi, S. M., Sharma, N. S., Karan, A., Shahriar, S. M. S., Cordon, B., Ma, B., & Xie, J. (2023). Nitric Oxide: Physiological Functions, Delivery, and Biomedical Applications. *Advanced Science*, 10(30), 2303259. <https://doi.org/10.1002/adv.202303259>
- Bailey, S. J., Winyard, P., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., Wilkerson, D. P., Tarr, J., Benjamin, N., & Jones, A. M. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 107(4), 1144–1155. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00722.2009>
- Clifford, T., Bell, O., West, D. J., Howatson, G., & Stevenson, E. J. (2016). The effects of beetroot juice supplementation on indices of muscle damage following eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 116(2), 353–362. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3290-x>
- Daab, W., Zghal, F., Nassis, G. P., Rebai, H., Moalla, W., & Bouzid, M. A. (2024). Chronic beetroot juice supplementation attenuates neuromuscular fatigue etiology during simulated soccer match play. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 49(1), 105–113. <https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0179>
- Daab, W., Bouzid, M. A., Lajri, M., Bouchiba, M., Saafi, M. A., & Rebai, H. (2021). Chronic Beetroot Juice Supplementation Accelerates Recovery Kinetics following Simulated Match Play in Soccer Players. *Journal of the American College of Nutrition*, 40(1), 61-69. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1735571>
- Domínguez, R., Cuenca, E., Maté-Muñoz, J. L., García-Fernández, P., Serra-Paya, N., Estevan, M. C. L., Herreros, P. V., & Garnacho-Castaño, M. V. (2017). Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in

Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*, 9(1), 43.
<https://doi.org/10.3390/nu9010043>

- Eroğlu, M. N., Kose, B., Eroglu Kolayis, I., & Haberal, B. (2026). Acute beetroot juice supplementation enhances short duration high-intensity exercise performance and influences muscle oxygenation in football players. *Scientific Reports*, 16(1), 7581. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-37514-x>
- Espinoza-Salinas, A., Arenas-Sánchez, G., Silva-Huenopil, B., Osorio-Marambio, S., Firinguetti-Balocchi, C., Zafra-Santos, E., Espinoza-Salinas, A., Arenas-Sánchez, G., Silva-Huenopil, B., Osorio-Marambio, S., Firinguetti-Balocchi, C., & Zafra-Santos, E. (2018). Análisis del componente rápido de la cinética de recuperación del consumo de oxígeno tras un programa HIIT de 10 días en un grupo de obesos. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 50(1), 7-17. <https://doi.org/10.18273/revsal.v50n1-2018001>
- Grgic, J., Pickering, C., Del Coso, J., Schoenfeld, B. J., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2020). The acute and chronic effects of caffeine supplementation on exercise performance. *Nutrients*, 12(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu12072021>
- Hoon, M. W., Johnson, N. A., Chapman, P. G., & Burke, L. M. (2013). *The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(5), 522–532. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.23.5.522>
- Instituto Superior Tecnológico de Fútbol de Quito. (2024). La administración de nitratos derivados del jugo de remolacha. *Revista Deporte de Altura*, 4. <https://cif.istfq.edu.ec/wp-content/uploads/2025/02/Revista-Edicion4-Enero2024-V9-web.pdf>
- Jones, A. M., Thompson, C., Wylie, L. J., & Vanhatalo, A. (2018). Dietary Nitrate and Physical Performance. *Annual Review of Nutrition*, 38(Volume 38, 2018), 303-328. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-082117-051622>
- Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L., & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: Safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(18), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
- Lundberg, J. O., Weitzberg, E., & Gladwin, M. T. (2008). The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery*, 7(2), 156–167. <https://doi.org/10.1038/nrd2466>
- Macuh, M., Kojić, N., & Knap, B. (2023). The Effects of Nitrate Supplementation on Performance as a Function of Habitual Dietary Intake of Nitrates: A

- Randomized Controlled Trial of Elite Football Players. *Nutrients*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/nu15173721>
- Nowak, A., Szymańska, A., Kwaśniewska, M., Kochan, E., & Lipert, A. (2025). Beetroot juice supplementation as a healthy aging strategy through improving physical performance and cognitive functions: A systematic review. *Nutrients*, 17(24), 3954. <https://doi.org/10.3390/nu17243954>
- Nyakayiru, J., Jonvik, K. L., Trommelen, J., Pinckaers, P. J. M., Senden, J. M., Van Loon, L. J. C., & Verdijk, L. B. (2017). Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*, 9(3), 314. <https://doi.org/10.3390/nu9030314>
- Owens, D. J., Twist, C., Cobley, J. N., Howatson, G., & Close, G. L. (2019). Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *European Journal of Sport Science*, 19(1), 71-85. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1505957>
- Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559-570. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00971.2016>
- Ramírez-Munera, M., Arcusa, R., López-Román, F. J., Ávila-Gandía, V., Pérez-Piñero, S., Muñoz-Carrillo, J. C., Luque-Rubia, A. J., & Marhuenda, J. (2025). Impact of chronic nitrate and citrulline malate supplementation on performance and recovery in Spanish professional female soccer players: A randomized controlled trial. *Nutrients*, 17(14), 2381. <https://doi.org/10.3390/nu17142381>
- Riela, L. A., & Bertollo, M. (2019). The effectiveness of eight weeks of a movement-based program on functional movement patterns in male professional soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(5), 1976-1983. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s5294>
- Saville, W. (2016, julio 9). Countermovement Jump (CMJ). *Science for Sport*. <https://www.scienceforsport.com/countermovement-jump-cmj/>
- Senefeld, J. W., Wiggins, C. C., Regimbal, R. J., Dominelli, P. B., Baker, S. E., & Joyner, M. J. (2020). *Ergogenic effect of nitrate supplementation: A systematic review and meta-analysis*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(10), 2250–2261. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002363>
- Serrano, R. D., Victor, W. F., Maesta, N., Diniz, R. E., Morelato, L. M., Campos, I. S., & Canciglieri, R. I dos S. (2023). Effects of beet juice supplementation in different concentrations and the importance of nitric oxide in endurance runners. *Open Science Journal*, 8(2). <https://doi.org/10.23954/osj.v8i2.3361>

- Tian, C., Jiang, Q., Han, M., Guo, L., Huang, R., Zhao, L., & Mao, S. (2025). Effects of beetroot juice on physical performance in professional athletes and healthy individuals: An umbrella review. *Nutrients*, 17(12), 1958. <https://doi.org/10.3390/nu17121958>
- Weavil, J. C., & Amann, M. (2019). Neuromuscular fatigue during whole body exercise. *Current opinion in physiology*, 10, 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.05.008>
- Wylie, L. J., Kelly, J., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Skiba, P. F., Winyard, P. G., Jeukendrup, A. E., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2013). Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology*, 115(3), 325–336. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00372.2013>
- Zoughaib, W. S., Fry, M. J., Singhal, A., & Coggan, A. R. (2024). Beetroot juice supplementation and exercise performance: Is there more to the story than just nitrate? *Frontiers in Nutrition*, 11.