

---

# Efecto de la suplementación con nitratos en el rendimiento deportivo de esfuerzos de carácter explosivo

- Modalidad REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA -

---

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

---

Autora: Leire Cano Santamaría  
Director: Raúl Domínguez Herrera

---

Febrero 2021



Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>)

## Índice

Abreviaturas .....	4
Resumen .....	6
Abstract.....	7
1. Introducción .....	8
2. Objetivos .....	13
2.1. Objetivo general .....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
2.3. Pregunta investigable general.....	13
2.4. Preguntas investigables específicas .....	14
3. Metodología .....	15
3.1. Estrategia de búsqueda.....	15
3.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	15
3.3. Análisis y extracción de datos.....	16
3.4. Análisis de calidad metodológica.....	16
4. Resultados .....	17
4.1. Selección de estudios.....	17
4.2. Características de los estudios .....	18
4.3. Resultados de los estudios .....	20
4.3.1. Esfuerzos explosivos tipo <i>sprint</i> .....	20
4.3.2. Esfuerzos explosivos de fuerza.....	20
4.4. Análisis de calidad metodológica de los estudios .....	29
5. Discusión.....	30
5.1. Esfuerzos explosivos tipo <i>sprint</i> .....	30
5.2. Esfuerzos explosivos de fuerza .....	35
6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación.....	38
6.1. Limitaciones y fortalezas .....	38
6.2. Futuras líneas de investigación .....	39
6.3. Propuesta para futuras investigaciones .....	39
7. Conclusiones .....	42
8. Bibliografía .....	43

## Abreviaturas

AEPSAD: Agencia Española para la Protección de la Salud en el Deporte

AIS: Australian Institute of Sport

AMA: Agencia Mundial Antidopaje

CADM<sub>OPT</sub>: cadencia máxima óptima de pedaleo

CASQ1: calsecuestrina

CE: condición experimental

CMJ: *countermovement jumps* (saltos contramovimiento)

DHPR: receptor de dihidropiridina

F<sub>MÁX</sub>: fuerza máxima

F<sub>RS</sub>: fuerza de reacción del suelo

FT<sub>MÁX</sub>: fuerza tetánica máxima

GCs: guanilato ciclasa soluble

GMPc: guanosin monofosfato cíclico

HIP: hipoxia

HSP90: proteína de shock térmico 90

HTA: hipertensión arterial

IOC: Comité Olímpico Internacional

KNO<sub>3</sub>: nitrato de potasio

MCVI: máxima contracción voluntaria isométrica

n: tamaño muestral

NO: óxido nítrico

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: nitrito

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrato

PLA: placebo

$P_{MÁX}$ : potencia máxima

$P_{MÁX\ CON}$ : potencia máxima concéntrica

$P_{MÁX\ EXC}$ : potencia máxima excéntrica

$P_{MED}$ : potencia media

$P_{MED\ CON}$ : potencia media concéntrica

$P_{MED\ EXC}$ : potencia media excéntrica

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

PS: fosfato de sodio

RM: repetición máxima

RyR: receptor de rianodina

$T_{AMB}$ : temperatura ambiente

$T_{ELEV}$ : temperatura elevada

$T_{MÁX}$ : torque máximo

$T_{MED}$ : torque medio

$V_{MÁX}$ : velocidad máxima

$V_{MED}$ : velocidad media

$VO_2$ : consumo de oxígeno

$VO_{2máx}$ : consumo máximo de oxígeno

ZR: zumo de remolacha

## Resumen

La suplementación con nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ha mostrado tener efectos ergogénicos en los deportes de resistencia, sobre todo a intensidades submáximas en las que predomina el reclutamiento de las fibras musculares tipo II y hay un ambiente de hipoxia. Sin embargo, la evidencia sobre su eficacia en esfuerzos explosivos, caracterizados por la expresión de la máxima potencia en un corto periodo de tiempo ( $<6$  s), es limitada. Por ello, el objetivo de esta revisión sistemática fue valorar el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en este tipo de esfuerzos, así como discernir los posibles mecanismos fisiológicos implicados en su eficacia. Las bases de datos empleadas para la búsqueda de estudios fueron PubMed, Scopus y Directory of Open Access Journals (DOAJ) y se usó la siguiente estrategia de búsqueda: (nitrate OR nitrite OR beetroot) AND (supplement OR supplementation) AND (strength OR power OR running OR cycling OR rowing OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR athlete). Una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 12 estudios, con un total de 160 participantes. Los resultados indicaron que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  parecía ser efectiva en mejorar el trabajo total, la potencia media y la velocidad en esfuerzos explosivos intermitentes tipo *sprint*, de forma dosis-dependiente, con un mayor efecto ergogénico cuando se administraba de forma crónica con dosis  $>8$  mmol  $\text{NO}_3^-$ . La suplementación crónica también aumentó la potencia y la velocidad en el press de banca y la media sentadilla, pero no incrementó la producción de fuerza isométrica e isocinética.

## Palabras clave

Esfuerzo explosivo, nitrato, remolacha, rendimiento deportivo, suplemento deportivo.

## **Abstract**

Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) supplementation has been shown to have ergogenic effects in endurance sports, especially at submaximal intensities where recruitment of type II muscle fibers predominates and there is a hypoxic environment. However, the evidence on its efficacy in explosive efforts, characterized by the expression of maximal power in a short period of time (<6 s), is limited. Therefore, the aim of this systematic review was to evaluate the effect of  $\text{NO}_3^-$  supplementation in this type of efforts, as well as to discern the possible physiological mechanisms involved in its efficacy. The databases used to search for studies were PubMed, Scopus and Directory of Open Access Journals (DOAJ) and the following search strategy was used: (nitrate OR nitrite OR beetroot) AND (supplement OR supplementation) AND (strength OR power OR running OR cycling OR rowing OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR athlete). After applying the inclusion and exclusion criteria, 12 studies were selected, with a total of 160 participants. The results indicated that  $\text{NO}_3^-$  supplementation appeared to be effective in improving total work, average power and speed in intermittent sprint-type explosive efforts, in a dose-dependent manner, with a greater ergogenic effect when administered chronically at doses >8 mmol  $\text{NO}_3^-$ . Chronic supplementation also boosted power and speed in the bench press and half squat, but did not increase isometric and isokinetic force production.

## **Key words**

Explosive effort, nitrate, beetroot, exercise performance, sport supplement.

## 1. Introducción

Hay múltiples factores que pueden influir en la consecución de un rendimiento deportivo óptimo, como unas adecuadas pautas nutricionales y de hidratación, un descanso adecuado, control del estrés, una correcta planificación de la actividad deportiva, etc. Pero si hay un factor cuyo uso ha crecido de forma exponencial en los últimos años es el de los suplementos deportivos (1). Un suplemento deportivo es definido por el Comité Olímpico Internacional (IOC) como “un alimento, componente alimentario, nutriente o compuesto no alimentario que se ingiere de forma intencionada además de la dieta consumida habitualmente con el fin de lograr un beneficio específico para la salud y/o el rendimiento” (2). Los suplementos deportivos incluyen una amplia gama de productos, como las barritas y geles, complementos alimenticios como vitaminas y minerales, etc. Cuando su función es aumentar el rendimiento, se consideran ayudas ergonutricionales, abarcando el término “ayuda ergogénica” a cualquier método, técnica, sustancia o práctica (física, psicológica, mecánica o farmacológica) que contribuya a incrementar el rendimiento deportivo y mejorar las adaptaciones al entrenamiento (1).

La prevalencia del uso de suplementos en deportistas es alta, del 48-81 % en términos generales, y varía ampliamente en función de múltiples aspectos (3), como el tipo de deporte practicado. En este sentido, su uso es más común en deportes de larga duración como la maratón (2), el ciclismo o deportes acuáticos (3) que en otros de menor duración como los *sprints* o los deportes de equipo (2). Aun así, una de las prevalencias más elevadas (>95 %) es la de los fisicoculturistas (3). También parece haber una asociación entre el número de horas entrenadas por semana y el uso de suplementos deportivos (4). Lun et al. reportaron un incremento de la prevalencia del uso de suplementos del 67% al 95 % cuando se entrenaba >25 h semanales, en comparación a cuando se entrenaba <5h (5). La prevalencia también aumenta con la edad (2), aunque se han llegado a reportar ingestas del 80 % en atletas jóvenes (6), y es generalmente más alta en hombres que en mujeres (2). Las diferencias entre hombres y mujeres también radican en el tipo de suplemento consumido; en los hombres predomina el uso de ayudas enfocadas en el aumento de la masa muscular, como proteínas (4) y creatina (7), mientras que las mujeres optan más por vitaminas y minerales (4). Por su parte, el uso de suplementos herbales es generalmente bajo (<10 %), tanto en hombres como en mujeres (7). Otra diferencia se encuentra en el nivel deportivo, siendo el uso de estas sustancias más elevado en atletas de élite que en los y las deportistas recreacionales (2). En 2019, por ejemplo, se hizo una revisión del uso de suplementos deportivos en



527 atletas de élite en España, y se vio que el 64 % de los participantes los tomaba de forma habitual durante la temporada (3).

El hecho de que el mercado de los suplementos deportivos siga creciendo no es malo *per se*. Estos pueden ser de gran utilidad cuando son pautadas de forma individualizada por un profesional, sobre todo en un contexto deportivo exigente en el que pequeñas mejoras pueden marcar la diferencia (1).

Sin embargo, es imprescindible que estos cumplan con estrictos controles que permitan garantizar su seguridad, efectividad y legalidad. La seguridad hace referencia a la ausencia de efectos nocivos secundarios en la salud, tanto a corto como a largo plazo (8). Es más común de lo que debería hallar restos de contaminantes en los suplementos deportivos, como prohormonas y estimulantes, entre otros, que pueden haber entrado en contacto con el producto de forma accidental o deliberada (9). Esto no solo puede hacer que los y las atletas den positivo en controles de dopaje, sino que puede perjudicar gravemente a su salud (10).

Una vez asegurada la seguridad de un suplemento, también es preciso que el uso de este sea legal, y que se tengan en cuenta las directrices de la AMA (Agencia Mundial Antidopaje) (11). En España, la AEPSAD (Agencia Española Para la Protección de la Salud en el Deporte) es la encargada de luchar contra el dopaje (12). Finalmente, los suplementos deportivos también tienen que ser eficaces, y deberían someterse a rigurosos experimentos de laboratorio y de campo (8).

Una de las instituciones de referencia que se encarga de categorizar los suplementos deportivos en función de su seguridad, legalidad y eficacia para mejorar el rendimiento deportivo es el Australian Institute of Sport (AIS). Dependiendo de estos factores, los suplementos se clasifican siguiendo el sistema ABCD:

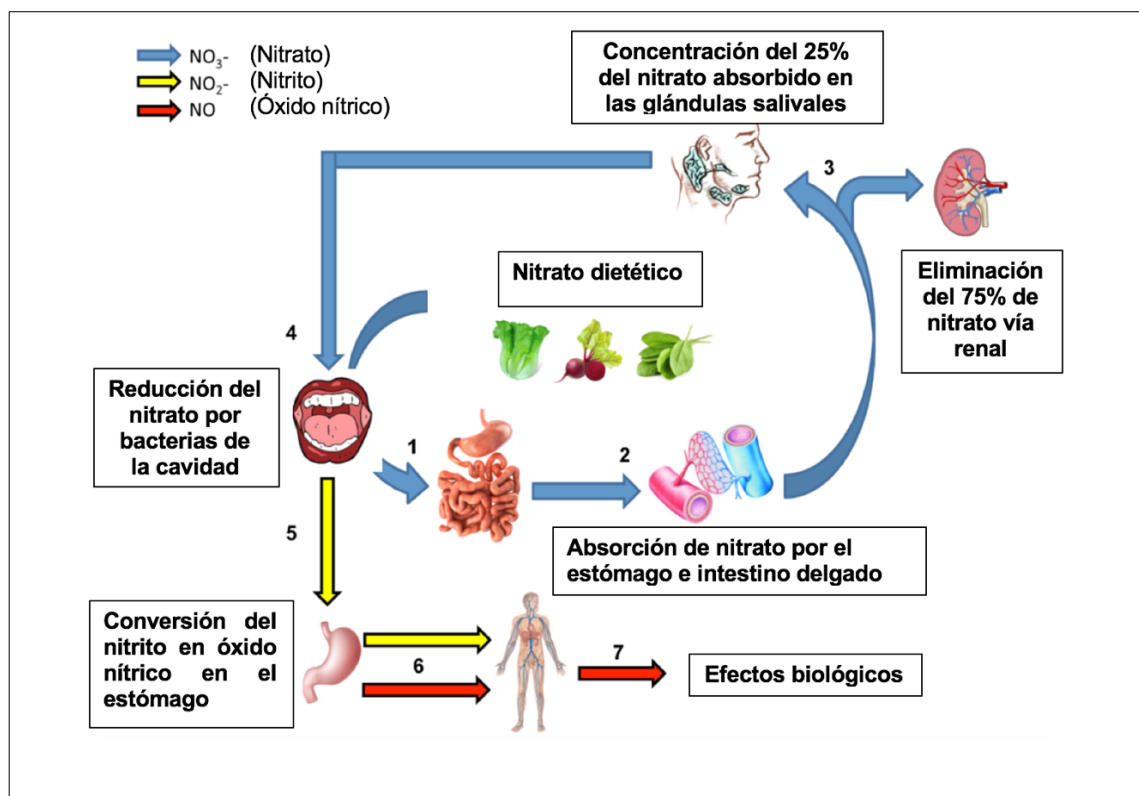
- Grupo A: se encuentran los suplementos que tienen evidencia científica sólida para su uso en situaciones específicas. Esta categoría se subdivide en varios subgrupos: alimentos deportivos (bebidas y geles deportivos, barritas energéticas, proteína en polvo, etc.), suplementos médicos (hierro, calcio, multivitamínicos, etc.) y suplementos de rendimiento, como la cafeína, la beta-alanina, los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), etc.
- Grupo B: limitado a los suplementos que tienen cierto grado de evidencia, pero que requieren de más investigación. Pueden ser empleados como parte de protocolos de investigación o en tratamientos clínicos monitorizados por un profesional. Este grupo también se subdivide en varios subgrupos: polifenoles

(cerezas, bayas, quercitina, etc.), aminoácidos (aminoácidos ramificados, leucina y tirosina), antioxidantes (vitamina C, vitamina E y N-acetilcisteína), *sick pack* (zinc y vitamina C) y otros (colágeno, cetonas, aceites de pescado, etc.).

- Grupo C: suplementos que no tienen suficiente evidencia científica que respalde su posible efecto beneficioso. Este grupo engloba a todos los suplementos que no pertenecen a las categorías A, B o D o que, estando en los grupos A o B, no se pauten de la forma que establece el protocolo.
- Grupo D: suplementos prohibidos o con posibles contaminantes dopantes. Se distinguen varias subcategorías: estimulantes (sibutramina, efedrina, etc.), prohormonas y potenciadores hormonales (dehidroepiandrosterona, androstenediona, etc.), liberadores de hormona de crecimiento y péptidos, agonistas de beta-2, moduladores metabólicos, moduladores selectivos de receptores de andrógenos, etc.

Como se ha mencionado, entre los suplementos del grupo A se encuentran los  $\text{NO}_3^-$  (13), compuestos nitrogenados ampliamente distribuidos en la naturaleza, cuyos efectos en el organismo están principalmente mediados por el óxido nítrico (NO) (14). Los  $\text{NO}_3^-$  están presentes en una amplia gama de alimentos, aunque predominan en vegetales como las espinacas y la remolacha (15). Estos suponen entre el 60-80 % del  $\text{NO}_3^-$  ingerido (16), siendo el aporte exógeno restante proveniente del agua y de aditivos alimentarios (17).

Una vez ingeridos, los  $\text{NO}_3^-$  son absorbidos casi en su totalidad en el estómago e intestino delgado, y son eliminados por la orina en un 75 % (16). El 25 % restante es reabsorbido vía renal, concentrándose principalmente en las glándulas salivales (18). En la cavidad bucal, un alto porcentaje de  $\text{NO}_3^-$  son reducidos a nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) por bacterias simbióticas anaerobias facultativas aquí presentes (19). Posteriormente, los  $\text{NO}_2^-$  son reducidos a NO en el estómago, debido a la acidez gástrica (17). La reducción de los  $\text{NO}_3^-$  a  $\text{NO}_2^-$  también puede darse en la circulación sistémica, favorecida cuando hay un ambiente de hipoxia (20), por ejemplo, con la realización de ejercicio físico, en los músculos implicados durante la ejecución de este y que requieren de más oxígeno (18).



**Figura 1.** Absorción y metabolismo del NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Adaptado de: Monaco, 2016 (20)

Uno de los efectos biológicos más conocidos del NO es la vasodilatación (14), razón por la cual la suplementación con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> puede ser una diana terapéutica para el tratamiento de enfermedades como la hipertensión arterial (HTA). De hecho, ha mostrado reducirla, tanto en individuos sanos como con HTA (21), además de beneficiar el curso de otras disfunciones cardiometabólicas (22), o incluso de la diabetes tipo II y el síndrome metabólico (18). Sin embargo, la evidencia sobre el efecto del NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dietético en el rendimiento deportivo no fue descrita hasta hace relativamente poco, siendo el estudio de Larsen et al. pionero en este campo. En este, se reportó una reducción del consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) en un test de intensidad incremental (45-80 % del VO<sub>2</sub> pico) en cicloergómetro tras la suplementación con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,1 mmol/kg/día durante 3 días). Este efecto no parece atribuirse a la vasodilatación, sino que los autores lo asocian al efecto inhibitorio del NO sobre la fuga de protones de la cadena de transporte de electrones mitocondrial, mejorando así la eficiencia mitocondrial y la economía del ejercicio (23). En esencia, parece que los efectos del NO en el rendimiento deportivo no se limitan exclusivamente a su efecto vasodilatador.

A raíz de los hallazgos de Larsen et al. (23) y vistos los potenciales efectos de la suplementación con NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, se han ido publicando muchos estudios, revisiones sistémicas y metaanálisis (24–26) sobre su capacidad ergogénica, en los que predominantemente

se evalúa su efecto sobre el rendimiento en deportes de resistencia. En estos, se ve que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  disminuye el  $\text{VO}_2$  a intensidades submáximas, y mejora el tiempo hasta el agotamiento en test hasta la extenuación, corroborando los resultados de Larsen et al. (24,25). Asimismo, cuando la suplementación es crónica, pero no aguda, la disminución del  $\text{VO}_2$  también se relaciona con un incremento de la biogénesis mitocondrial (25).

La suplementación con  $\text{NO}_3^-$  también parece tener efecto ergogénico en otro tipo de esfuerzos, como los intermitentes de alta intensidad (27) y los de fuerza (28), en los que predominan la vía glucolítica (“anaerobia” láctica) y la vía de los fosfágenos. La literatura científica es más limitada en este sentido, pero bastante consistente. En este tipo de ejercicios predomina el reclutamiento de las fibras musculares tipo II, y parece que el NO ejerce un mayor efecto vasodilatador en estas que en las de tipo I (29). Así, durante los periodos de recuperación, el mayor suministro de oxígeno a estas fibras permite la aceleración de la resíntesis de los depósitos de fosfocreatina (PC) (30). A esto se le suma el hecho de que, tanto a altas como a bajas intensidades de trabajo, disminuyen la hidrólisis del ATP y la acumulación de ADP y Pi (asociados a la fatiga durante el ejercicio intenso), y se reduce la depleción de los depósitos musculares de PC (31).

Además, este gas también parece modular la liberación y posterior recaptación de calcio por el retículo sarcoplásmico, mejorando el proceso de contracción y relajación muscular (30). En este sentido, Hernández et al. (32) mostraron, en ratones, que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  durante 7 días a dosis obtenidas fácilmente a través de una dieta habitual, incrementaba la fuerza de contracción en las fibras musculares tipo II, pero no en las de tipo I. Este cambio se acompañaba de un aumento de la expresión de proteínas que regulan la liberación y recaptación de calcio del retículo sarcoplásmico, como la calsecuestrina (CASQ1) y el receptor de dihidropiridina (DHPR) y de un aumento del contenido de calcio sarcoplásmico (32).

Otro tipo de esfuerzos en los que esta ayuda ergogénica podría mejorar el rendimiento son los esfuerzos explosivos (*sprints* o ejercicios de fuerza), caracterizados por la expresión de la máxima potencia en un periodo corto de tiempo (<6 s). En este caso, la vía de los fosfágenos es casi exclusiva, con una baja contribución del metabolismo glucolítico (“anaerobio láctico”) (33). Por ello, cabría esperar que en este tipo de esfuerzos, la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  conllevara una reducción de la hidrólisis del ATP y de la acumulación de ADP y Pi, una disminución de la degradación (31) y un aumento de la resíntesis de los depósitos de PC y una mejora en los procesos de contracción y relajación muscular (30).

Hasta la fecha no se han realizado revisiones sistemáticas ni metaanálisis analizando el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en este tipo de esfuerzos, por lo que el objetivo de esta revisión es analizar el posible efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  sobre los esfuerzos explosivos.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Conocer, a través de la realización de una revisión sistemática de estudios controlados aleatorizados, el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en el rendimiento deportivo de esfuerzos de carácter explosivo.

### 2.2. Objetivos específicos

- Estudiar los mecanismos fisiológicos y bioquímicos implicados en la mejora del rendimiento de esfuerzos de carácter explosivo tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$ .
- Analizar si, en adultos sanos, hay diferencias en el rendimiento deportivo de esfuerzos de carácter explosivo en función de:
  - Si la suplementación se realiza a base de  $\text{NO}_3^-$  de forma directa, o si, por el contrario, es de forma indirecta a base de zumo de remolacha u otras preparaciones similares.
  - La aptitud física de los sujetos
  - Si la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  es aguda o crónica.
  - La dosis y momento de la suplementación.

### 2.3. Pregunta investigable general

¿Qué efecto/s produce la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  o con alimentos fuente de estos en el rendimiento deportivo de esfuerzos de carácter explosivo, en adultos sanos, si se compara con placebo?

**Tabla 1.** Variables PICOS presentes en la pregunta investigable de la revisión sistemática.

<b>P</b> (población)	<b>I</b> (intervención)	<b>C</b> (condición de control)	<b>O</b> ( <i>outcome</i> o resultados)	<b>S</b> ( <i>settings</i> o tipo de estudio)
Población adulta sana	Suplementación con NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> o alimentos fuente de estos	Condición de placebo	Cualquier variable relacionada con el rendimiento en esfuerzos explosivos	Ensayos clínicos aleatorizados

#### 2.4. [Preguntas investigables específicas](#)

- 1) ¿La suplementación con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> produce efectos distintos de los que produce la suplementación con zumo de remolacha (u otros vegetales que sean fuente de NO<sub>3</sub>) en el rendimiento deportivo de esfuerzos de carácter explosivo en adultos sanos con distinto nivel de rendimiento?
- 2) ¿El efecto ergogénico de la suplementación con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en esfuerzos explosivos podría variar en función del nivel de aptitud física de sujetos adultos y sanos con distinto nivel de rendimiento?
- 3) ¿En adultos sanos, con distinta aptitud física, la suplementación aguda con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> puede tener efectos distintos a los que produce la suplementación crónica, en lo que a rendimiento deportivo de esfuerzos de carácter explosivo se refiere?
- 4) ¿Existen diferencias en la cantidad de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y/o del momento de la ingesta en relación al ejercicio sobre el rendimiento en esfuerzos explosivos en sujetos adultos sanos, con distinto nivel de rendimiento?

### 3. Metodología

Para la elaboración de este trabajo se realizó una revisión sistemática de estudios controlados aleatorizados usando la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (34).

#### 3.1. [Estrategia de búsqueda](#)

La búsqueda se realizó en noviembre de 2020 en las bases de datos PubMed, Scopus y Directory of Open Access Journals (DOAJ), mediante palabras clave, utilizando la siguiente estrategia de búsqueda: (nitrate OR nitrite OR beetroot) AND (supplement OR supplementation) AND (strength OR power OR running OR cycling OR rowing OR "resistance training" OR "resistance exercise" OR athlete). Se seleccionaron estudios controlados aleatorizados publicados en los últimos 5 años (octubre 2015 - octubre 2020, ambos incluidos).

#### 3.2. [Criterios de inclusión y exclusión](#)

Solo se incluyeron estudios en inglés y castellano en los que el texto completo estaba disponible, y no en forma de resumen (*abstract*) o conferencia. Se incluyeron tanto estudios basados en la suplementación con NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de forma directa, como de forma indirecta a través de zumo de remolacha o similares. Otro criterio de inclusión fue la presencia de un grupo control en los estudios, que podía ser la ausencia de suplementación u otro tipo de placebo. Solo se incluyeron estudios realizados en sujetos sanos y adultos (18 - 65 años), tanto hombres como mujeres.

Asimismo, se seleccionaron estudios que correspondían a esfuerzos realizados de forma explosiva, con una duración de menos de 6 s, con el propio peso corporal o con peso externo, en los que se analizaban variables como el número de repeticiones realizadas, el peso total levantado, la potencia o la velocidad de la realización del esfuerzo.

En base a esos criterios, se establecieron los criterios de exclusión:

- Estudios en los que el texto completo no estuviera disponible.
- Estudios basados en sujetos no fueran adultos (18-65 años) sanos.
- Estudios en los que no se analizara la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  o con alimentos fuente de estos.
- Estudios en los que se combinaran los  $\text{NO}_3^-$  con otro tipo de suplementos de carácter ergogénico.
- Estudios que no tuvieran grupo control.
- Estudios anteriores a octubre de 2015 o posteriores a octubre de 2020.
- Estudios en idiomas que no fueran el inglés o el castellano.
- Estudios que no incluyeran esfuerzos físicos explosivos o que no tuvieran como objetivo principal la valoración del rendimiento en este tipo de esfuerzos.

### 3.3. Análisis y extracción de datos

De los estudios seleccionados, se recabaron la cita, el tamaño muestral, las características de los participantes, la dosis y momento de la suplementación, el tipo de suplemento, el tipo de esfuerzo realizado, las variables de rendimiento evaluadas y los resultados obtenidos, incluyendo el valor de significación estadística. El % de mejora para el suplemento se calculó mediante la ecuación:  $(\text{valor con el suplemento} - \text{valor con el placebo}) / \text{valor con el placebo} \times 100$ .

### 3.4. Análisis de calidad metodológica

Se realizó un análisis de calidad metodológica de acuerdo a la escala PEDro, que permite valorar la validez interna de los estudios. En cada estudio, se evaluó el cumplimiento de los 11 ítems de la escala, sumando un punto por cada criterio que se cumpliera. Si tras la lectura del estudio alguno de los criterios no se cumplía, no se ponderaba (35). Una suma total de  $< 4$  implica una pobre calidad metodológica, 4-5 una calidad justa, 6-8 buena y 9-10 excelente. La máxima puntuación es 10 y no 11 porque el ítem 1 hace referencia a la calidad metodológica externa, no interna (36).



## 4. Resultados

### 4.1. Selección de estudios

De los 954 estudios identificados en la primera búsqueda, 499 correspondían a la base de datos de PubMed, 407 a la de Scopus y 48 a la de DOAJ. Una vez eliminados los duplicados (n=313), quedaron 641 estudios. Tras analizar los títulos y resúmenes de estos, se descartaron 489 estudios, 101 por ser anteriores a octubre de 2015, 300 por no estar relacionados con la temática, 87 por tipo de documento y 1 por estar escrito en un idioma diferente al castellano o al inglés. Después de este primer cribado, quedaron 152 registros de texto completo, que fueron evaluados para su elegibilidad. Solo cumplieron estos criterios 12 estudios, y el resto (n= 140) fueron descartados: 4 por ser estudios en animales o in vitro, 19 por no basarse en la suplementación con  $\text{NO}_3^-$ , 99 por no valorar esfuerzos explosivos o por no tener como objetivo principal su valoración, 16 por no evaluar a sujetos adultos sanos y 2 por no tener grupo control (Figura 2).

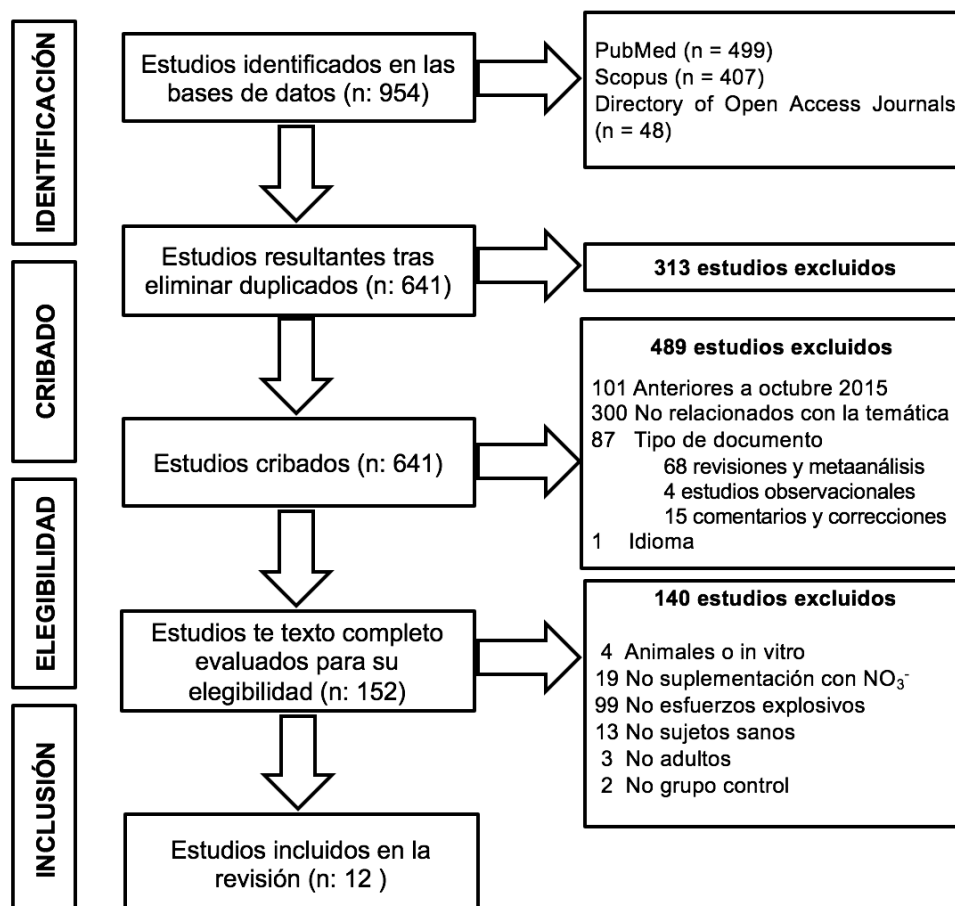


Figura 2. Proceso de selección de los artículos.

## 4.2. Características de los estudios

Los 12 estudios seleccionados para esta revisión incluyeron a 160 participantes, de los cuales solo 15 eran mujeres, y 145 hombres. Todos los participantes eran adultos sanos físicamente activos. En este sentido, 51 tenían experiencia en deportes de equipo (37–40), 43 eran activos de forma recreacional (41–43), 13 de forma competitiva (44), 12 practicaban CrossFit (45), 18 estaban habituados a realizar actividad física de intensidad moderada-vigorosa (46) y 23 de fuerza (29,47).

En 6 estudios se valoró la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos explosivos de fuerza (29,42,43,45–47), y en otros 6 en esfuerzos explosivos tipo sprint (37–41,44), en los que todos analizaron los *sprints* en cicloergómetro (38–41,44), a excepción de una investigación (37), que analizó la capacidad de sprint mediante la velocidad de carrera.

La fuente de  $\text{NO}_3^-$  fue el zumo de remolacha en todos los estudios, salvo en el de Kramer et al. (45) en el que se emplearon sales de nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3^-$ ). Todas las investigaciones analizaron el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  con respecto a una suplementación con placebo, a excepción de la investigación llevada a cabo por Buck et al. (37) que analizó, además del efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  el efecto de la suplementación con fosfato de sodio (PS), así como la co-ingesta de ambos suplementos.

Se utilizaron tanto protocolos agudos de suplementación (29,40,41,44,46,47) como crónicos (37–39,42,43,45). En los agudos, las dosis de  $\text{NO}_3^-$  administradas fueron de los 6,2 mmol (41) a los 12,9 mmol (40,46), ingeridos 2-3 h antes de la prueba. En los protocolos crónicos, las dosis de  $\text{NO}_3^-$  también variaban, de 6 mmol (37) a 15,8 mmol (43), con dosis de carga de 3 (38), a 7 días (38,42). En el estudio en el que se evaluó el PS junto al  $\text{NO}_3^-$ , la suplementación con PS fue ajustada a la masa corporal, aportando una dosis de 50 mg de por kg de masa magra, siendo esta ingerida durante 6 días consecutivos, 3 h antes del esfuerzo.

En cuanto a los patrones dietéticos, únicamente en 4 estudios (29,41,45,46) se especificó a los participantes que debían seguir una dieta sin  $\text{NO}_3^-$  en el periodo que duraban los test experimentales, mientras que en 6 estudios (37–39,42,43,47) se les indicó que debían seguir su dieta habitual, independientemente del contenido en  $\text{NO}_3^-$  de esta. En el estudio de Rimer et al. (44) no se hace alusión a estos factores, y en el de Kent et al. (40) los participantes recibían una dieta preparada por los investigadores.

Como se ha mencionado previamente, los test empleados para valorar el rendimiento deportivo fueron *sprints* y ejercicios de fuerza. En el estudio de Buck et al. (37) se realizaron *sprints* en un gimnasio (corriendo), en una prueba de simulación de deportes de equipo. El resto de protocolos de *sprints* fueron en cicloergómetro (38–41,44). De estos últimos, en el estudio de Thompson et al. (38) se realizaron patrones de ejercicio propios de deportes de equipo, en el de Smith et al. (41) se empleó una condición experimental en condiciones de elevada humedad y temperatura, y en el de Kent et al. (41) en condiciones de hipoxia. Al tratarse de esfuerzos explosivos, todos los esfuerzos duraban < 6 s, con un periodo de recuperación de entre 24 s (41) y 2 minutos (44).

En lo que a los protocolos de fuerza respecta, Rodríguez-Fernández et al. (46) emplearon para la valoración del rendimiento un ejercicio de sentadillas, mientras que Williams et al. (47) seleccionaron el ejercicio de prees de banca. Por su parte, Ranchal et al. (29) incluyeron ejercicios de sentadillas y press de banca. Además, en esta última investigación (29), a excepción de las dos anteriores (46,47) se incluyó una pausa de 1-1,5 s entre repeticiones. Por otro lado, Kramer et al. Jonvik et al. y Tillin et al. realizaron test con contracciones isométricas (42,45) e isocinéticas (42,43,45), tanto en flexión (43,45) como en extensión (42,43,45) de rodillas. Asimismo, Tillin et al. (42) también valoraron el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en contracciones tetánicas evocadas bajo electroestimulación, y Jonvik et al. (43) en saltos contramovimiento. Los periodos de recuperación fueron de 60 s (42,43,45) y 3 minutos (46,47) en todos los estudios.

Finalmente, las variables que se midieron fueron el tiempo total de *sprints* (37), la potencia máxima ( $P_{\text{MÁX}}$ ) (29,39–41,43,44,46), la cadencia máxima óptima de pedaleo ( $\text{CADM}_{\text{OPT}}$ ) (44), la potencia media ( $P_{\text{MED}}$ ) (39–41,46,47), el trabajo total (38,40,41), la velocidad máxima ( $V_{\text{MÁX}}$ ) (29), la fuerza máxima ( $F_{\text{MÁX}}$ ), (42,43), la fuerza tetánica máxima ( $\text{FT}_{\text{MÁX}}$ ) (42), la velocidad media ( $V_{\text{MED}}$ ) (47), el torque máximo ( $T_{\text{MÁX}}$ ) (45), la altura en saltos contramovimiento y la fuerza de reacción del suelo ( $F_{\text{RS}}$ ) (43).

### 4.3. [Resultados de los estudios](#)

#### 4.3.1. [Esfuerzos explosivos tipo \*sprint\*](#)

Como puede verse en la tabla 2, de los 6 estudios que han valorado la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos de tipo *sprint* solo se han visto mejoras significativas en algunos de ellos. Rimer et al. (44) valoraron la  $P_{\text{MÁX}}$  y la  $\text{CADM}_{\text{OPT}}$  de pedaleo en un test en cicloergómetro isoinercial, y vieron que la  $P_{\text{MÁX}}$  aumentaba tanto en la condición experimental ( $6.0 \pm 2.6 \%$ ) como en la control ( $2.0 \pm 3.8 \%$ ), pero este incremento fue significativamente mayor en el grupo experimental. Del mismo modo, la  $\text{CADM}_{\text{OPT}}$  también aumentó, pero solo en el grupo que se había suplementado ( $6.5 \pm 11.4 \%$ ).

Los estudios de Thompson et al. (38) y Wylie et al. (39) también vieron mejoras significativas en el rendimiento tras la suplementación con zumo de remolacha. En el primero, el trabajo total incrementó un 3,5 %, en un test de simulación de deportes de equipo en cicloergómetro y en el segundo, la  $P_{\text{MED}}$  aumentó un 5,38 %, también en un test de *sprints* en cicloergómetro. La  $P_{\text{MÁX}}$  también mejoró, pero no de forma significativa.

Por otro lado, Buck et al. (37) y Kent et al. (40) no vieron mejoras significativas tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  cuando se evaluaron el tiempo total de *sprints*, en el primero, y la  $P_{\text{MÁX}}$ , la  $P_{\text{MED}}$  y el trabajo total, en el segundo. Smith et al. también valoraron la  $P_{\text{MÁX}}$ , la  $P_{\text{MED}}$  y el trabajo total y tampoco reportaron cambios. Sin embargo, hubo una tendencia a ser estadísticamente significativa la disminución de la  $P_{\text{MÁX}}$  (6 %), tras la suplementación con zumo de remolacha, en condiciones de temperatura elevada.

#### 4.3.2. [Esfuerzos explosivos de fuerza](#)

En los estudios que emplearon ejercicios de fuerza, dos reportaron cambios significativos en el rendimiento deportivo a favor de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  (véase tabla 3). Rodríguez et al. (46) vieron una mejora tanto de la  $P_{\text{MÁX}}$  (~14-20 %) como de la  $P_{\text{MED}}$  (~17-19 %) en series de media sentadilla con un dispositivo inercial. Williams et al. (47), en un protocolo de press de banca, también observaron un incremento de estas dos variables, del 19,5 % y 6,4 %, respectivamente. Por su parte, Ranchal et al. (29), no pudieron concluir lo mismo, y los cambios que vieron en la  $P_{\text{MÁX}}$  y en la  $P_{\text{MED}}$  en sentadillas y press de banca no fueron significativos.

Kramer et al. (45) y Jonvik et al. (43) no vieron mejoras significativas en la fuerza isométrica e isocinética tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en ninguna de las variables analizadas después de realizar flexiones y extensiones de rodilla a distintos grados y velocidades. Asimismo, Jonvik et al. (43) no vieron diferencias en la  $F_{\text{RS}}$  ni en la altura de los saltos contramovimiento entre las condiciones experimentales.

Finalmente, Tillin et al. (42) tampoco pudieron asociar la suplementación con zumo de remolacha con un incremento de la  $FT_{MÁX}$  y de la  $F_{MÁX}$ , ni en el test de estimulación eléctrica, ni en el de máximas contracciones voluntarias.

**Tabla 2.** Resumen de los estudios que valoran el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos explosivos tipo sprint

Referencia	Participantes	Protocolo de suplementación	Protocolo de ejercicio	Variables	Resultados
Buck et al. (37)	Mujeres deportistas de deportes de equipo entrenadas (n=13)	CE1: 6 mmol $\text{NO}_3^-$ ZR 3h antes (6 días) CE2: CE1 + 50 mg/kg de masa libre de grasa PS 3h antes (6 días) CE3: PLA	Antes, durante y después de test de 60 min simulación deportes de equipo: 6 x 20 m <i>sprints</i> . Recuperación: 25 s	Tiempo total de <i>sprints</i>	Tiempo total <i>sprints</i> (CE1 vs CE3): $\downarrow$ ~0,18 % (69,84 $\pm$ 4,94 vs 69,97 $\pm$ 4,17s; p>0,05) Tiempo total <i>sprints</i> (CE2 vs CE3): $\downarrow$ ~1,53 % (68,91 $\pm$ 5,14 vs 69,97 $\pm$ 4,17s; p>0,05) Tiempo total <i>sprints</i> (CE1 vs CE2): $\uparrow$ ~1,34 % (69,84 $\pm$ 4,94 vs 68,91 $\pm$ 5,14s; p>0,05)
Rimer et al. (44)	Hombres (n=11) y mujeres (n=2) deportistas entrenados (n=13)	CE1: 11,2 mmol $\text{NO}_3^-$ ZR ~ 2,5 h antes CE2: PLA	Pre y post 2,5 h de suplementación: 4 x 3-4 s <i>sprints</i> en cicloergómetro isoinercial. Recuperación: 2 min	$P_{\text{MÁX}}$ $\text{CAD}_{\text{OPT}}$	$P_{\text{MÁX}}$ : * CE1 $\uparrow$ 6 $\pm$ 2,6 % y CE2 $\uparrow$ 2 $\pm$ 3,8 %. Diferencias entre CE1 y CE2 (p=0,014) $\text{CAD}_{\text{opt máx}}$ : $\uparrow$ CE1* (6,5 $\pm$ 11,4 %; p<0,05) y $\downarrow$ CE2 (0.3 % $\pm$ 4.1 %; p>0,05). Diferencias entre CE1 y CE2 (p=0,049)
Smith et al. (41)	Hombres deportistas entrenados (n=12)	CE1: 6,2 mmol $\text{NO}_3^-$ ZR 3h antes CE2: PLA	En $T_{\text{AMB}}$ (22,5°C) y $T_{\text{ELEV}}$ (30°C): 20 x 6 s <i>sprints</i> en cicloergómetro. Recuperación: 114 s	$P_{\text{MÁX}}$ $P_{\text{MED}}$ Trabajo total	$P_{\text{MÁX}}$ ( $T_{\text{ELEV}}$ ): $\downarrow$ ~6 % (659 $\pm$ 100 vs 683 $\pm$ 139 W; p=0,056) $P_{\text{MED}}$ ( $T_{\text{AMB}}$ ): $\downarrow$ ~1,6 % (562 $\pm$ 120 vs 571 $\pm$ 124 W; p=0,433) $P_{\text{MED}}$ ( $T_{\text{ELEV}}$ ): $\downarrow$ ~5,89 % (543 $\pm$ 29 vs 575 $\pm$ 39 W; p=0,081) Trabajo total ( $T_{\text{AMB}}$ ): $\downarrow$ ~1,51 % (67,44 $\pm$ 14,39 vs 68,46 $\pm$ 15,07 kJ; p= 0,447) Trabajo total ( $T_{\text{ELEV}}$ ): $\downarrow$ ~5,55 % (66,07 $\pm$ 10,84 vs 69,74 $\pm$ 15,13 kJ; p=0,101)

Thompson et al. (38)	Hombres deportistas de deportes de equipo entrenados (n=16)	CE1: 12,8 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ZR 2,5h antes (7 días) CE2: PLA	2 x 40 min [(10 x 6 s <i>sprints</i> . Recuperación: 100 s 35 % VO <sub>2</sub> máx + 14 s pasivos) + 5 x 4 s <i>sprints</i> . Recuperación: 16 s 35 % VO <sub>2</sub> máx + (10 x 6 s <i>sprints</i> . Recuperación: 100 s 35 % VO <sub>2</sub> máx + 14 s pasivos)] en cicloergómetro. Recuperación: 15 min	Trabajo total	Trabajo total*: ↑ ~3,5 % (123 ± 19 vs 119 ± 17 kJ; p<0,05)
Wylie et al. (39)	Hombres deportistas de deportes de equipo entrenados (n=10)	CE1: ~ 8,2 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ZR 2,5 h antes (3-5 días) Dosis extra (4,1 mmol) 3h después CE2: PLA	24 x 6 s <i>sprints</i> en cicloergómetro. Recuperación: 24 s	P <sub>MÁX</sub> P <sub>MED</sub>	P <sub>MÁX</sub> : ↑ ~1,27 % (792 ± 159 vs 782 ± 154 W; p>0,05) P <sub>MED</sub> : ↑ ~5,38 % (568 ± 136 vs 539 ± 136 W; p<0,05)
Kent et al. (40)	Hombres deportistas de deportes de equipo entrenados (n=12)	CE1: 12,9 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ZR 2h antes (~3200 m) CE2: PLA (~3200 m) CE3: PLA (~300 m)	4 x (9 x 4 s <i>sprints</i> . Recuperación: 16 s activos + 6 s pasivos). Recuperación: 3 min	P <sub>MÁX</sub> P <sub>MED</sub> Trabajo total	P <sub>MÁX</sub> (CE1 vs CE2): ↓ ~1,52 % (1163,25 vs 1181; p>0,05) P <sub>MÁX</sub> (CE3 vs CE2): ↑ ~0,5 % (1187 vs 1181 W; p>0,05) P <sub>MED</sub> (CE1 vs CE2): ↓ ~0,18 % (797,25 vs 798,75 W; p>0,05) P <sub>MED</sub> (CE3 vs CE2): ↑ ~4,06 % (831,25 vs 798,75 W; p>0,05) Trabajo total (CE1 vs CE2): ↓ ~0,1 % (28,94 vs 28,97 W; p>0,05) Trabajo total (CE3 vs CE2): ↑ ~3,88 % (30,09 vs 28,97 W; p>0,05)

\*: diferencias estadísticamente significativas; °: tendencia a ser estadísticamente significativo; CADM<sub>OPT</sub>: cadencia máxima óptima de pedaleo; CE: condición experimental; HIP: hipoxia; n: tamaño muestral; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrato; PLA: placebo; P<sub>MÁX</sub>: potencia máxima; P<sub>MED</sub>: potencia media; PS: fosfato de sodio; T<sub>AMB</sub>: temperatura ambiente; T<sub>ELEV</sub>: temperatura elevada; VO<sub>2</sub>máx: consumo de oxígeno; ZR: zumo de remolacha.

**Tabla 3.** Resumen de los estudios que valoran el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos explosivos de fuerza.

Referencia	Participantes	Protocolo de suplementación	Protocolo de ejercicio	Variables	Resultados
Ranchal-Sánchez et al. (29)	Hombres deportistas de fuerza entrenados (n=12)	CE1: 6,4 mmol $\text{NO}_3^-$ ZR 2h antes CE2: placebo	2 x sentadilla concéntrica y press de banca a 60 %, 70 % y 80 % 1RM	$P_{\text{MÁX}}$ $V_{\text{MÁX}}$	<p><math>P_{\text{MÁX}}</math> (60 % 1RM) sentadilla: ↓ ~1,83 % (389 ± 117 vs 382 ± 111 W; p=0,538)</p> <p><math>P_{\text{MÁX}}</math> (70 % 1RM) sentadilla: ↓ ~0,5 % (393 ± 116 vs 395 ± 107 W; p=0,816)</p> <p><math>P_{\text{MÁX}}</math> (80 % 1RM) sentadilla: ↓ ~0,26 % (377 ± 108 vs 378 ± 96 W; p=0,961)</p> <p><math>P_{\text{MÁX}}</math> (60 % 1RM) press de banca: ↓ ~1,03 % (289 ± 88 vs 292 ± 94 W; p=0,777)</p> <p><math>P_{\text{MÁX}}</math> (70 % 1RM) press de banca: ↑ ~1,68 % (242 ± 81 vs 238 ± 81 W; p=0,690)</p> <p><math>P_{\text{MÁX}}</math> (80 % 1RM) press de banca: ↓ ~8,52 % (176 ± 66 vs 191 ± 55 W; p=0,257)</p> <p><math>V_{\text{MÁX}}</math> (60 % 1RM) sentadilla: ↑ ~1,75 % (0,697 ± 0,09 vs 0,685 ± 0,094 m/s; p=0,590)</p> <p><math>V_{\text{MÁX}}</math> (70 % 1RM) sentadilla: ↓ ~ 0,99 % (0,605 ± 0,083 vs 0,611 ± 0,076 m/s; p=0,727)</p> <p><math>V_{\text{MÁX}}</math> (80 % 1RM) sentadilla: ↑ ~0,19 % (0,513 ± 0,085 vs 0,512 ± 0,056 m/s; p=0,971)</p> <p><math>V_{\text{MÁX}}</math> (60 % 1RM) press de banca: ↓ ~0,49 % (0,609 ± 0,08 vs 0,612 ± 0,082 m/s; p=0,894)</p> <p><math>V_{\text{MÁX}}</math> (70 % 1RM) press de banca: ↑ ~0,46 % (0,433 ± 0,058 vs 0,431 ± 0,083 m/s; p=0,896)</p>



Rodríguez-Fernández et al. (46)	Hombres deportistas entrenados (n=18)	CE1: ~12,9 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ZR 2,5 h antes CE2: PLA	4 x 8 media sentadilla en dispositivo inercial (0,025, 0,05 y 0,100 kg/m <sup>2</sup> ). Recuperación: 3 min	P <sub>MÁX</sub> P <sub>MED</sub>	V <sub>MÁX</sub> (80% 1RM) press de banca: ↓ ~11,27% (0,275 ± 0,053 vs 0,306 ± 0,052 m/s; p=0,135)  P <sub>MÁX CON*</sub> (0,025 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~ 16,37 % (1251 ± 249 vs 1075 ± 205 W; p<0,001) P <sub>MÁX EXC*</sub> (0,025 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~18,90 % (1195 ± 265 vs 1005 ± 176 W; p<0,001) P <sub>MÁX CON*</sub> (0,050 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~15,31 % (1182 ± 226 vs 1025 ± 181 W; p<0,001) P <sub>MÁX EXC*</sub> (0,050 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~12,95 % (1168 ± 261 vs 1034 ± 172 W; p<0,001) P <sub>MÁX CON*</sub> (0,075 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~20,81 % (1132 ± 239 vs 937 ± 158 W; p<0,001) P <sub>MÁX EXC*</sub> (0,075 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~19,74 % (1201 ± 261 vs 1003 ± 187 W; p<0,001) P <sub>MÁX CON*</sub> (0,100 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~18,44 % (1008 ± 197 vs 851 ± 161 W; p<0,001) P <sub>MÁX EXC*</sub> (0,100 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~12,04 % (1070 ± 230 vs 955 ± 191 W; p<0,001) P <sub>MED CON*</sub> (0,025 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~16,45 % (750 ± 173 vs 644 ± 153 W; p<0,001) P <sub>MED EXC*</sub> (0,025 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~19,58 % (684 ± 154 vs 572 ± 131 W; p<0,001) P <sub>MED CON*</sub> (0,050 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~18,56 % (709 ± 146 vs 598 ± 140 W; p<0,001) P <sub>MED EXC*</sub> (0,050 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~17,83 % (687 ± 150 vs 583 ± 162 W; p<0,001) P <sub>MED CON*</sub> (0,075 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~21,96 % (672 ± 157 vs 551 ± 120 W; p<0,001) P <sub>MED EXC*</sub> (0,075 kg/m <sup>2</sup> ): ↑ ~22,24 % (709 ± 177 vs 580 ± 145 W; p<0,001)
---------------------------------	---------------------------------------	--	---	--------------------------------------	--

					<p><math>P_{MED\ CON}^*</math> (0,100 kg/m<sup>2</sup>): <math>\uparrow</math> ~21,7 % (600 <math>\pm</math> 127 vs 493 <math>\pm</math> 120 W; p&lt;0,001)</p> <p><math>P_{MED\ EXC}^*</math> (0,0100kg/m<sup>2</sup>): <math>\uparrow</math> ~13,88 % (615 <math>\pm</math> 150 vs 540 <math>\pm</math> 139 W; p&lt;0,001)</p>
Tillin et al. (42)	Hombres deportistas entrenados (n=17)	CE1: ~12,9 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> zumo de remolacha 2,5h antes (7 días) CE2: PLA	10 x MCVI extensión de rodilla. Recuperación: 60 s  2 x (4 contracciones tetánicas en extensión de rodilla de 1 s a 10, 20, 50 y 100 Hz. Recuperación: 2 s). Recuperación: 2 s	F <sub>MÁX</sub> FT <sub>MÁX</sub>	<p>F<sub>MÁX</sub> (MCVI): <math>\uparrow</math> 0,27 % (741 <math>\pm</math> 136 vs 739 <math>\pm</math> 135 N; p=0,887)</p> <p>FT<sub>MÁX</sub> (10 Hz, %100 Hz): <math>\downarrow</math> 2 % (39,2 <math>\pm</math> 8,1 vs 40 <math>\pm</math> 8,5 %; p&gt;0,05)</p> <p>FT<sub>MÁX</sub> (20 Hz, %100 Hz): <math>\downarrow</math> 0,6 % (66,4 <math>\pm</math> 5,4 vs 66,8 <math>\pm</math> 5,6 %; p&gt;0,05)</p> <p>FT<sub>MÁX</sub> (50 Hz, %100 Hz): <math>\uparrow</math> 0,55 % (90,9 <math>\pm</math> 3,8 vs 90,4 <math>\pm</math> 4,3 %; p&gt;0,05)</p> <p>FT<sub>MÁX</sub> (100 Hz, %FVM): <math>\downarrow</math> 2,17 % (46 <math>\pm</math> 3 vs 47 <math>\pm</math> 4 %; p=0,176)</p>
Williams et al. (47)	Hombres deportistas de deportes de fuerza entrenados (n=11)	CE1: ~6,45 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ZR 2h antes CE2: PLA	Press de banca: 2 x 2 al 70% 1RM. Recuperación: 3 min	P <sub>MED</sub> V <sub>MED</sub>	<p>P<sub>MED</sub><sup>*</sup>: <math>\uparrow</math> ~19,52 % (607,36 <math>\pm</math> 112,28 vs 508,14 <math>\pm</math> 117,55 W; p&lt;0,05)</p> <p>V<sub>MED</sub><sup>*</sup>: <math>\uparrow</math> ~6,45 % (0,66 <math>\pm</math> 0,08 vs 0,62 <math>\pm</math> 0,08 m/s; p&lt;0,05)</p>
Kramer et al. (45)	Hombres deportistas de CrossFit entrenados (n=12)	CE1: 8 mmol KNO <sub>3</sub> ZR $\geq$ 24h antes (6 días) CE2: PLA	2 x (5 contracciones isométricas en extensión y flexión de rodillas con 60° de flexión. Recuperación 5 s). Recuperación: 60 s 2 x 5 contracciones isocinéticas de extensión y flexión de rodilla a 60°/s y 180°/s. Recuperación: 60 s	T <sub>MÁX</sub>	<p>T<sub>MÁX</sub> (extensión isométrica): CE1 <math>\uparrow</math> 10,19 % (186,29 <math>\pm</math> 48,67 vs 169,06 <math>\pm</math> 36,63 N) y CE2 <math>\uparrow</math> 6,11 % (184,8 <math>\pm</math> 43,41 vs 174,15 <math>\pm</math> 27,59 N). Sin diferencias entre CE1 y CE2 (p&gt;0,05)</p> <p>T<sub>MÁX</sub> (flexión isométrica): CE1 <math>\uparrow</math> 1,82 % (118,95 <math>\pm</math> 26,51 vs 116,82 <math>\pm</math> 21,35 N) y CE2 <math>\uparrow</math> 4,76 % (125,53 <math>\pm</math> 19,66 vs 119,83 <math>\pm</math> 16,62 N). Sin diferencias entre CE1 y CE2 (p&gt;0,05)</p>

Jonvik et al. (43)	Hombres deportistas entrenados (n=14)	CE1: ~15,8 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ZR 3h antes (6 días) CE2: PLA	5 x CMJ. Recuperación: 60 s. 5 contracciones isocinéticas de extensión y flexión de rodilla a 60°/s, 120 °/s, 180°/s y 300 °/s. 3 x 4 s MCVI extensión de rodilla con 30° y 60° de flexión. Recuperación: 60 s	P <sub>MÁX</sub> F <sub>MÁX</sub> Altura salto F <sub>RS</sub>	<p>T<sub>MÁX</sub> (extensión a 60°/s): CE1 ↓ 4,08 % (167,76 ± 50,14 vs 174,61 ± 41,03 N) y CE2 ↓ 2,65 % (179,31 ± 44,09 vs 184,07 ± 48,53 N). Sin diferencias entre CE1 y CE2 (p&gt;0,05)</p> <p>T<sub>MÁX</sub> (flexión a 60°/s): CE1 ↓ 1,5 % (102,19 ± 26,41 vs 103,73 ± 21,32 N) y CE2 ↓ 2,71% (103,59 ± 25,12 vs 106,4 ± 24,54 N). Sin diferencias entre CE1 y CE2 (p&gt;0,05)</p> <p>T<sub>MÁX</sub> (extensión a 180°/s): CE1 ↑ 6,54 % (128,21 ± 31,95 vs 120,33 ± 35,98 N) y CE2 ↑ 2,61 % (123,28 ± 35,31 vs 120,14 ± 42,32 N). Sin diferencias entre CE1 y CE2 (p&gt;0,05)</p> <p>T<sub>MÁX</sub> (flexión a 180°/s): CE1 ↑ 0,41 % (79,68 ± 16 vs 79,35 ± 14,17 N) y CE2 ↑ 0,76 % (76,23 ± 20,43 vs 75,65 ± 27,59 N). Sin diferencias entre CE1 y CE2 (p&gt;0,05)</p> <p>P<sub>MÁX</sub> (extensión a 60°/s): ↑ ~0,91 % (220 ± 45 vs 218 ± 40 W; p=0,69)</p> <p>P<sub>MÁX</sub> (extensión a 120°/s): ↑ ~1,29 % (392 ± 74 vs 387 ± 62 W; p=0,49)</p> <p>P<sub>MÁX</sub> (extensión a 180°/s): ↑ ~2,66 % (500 ± 86 vs 487 ± 67 W; p=0,33)</p> <p>P<sub>MÁX</sub> (extensión a 300°/s): ↑ ~1,83 % (554 ± 102 vs 544 ± 81 W; p=0,5)</p> <p>P<sub>MÁX</sub>* (flexión a 60°/s): ↑ ~2,02 % (151 vs 148 W; p=0,001)</p> <p>P<sub>MÁX</sub> (flexión a 120°/s): ↑ ~1,29 % (392 ± 74 vs 387 ± 62 W; p=0,24)</p>
-----------------------	--	--	--	---	---

$P_{MÁX}$  (flexión 180°/s): ↑ ~2,89 % (391 ± 57 vs 380 ± 58 W; p=0,066)

$P_{MÁX}$  (flexión 300°/s): ↑ ~1,64 % (493 ± 73 vs 485 ± 81 W; p=0,36)

$F_{MÁX}$  (flexión de 30°): ↑ ~2 % (204 ± 39 vs 200 ± 37 Nm; p=0,5)

$F_{MÁX}$  (flexión de 60°): ↑ ~0,35 % (286 ± 43 vs 285 ± 47 Nm; p=0,9)

Altura saltos: ↓ ~0,76 % (39,3 ± 6,3 vs 39,6 ± 6,3 cm; p=0,39)

$F_{RS}$ : ↓ ~0,49 % (3,040 vs 3,055 N; p=0,57)

---

\*: diferencias estadísticamente significativas; CE: condición experimental; CMJ: *countermovement jumps* (saltos contramovimiento);  $F_{MÁX}$ : fuerza máxima;  $F_{RS}$ : fuerza de reacción del suelo;  $FT_{MÁX}$ : fuerza tetánica máxima; MCVI: máxima contracción voluntaria isométrica; n: tamaño muestral;  $NO_3^-$ : nitrato; PLA: placebo;  $P_{MÁX}$ : potencia máxima;  $P_{MÁX CON}$ : potencia máxima concéntrica;  $P_{MÁX EXC}$ : potencia máxima excéntrica;  $P_{MED}$ : potencia media;  $P_{MED CON}$ : potencia media concéntrica;  $P_{MED EXC}$ : potencia media excéntrica; RM: repetición máxima;  $T_{MÁX}$ : torque máximo;  $T_{MED}$ : torque medio;  $V_{MÁX}$ : velocidad máxima;  $V_{MED}$ : velocidad media; ZR: zumo de remolacha.

#### 4.4. Análisis de calidad metodológica de los estudios

11 estudios presentan una calidad metodológica “excelente” (29,37,47,38,39,41–46), 3 de ellos con 9 puntos (38,39,46) y 8 con 10 puntos (29,37,41–45,47). Un estudio ha puntuado 7 (40), indicando una “buena” calidad. El análisis de la calidad metodológica de los 12 estudios indica una validez interna muy elevada, siendo la calificación media de los estudios incluidos en la revisión sistemática de 9,5 puntos, lo que indica una calidad general “excelente”.

**Tabla 4.** Análisis de la calidad metodológica de los artículos incluidos en la revisión. Se suma un punto por cada “Sí”. El ítem 1 no puntúa, por lo que la puntuación máxima es 10.

Cita	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9	Ítem 10	Ítem 11	Calificación
Buck et al. (37)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Rimer et al. (44)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Smith et al. (41)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Thompson et al. (38)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	9
Wylie et al. (39)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	9
Kent et al. (40)	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7
Ranchal-Sánchez et al. (29)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Rodríguez-Fernández et al. (46)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	9
Tillin et al. (42)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Williams et al. (47)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Kramer et al. (45)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10
Jonvik et al. (43)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	10

## 5. Discusión

### 5.1. Esfuerzos explosivos tipo *sprint*

De los 12 estudios analizados en esta revisión, 6 valoraron el efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos tipo *sprint*. Rimer et al. (44), Smith et al. (41) y Kent et al. (40) usaron un protocolo de suplementación agudo, y Buck et al. (37), Thompson et al. (38) y Wylie et al. (39), crónico.

En una investigación que valoró el efecto de la suplementación aguda con  $\text{NO}_3^-$  (11,2 mmol) Rimer et al. (44), administraron a los participantes un suplemento a base de zumo de remolacha tras haber realizado un test consistente en 4 sprints de 3-4 s en cicloergómetro, separados por 2 minutos de recuperación entre cada uno. Posteriormente, 2,5 h después, repitieron el test una segunda vez, de forma que pudieran valorar los cambios en el rendimiento antes (“pre”) y después (“post”) de la suplementación. En dicho estudio se comprobó cómo tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  hubo una mejora del 6 % de la  $P_{\text{MÁX}}$  y del 2 % de la  $\text{CADM}_{\text{OPT}}$ , ambas estadísticamente significativas. La mejora de la  $P_{\text{MÁX}}$  puede explicarse por el aumento de la  $\text{CADM}_{\text{OPT}}$ , ya que la potencia depende de la fuerza y de la velocidad (44), y hay evidencia que sostiene que el NO aumenta de forma indirecta la velocidad de contracción muscular, a través de la guanosin monofosfato cíclico (GMPc) (48), lo que podría traducirse en un aumento de la  $\text{CADM}_{\text{OPT}}$ .

El aumento de la  $P_{\text{MÁX}}$ , aunque en menor medida, también se dio en la condición de placebo, y esto podría estar justificado por los ritmos circadianos. La potencia muscular varía a lo largo del día, elevándose 0,7 %/h (49). En este caso, el test “pre” suplementación se realizó a las 07:00 am y el test “post” a las 09:30 am, lo que podría explicar este efecto. Por consiguiente, esto también implicaría que el incremento del 6% de la  $P_{\text{MÁX}}$  observado en el grupo experimental no sería causado por la suplementación en su totalidad, sino que parte del efecto estaría asociado a la variabilidad circadiana (44).

Estos resultados contradicen a los que obtuvieron Kent et al. (40) y Smith et al. (41), en los que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  no mejoró el rendimiento en ninguna de las variables analizadas. Kent et al. (40) realizaron un test de 4 series de 9 x 4 s de sprints en condiciones de hipoxia y normoxia, con 22 s de recuperación entre sprints y 3 minutos entre series. La dosis de suplementación fue de 12,9 mmol, similar a la de Rimer et al.

(11,2 mmol) (44). No obstante, el número de sprints fue más elevado y el periodo de recuperación entre estos más corto que los del grupo de Rimer.

En este sentido, uno de los factores que podría explicar la ausencia de resultados que observaron Kent et al, es el periodo de recuperación, que es posible que fuese demasiado corto (22 s). El NO, tras haber sido sintetizado a partir de la reducción del  $\text{NO}_3^-$ , puede incrementar la potencia muscular gracias a su efecto vasodilatatorio sobre las fibras musculares tipo II (50), cuyo reclutamiento predomina en este tipo de esfuerzos. Esto incrementa el suministro de oxígeno al músculo, permitiendo una más rápida resíntesis de PC (30). Por ello, y dado que la resíntesis de los depósitos de PC ocurre en los intervalos de descanso (39), la duración de estos puede influir directamente en los resultados. Si son demasiado cortos, los depósitos de PC no terminarían de reponerse y, si son demasiado largos, habría suficiente tiempo para su recuperación completa, sin beneficio adicional de la suplementación. Estudios previos en hipoxia parecen indicar que, en estas condiciones, son necesarios periodos de recuperación más largos que los empleados por Kent et al. (40). En este sentido, Nybäck et al. (51). no vieron mejoras en el rendimiento de patinadores en hipoxia tras realizar 2 series de 6 minutos de ejercicio submáximo (60-75 % del  $\text{VO}_2 \text{ máx.}$ ), con un tiempo de recuperación de 1 minuto. Sin embargo, Vanhatalo et al. (52) realizaron un test en hipoxia de dos series de 24 s de extensiones de rodilla a alta intensidad, separadas por 4 minutos de recuperación, y vieron una más rápida resíntesis de PC en el grupo que se había suplementado con  $\text{NO}_3^-$  que en el grupo control (24 s vs 29 s, respectivamente). Asimismo, Kelly et al. (53) reportaron una mayor tolerancia al ejercicio de elevada intensidad hipoxia tras la suplementación con zumo de remolacha, en comparación a placebo, siendo el intervalo de recuperación de 6 minutos.

Teniendo en cuenta todo esto, es posible que parte de la ausencia mejora en el estudio de Kent et al. (40) se deba a que, debido a la condición de hipoxia, el suministro de oxígeno al músculo durante los periodos de recuperación no fuera suficiente como para garantizar una completa resíntesis de PC (40). En condiciones normales, el 50 % de las reservas pueden llenarse en 30 s, y el 100 % en 3-5 minutos (54). Sin embargo, queda por esclarecer si en condiciones de hipoxia esto puede ser insuficiente. Tal vez, si se hubiesen empleado intervalos de recuperación más largos entre sprints (>22 s) y entre series (>3 min), y/o un número de sprints más corto, las diferencias en el rendimiento hubiesen sido significativas, a favor de la suplementación.

Smith et al. (41), por su parte, realizaron un test de 20 x 6 s de sprints en condiciones de calor y humedad. La dosis de  $\text{NO}_3^-$  que emplearon fue casi la mitad de las usadas

por Rimer et al. (44) y Kent et al. (40) (6,2 mmol vs 11,2 y 12,9 mmol, respectivamente), lo que podría explicar, al menos en parte, la ausencia de diferencias entre la  $P_{MED}$  y el trabajo total entre las condiciones experimentales. Estudios previos en esfuerzos similares que valoraron la suplementación con ~5 mmol de  $NO_3^-$  de forma aguda tampoco vieron resultados favorables en comparación a la condición control (55,56).

Otra posible causa es el periodo de recuperación que, a pesar de ser similar al de Rimer et al. (44) (114 s vs 120 s), el número de sprints fue más del doble y 2-3 s más largo. Por consiguiente, un número más bajo y corto de sprints, un periodo de recuperación más largo o una dosis de suplementación más elevada podrían haber supuesto una mejora de una o de varias de las variables analizadas en este estudio (41).

La ausencia de contribución adicional del  $NO_3^-$  en el rendimiento deportivo tras su suplementación también podría estar influenciada por la temperatura elevada de este estudio, que podría afectar por diversas causas. En primer lugar, la proteína de shock térmico 90 (HSP90), estimulada cuando la temperatura corporal se eleva, induce la actividad de la NOS, disminuyendo la demanda de producción exógena de NO a partir del  $NO_3^-$  (57). En segundo lugar, aunque en este estudio no se midiera la oxigenación muscular, Kent et al. en 2018 (57), vieron que esta no aumentaba tras la suplementación con  $NO_3^-$  en condiciones de calor tras realizar un ejercicio submáximo. Si esto hubiese ocurrido en el estudio de Smith et al. (41), la recuperación de los depósitos de PC podría haberse visto atenuada. Finalmente, la suplementación con  $NO_3^-$  tampoco parece favorecer la termorregulación, ya que, aunque estimula la vasodilatación, no aumenta el riego sanguíneo cutáneo, no produciendo mejoras en la disipación del calor (58).

Las dosis de  $NO_3^-$  previas al ejercicio, así como los protocolos empleados y las variables analizadas son similares entre los estudios mencionados hasta ahora (40,41,44) y los de Buck et al. (37), Thompson et al. (38) y Wylie et al. (39). Sin embargo, en estos últimos se administraron dosis crónicas de suplementación, que van de los 3 (39) hasta los 7 (38) días de carga. En un estudio de 2013, Wylie et al. (59) vieron que la suplementación aguda era dosis-dependiente, con un mayor efecto ergogénico a 8,4 mmol que a 4,2 mmol, aunque sin diferencias significativas entre 8,4 mmol y 16,8 mmol, y que dicho efecto depende de la capacidad de incrementar las concentraciones de  $NO_3^-$ . Estudios previos indican que el músculo esquelético tiene la capacidad de almacenar  $NO_3^-$ , tanto en roedores (60) como en humanos (61), posiblemente de forma preferente en las fibras musculares tipo II. Aunque todavía se requiere más investigación, parece que en roedores dietas altas en  $NO_3^-$  favorecen el llenado de los depósitos musculares de estos, y dietas bajas en  $NO_3^-$  los deplecionan (62), de forma



similar a lo que ocurre con el glucógeno. Por ello, una de las ventajas de la suplementación crónica podría ser un suministro más sostenido de  $\text{NO}_3^-$ , prolongando los efectos ergogénicos.

A pesar de que, como se ha mencionado, las condiciones de los test varían y que los estudios que valoran la suplementación aguda (40,41,44) tienen factores que pueden limitar el rendimiento más allá del protocolo de suplementación empleado, de forma general se puede apreciar cómo los efectos de ingesta crónica (3-7 días) de  $\text{NO}_3^-$  son más efectivos en la mejora del rendimiento. En este sentido, dos de los tres estudios de esta revisión que valoraron la suplementación crónica (Thompson et al. (38) y Wylie et al. (39)) mostraron beneficios, en comparación al único estudio (44) que los observó tras la suplementación aguda.

La investigación de Buck et al. (37) fue la que no asoció la ingesta crónica de  $\text{NO}_3^-$  con la mejora del rendimiento en sprints. Más específicamente, no vieron una disminución en el tiempo total de estos, en un test de 6 x 20 m, con 25 s de recuperación entre sprints.

Como se ha mencionado anteriormente, en condiciones normales el 50% de las reservas de PC pueden restaurarse en 30 s (54). La suplementación con  $\text{NO}_3^-$  acelera este proceso (30), pero es posible que los 25 s de recuperación empleados en este estudio no fueran suficientes. Otra posible causa de dichos resultados es la baja dosis de suplementación que usaron (6 mmol), que, a pesar de haberse administrado de forma crónica durante 6 días, podría seguir siendo baja. Asimismo, como los sprints se realizaban antes, durante y después de un test que simulaba los deportes de equipo, la fatiga residual también podría haber afectado, limitando la capacidad de ejercer la máxima potencia en los sprints (37). Otro aspecto a tener en cuenta es que todas las participantes eran mujeres, y 9 de ellas tomaban anticonceptivos orales. Actualmente se desconocen con seguridad las diferencias que podrían existir entre hombres y mujeres en lo que al efecto ergogénico del  $\text{NO}_3^-$  se refiere. Hay evidencia que apunta a que las mujeres tienen una mayor actividad en el microbioma de la cavidad bucal (63), lo que resulta en una mayor concentración plasmática de  $\text{NO}_2^-$  tras la suplementación. También parece que tienen una mayor capacidad contráctil muscular, pero, por el contrario, presentan un fenotipo más oxidativo en el músculo esquelético, lo que se traduciría en una menor reducción de  $\text{NO}_2^-$  a NO. Aunque estas diferencias son factores a tener en cuenta, no parece que se traduzcan en una diferencia significativa del rendimiento deportivo (64).

Por otro lado, cabe destacar que en este estudio también se valoró la suplementación con PS, y que hubo una tendencia a un menor tiempo de sprints en la condición experimental de  $\text{NO}_3^- + \text{PS}$ . Sin embargo, lo más factible es que esta mejora se deba esencialmente al PS y no al  $\text{NO}_3^-$ , ya que el PS de forma aislada sí produjo mejoras significativas en el tiempo total de sprints en comparación al placebo, y no ocurrió lo mismo cuando se compararon el  $\text{NO}_3^-$  y el placebo (37). El PS, por un lado, al aumentar el *pool* de fosfato en la célula, permite una mayor resíntesis de ATP y PC (65), y, por otro, actúa como tampón o *buffer* (66), que podría ser de interés en las fases más tardías de los sprints, cuando comienza a cobrar importancia la glucólisis aláctica (“anaerobia”) (37).

Los resultados de Buck et al. (37) contradicen a los de Wylie et al. (39), que usaron dosis de suplementación y periodos de recuperación similares (8,2 mmol y 24 s de recuperación vs 6 mmol y 25 s de recuperación, respectivamente), en un test en cicloergómetro que consistía en 24 x 6 s sprints. La duración y número de sprints, como se puede ver, era más larga en el estudio de Wylie, y el protocolo de carga más corto (3-5 días vs 6 días). Aun así, observaron que, tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$ , se producía un aumento del ~5 % en la  $P_{\text{MED}}$ , principalmente durante los primeros sprints, aunque sin diferencias significativas en la  $P_{\text{MAX}}$ . Esto podría indicar que los 8 mmol se acercan al límite inferior al que el  $\text{NO}_3^-$  podría ser ergogénico en este tipo de esfuerzos, o que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  sea efectiva durante las fases iniciales de un esfuerzo, y no cuando se emplea como parte de un protocolo más largo, como en sprints intercalados en un deporte de equipo.

Thompson et al. (38), por su parte, administraron a los participantes 12,8 mmol de  $\text{NO}_3^-$  tras un periodo de carga de 7 días. Posteriormente, realizaron 20 x 6 sprints, con 114 s de recuperación entre ellos. Tras finalizar el test, concluyeron que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  mejoró el trabajo total de forma significativa (~3,5 %), sobre todo en la primera mitad de este.

El protocolo de ejercicio físico empleado en este estudio recuerda al de Smith et al. (41), discutido anteriormente, que también realizaron un test de 20 x 6 s de sprints con 114 s de recuperación, en el que la suplementación aguda con 6,2 mmol de  $\text{NO}_3^-$  no mejoró la  $P_{\text{MED}}$  ni el trabajo total entre las condiciones experimentales. Estas similitudes entre los diseños experimentales de ambos estudios y las diferencias en los resultados obtenidos parecen indicar que el principal factor diferenciador entre estos es la dosis de suplementación, que posiblemente fuera muy baja en el protocolo empleado por Smith et al. (41).

## 5.2. Esfuerzos explosivos de fuerza

6 estudios valoraron la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos explosivos de fuerza; Ranchal et al. (29), Williams et al. (47) y Rodríguez-Fernández et al. (46) emplearon un protocolo agudo de suplementación y Kramer et al. (45), Jonvik et al. (43) y Tillin et al. (42), crónico.

Ranchal et al. (29), tras la suplementación aguda con 6,4 mmol de  $\text{NO}_3^-$ , realizaron un protocolo de ejercicio consistente de 3 series (al 60 %, 70 % y 80 % de 1RM) de repeticiones hasta el fallo en sentadilla y press de banca. Al analizar la  $V_{\text{MÁX}}$  y la  $P_{\text{MÁX}}$  de la fase concéntrica de las primeras dos repeticiones, no vieron diferencias significativas entre las condiciones experimentales ( $\text{NO}_3^-$  y placebo). Estos resultados no son respaldados por Williams et al. (47), que, en un protocolo de ejercicio (2 series de 2 repeticiones de press de banca al 70 % de 1 RM) y suplementación (6,45 mmol vs 6,4 mmol) similares, vieron una mejora del ~19,5 % en la  $P_{\text{MED}}$  y del ~6,5 % en la  $V_{\text{MED}}$  tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$ , en comparación a placebo. Rodríguez-Fernández et al. (46) también respaldaron estos hallazgos, ya que vieron una mejora de la  $P_{\text{MED}}$  y de la  $P_{\text{MÁX}}$  del 15-20% tras realizar 4 series de 8 repeticiones de media sentadilla, con distintas cargas inerciales. En este caso, la dosis de suplementación fue el doble de la empleada por Williams et al. (47) (12,9 mmol vs 6,45 mmol) y el periodo de recuperación entre series el mismo, de 3 minutos. Un aspecto a destacar de este estudio es que no solo se vieron mejoras en la potencia de las contracciones concéntricas, como en el caso de Williams et al. (47), sino que también de las excéntricas, en una magnitud similar.

A nivel fisiológico, varios mecanismos podrían explicar los efectos ergogénicos hallados en los estudios de Williams et al. (47) y Rodríguez-Fernández et al. (46). Dos de ellos, el aumento de la velocidad de contracción muscular y de la resíntesis de PC, se han mencionado previamente. En adición a estos efectos, también podría haberse producido un aumento de la producción de fuerza. Hernández et al. (32) mostraron, en ratones, que la suplementación crónica (7 días) con  $\text{NO}_3^-$  incrementaba la fuerza de contracción de las fibras musculares tipo II (a bajas estimulaciones eléctricas), resultado que también ha sido probado en humanos, tanto en contracciones voluntarias (67) como involuntarias (68). Parece que este efecto es debido, en parte, a una mayor liberación de calcio al retículo sarcoplasmático y a una mayor formación de puentes cruzados, procesos asociados al efecto directo del NO en la mayor expresión de proteínas como la CASQ1 y el DHPR (32). Sin embargo, Whitfield et al. (69), a pesar de haber visto un aumento de la producción de fuerza muscular (bajo electroestimulación) tras la

suplementación crónica con  $\text{NO}_3^-$ , no observaron cambios en estas proteínas, lo que induce a pensar que otros mecanismos fisiológicos están implicados en estos procesos, como el aumento de la nitrosilación del receptor de rianodina (RyR) y de la actividad de la guanilato ciclasa soluble (GCs). Estas vías también conducen a una mayor liberación de calcio al retículo sarcoplásmico y a una mayor formación de puentes cruzados (70). Es probable que en protocolos agudos de suplementación como los empleados por Williams et al. y Rodríguez-Fernández et al. (46,47), estos últimos sean los mecanismos que han derivado en un aumento de la potencia.

Las diferencias entre los resultados de estos dos estudios y el de Ranchal et al. (29), en el que la suplementación no tuvo efecto ergogénico, podrían deberse a los distintos métodos empleados para la valoración de las variables analizadas. En este sentido, y como se ha mencionado, Ranchal et al. (29) midieron la velocidad y la potencia empleando un test hasta la extenuación con 1-1,5 s de pausa entre repeticiones, lo que podría implicar que los participantes no generaran la máxima velocidad en las primeras dos repeticiones, como lo habrían hecho en un test como el de Williams et al., con dos únicas repeticiones y sin pausas entre ellas (28,47). Aun así, cabe destacar que sí se vio un aumento del número de repeticiones totales en el test hasta la extenuación, pero cuando se valoraron los ejercicios por separado, solo se vieron mejoras en la sentadilla, no en el press de banca, resultado que los autores asociaron al menor reclutamiento de unidades motoras en los músculos pequeños (del tronco superior) y a la acumulación de fatiga neuromuscular y acumulación de subproductos metabólicos (porque realizaron el test de press de banca después que las sentadillas) (29,71).

En principio, estos efectos en la fuerza y velocidad de contracción muscular, también deberían mejorar el rendimiento en test isométricos e isocinéticos voluntarios como los realizados por Kramer et al. (45) y Jonvik et al. (43). Sin embargo, los resultados no resultaron favorables en estos casos.

Kramer et al. (45) no vieron diferencias significativas tras la suplementación crónica (6 días), cuando se midió el  $T_{\text{MÁX}}$  en contracciones isocinéticas (a  $60^\circ/\text{s}$  y a  $80^\circ/\text{s}$ ) e isométricas. Varios factores pueden haber influido en estos resultados. En primer lugar, el test se realizó 24h después de haber tomado la suplementación, en comparación a todos los estudios vistos hasta ahora (29,37–41,44,46,47), en los que esta era 2-3 h previas al test. Aun así, es cierto que los efectos ergogénicos del  $\text{NO}_3^-$  podrían durar hasta 24 h tras el cese de su ingesta, que es el tiempo que se vuelven a alcanzar niveles basales de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  (72). Wylie et al. (73), por ejemplo, vieron que el  $\text{VO}_2$  se mantenía disminuido incluso 24h después haber tomado un suplemento de 6 mmol  $\text{NO}_3^-$ . Esto

podría indicar que algunas adaptaciones, como las destinadas a disminuir el  $\text{VO}_2$ , perduran más en el tiempo, y otras, como las que llevan a la generación de una mayor fuerza muscular, no.

Otro aspecto a considerar es que la suplementación fue en forma de  $\text{KNO}_3$  y no de zumo de remolacha. Esta última forma de suplementación es la más estudiada, y la limitada evidencia de la suplementación con  $\text{KNO}_3$  dificulta llegar a una conclusión. En un estudio de 1985, se realizó un test interválico de alta intensidad para comparar el efecto de la suplementación con zumo de remolacha y con  $\text{KNO}_3$ . El zumo de remolacha mejoró en mayor grado el  $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$  y el tiempo hasta la extenuación, además de reducir más la acumulación de lactato muscular, en comparación al  $\text{KNO}_3$ . Sin embargo, no hubo diferencias en la tasa de resíntesis de PC muscular (74), por lo que es necesaria más investigación que permita dilucidar el efecto de la suplementación con  $\text{KNO}_3$  en el rendimiento deportivo, en comparación al zumo de remolacha.

En lo que a las contracciones isocinéticas voluntarias respecta, es posible que fuesen necesarias velocidades mayores para verse mejoras en el  $T_{\text{MÁX}}$ , ya que las fibras musculares tipo II se reclutan principalmente a elevadas velocidades angulares (75). Coggan et al. en dos estudios previos (76,77), por ejemplo, realizaron un test isocinético de extensión de rodilla a 0, 90°/s, 180°/s, 270°/s y 360°/s, y vieron mejoras (aunque no significativas) en la producción de fuerza a 270°/s y a 360°/s, pero no en el resto. Por lo que, es posible que si Kramer et al. (45) hubiesen empleado velocidades angulares mayores, los resultados hubiesen sido positivos, a favor de la suplementación. Sin embargo, esto no parece justificar en su totalidad los resultados de Jonvik et al. (43), que no vieron un aumento significativo de la potencia máxima del test isocinético a 300°/s, pero sí a 60°/s. Aun así, esta mejora fue solo en un número reducido de participantes. Por otro lado, las contracciones isométricas voluntarias tampoco parecen verse beneficiadas por la suplementación con  $\text{NO}_3^-$ , tal y como reportaron Kramer et al. (45), Jonvik et al. (43), Tillin et al. (42) y otros (68,69,78,79).

Jonvik et al. (43) también valoraron la producción de fuerza voluntaria a partir de un test de saltos contramovimiento, en el que se valoraron la altura del salto y la  $F_{\text{RS}}$ , pero no vieron beneficio ergogénico tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  en comparación a placebo, algo que también ha sido visto con anterioridad (80). Esto es consistente con el hecho de que el  $\text{NO}_3^-$  no parece aumentar la producción de fuerza voluntaria máxima, dado que el rendimiento de los saltos contramovimiento depende en gran medida de esta (43). Sin embargo, también hay evidencia que apunta a que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  podría reducir la disminución del rendimiento y acelerar la recuperación cuando los saltos

contramovimiento se realizan en un estado de fatiga (81), ya que en esta condición el acoplamiento excitación-contracción muscular está interrumpido, pudiendo resultar más efectiva la suplementación (42).

La ausencia de mejora de la producción de fuerza tras la suplementación crónica con  $\text{NO}_3^-$  en esfuerzos voluntarios difiere a los resultados generalmente observados cuando las contracciones son evocadas eléctricamente, en las que se ven diferencias significativas, principalmente a bajas frecuencias de estimulación (32,68,69,78). Aun así, no todos los estudios han visto mejoras en este tipo de contracciones, como el de Hoon et al. (79) o el de Tillin et al. (42). Tillin et al. (42), por ejemplo, tras la suplementación crónica con 12,9 mmol  $\text{NO}_3^-$  no vieron un aumento de la  $\text{FT}_{\text{MÁX}}$  a ninguna de las frecuencias de estimulación empleadas (10, 20, 50 y 100 Hz). Aunque las causas de esta disparidad entre estudios son inconclusas, las diferencias entre los diseños experimentales de estos justifican, al menos en parte, los resultados. En este sentido, es posible que haya habido diferencias en las características de los participantes (proporción entre las fibras musculares tipo I y tipo II), en la dieta habitual (en el estudio de Tillin et al. (42) no se limitó la ingesta de  $\text{NO}_3^-$  dietéticos), en la potenciación previa a la electroestimulación, etc.

## 6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación

### 6.1. Limitaciones y fortalezas

La principal limitación de esta revisión sistemática es el número reducido de estudios que incluye. La suplementación con  $\text{NO}_3^-$  está ampliamente estudiada, pero no su efecto ergogénico en esfuerzos explosivos. Además, este tipo de esfuerzos pueden incluir tanto a los *sprints* como a los ejercicios de fuerza, acotando más el número de estudios incluidos en cada grupo. Los protocolos experimentales también han diferido entre los estudios, en lo que a dosis y duración de la suplementación, protocolo y condiciones de ejercicio (hipoxia, temperatura y humedad elevadas, etc.) se refiere.

No obstante, un aspecto a destacar de esta revisión es la alta calidad metodológica de sus estudios, que, conforme a la escala PEDro, tienen en conjunto una validez interna “excelente”. Asimismo, también cabe resaltar la similitud entre los 160 participantes, ya que todos eran adultos sanos, el ~90,5% eran hombres, y todos eran físicamente activos.

## 6.2. [Futuras líneas de investigación](#)

Como se ha mencionado, las principales limitaciones de esta revisión están relacionadas con la poca evidencia disponible sobre los efectos ergogénicos del  $\text{NO}_3^-$  en los esfuerzos explosivos. Por lo que, para esclarecer los resultados más conflictivos y contradictorios hallados, sería interesante investigar de forma más exhaustiva sobre:

- Dosis y periodo de suplementación óptimos.
- Efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  cuando se realiza ejercicio a temperatura elevada y su posible interacción con el rendimiento deportivo.
- Efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  cuando se realiza ejercicio en condiciones de hipoxia y su posible interacción con el rendimiento deportivo.
- Intervalos de recuperación óptimos entre esfuerzos que permitan una óptima resíntesis de los depósitos de PC.
- Efecto de la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  (en forma de zumo de remolacha y no  $\text{KNO}_3$ ) en la producción de fuerza voluntaria isométrica e isocinética, así como en el levantamiento de peso.
- Posibles diferencias en los efectos ergogénicos del  $\text{NO}_3^-$  en función de la forma administrada ( $\text{KNO}_3$ , zumo de remolacha, etc.).
- Posibles diferencias en los efectos ergogénicos del  $\text{NO}_3^-$  entre hombres y mujeres.

En adición a esto, también sería de interés valorar las diferencias en el rendimiento deportivo tras la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  dependiendo de la edad, de enfermedades como la hipertensión arterial y la diabetes o la interacción con otros suplementos, además de estudiar los posibles efectos adversos tras la suplementación a largo plazo (formación de nitrosaminas, molestias gastrointestinales, etc.).

## 6.3. [Propuesta para futuras investigaciones](#)

Uno de los hallazgos más conflictivos de esta revisión sistemática es la disparidad en la dosis de suplementación empleada en los estudios, y la relación de esta con los resultados obtenidos. De forma general, se ha concluido que:

- En esfuerzos explosivos basados en *sprints*, probablemente se requieran dosis de suplementación más altas (~11 mmol) cuando se emplean protocolos agudos, y más bajos cuando la suplementación es crónica (~8 mmol). Sin embargo, solo 3 estudios de esta revisión han valorado la suplementación aguda en *sprints*, y

dos de ellos han sido en condiciones que podrían haber interferido con los resultados (hipoxia y temperatura elevada).

- En esfuerzos explosivos de fuerza (levantamiento de peso), dosis agudas de  $\sim 6,5$  mmol  $\text{NO}_3^-$  han mostrado ser ergogénicas, al contrario que en los *sprints*.

Esta propuesta de investigación se centra en intentar esclarecer algunos de estos aspectos, más concretamente, la disparidad de resultados en los protocolos de suplementación aguda de *sprints*, dejando el resto de interrogantes para futuras investigaciones.

**Objetivo:** conocer el efecto de la suplementación aguda con distintas dosis de  $\text{NO}_3^-$  en la  $P_{\text{MÁX}}$  y la  $P_{\text{MED}}$  de *sprints* en cicloergómetro.

**Población diana:** adultos (18-65 años) sanos y físicamente activos (no deportistas de élite).

**Tipo de estudio:** estudio experimental, controlado, aleatorizado, de casos cruzados y doble ciego.

**Diseño experimental:** los participantes realizarán la sesión experimental propuesta en 3 sesiones separadas por un período de recuperación de 48 horas. En cada una de dichas sesiones y de forma aleatorizada, los sujetos serán expuestos a las siguientes 3 condiciones experimentales:

- CE1: 70 ml de zumo de remolacha Beet-it rico en  $\text{NO}_3^-$  ( $\sim 6,4$  mmol  $\text{NO}_3^-$ ) + 70 ml de zumo de remolacha Beet-it libre de  $\text{NO}_3^-$  ( $\sim 0,04$  mmol  $\text{NO}_3^-$ ).
- CE2: 140 ml de zumo de remolacha Beet-it rico en  $\text{NO}_3^-$  ( $\sim 12,8$  mmol  $\text{NO}_3^-$ ).
- CE3: 140 ml de zumo de remolacha Beet-it libre de  $\text{NO}_3^-$  ( $\sim 0,08$  mmol  $\text{NO}_3^-$ ).

En primer lugar, se llevará a cabo una sesión de familiarización, en la que se explicará a los participantes el diseño del estudio y se tomarán medidas como los niveles basales de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$ , además del  $\text{VO}_2$  pico, cuyo valor se obtendrá a través de un test de intensidad incremental. También se tomarán algunas medidas antropométricas básicas (peso, talla, % grasa corporal) y se realizará un registro dietético 24 h que los participantes deberán replicar las 24 h previas a cada sesión.

Los días experimentales, los participantes tomarán la CE correspondiente 2,5 h previas al inicio del test, que consistirá en:

- Calentamiento: 10 minutos al 50%  $\text{VO}_2$  pico + 1 minuto al 70%  $\text{VO}_2$  pico + 2 minutos descanso pasivo.



- Sprints: 4 series de 9 x 4 s de sprints en cicloergómetro, con 30 s de recuperación entre sprints y 3 minutos entre series.

Posteriormente, se volverán a medir los niveles plasmáticos de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  y la concentración de lactato, además de la  $P_{\text{MÁX}}$  y la  $P_{\text{MED}}$ .

Después de cada sesión experimental y el periodo de recuperación, los participantes volverán a realizar la misma sesión experimental, repitiendo el proceso a la misma hora del día hasta que todos hayan pasado por cada una de las CE.

### **Sistema de recogida de datos**

- Registro dietético 24h para recoger información sobre la ingesta dietética de cada participante.
- Bioimpedancia, para conocer las medidas antropométricas.
- Analizador de gases, para medir el  $\text{VO}_{2\text{ pico}}$  (en el test de intensidad incremental).
- Análisis sanguíneo para determinar la concentración de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  y lactato.
- Cicloergómetro conectado a un software informático, que permita medir la  $P_{\text{MED}}$  y la  $P_{\text{MÁX}}$ .

### **Variables de estudio**

- **Independientes:** condiciones experimentales CE1-CE3.
- **Dependientes:**  $P_{\text{MED}}$ ,  $P_{\text{MÁX}}$ , concentración de lactato,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  plasmáticos.

**Estrategia de análisis de datos:** los datos serán presentados como media  $\pm$  desviación estándar. Se aplicará la prueba de Shapiro Wilk para comprobar si los datos se ajustan a la distribución normal y si existe homocedasticidad mediante la prueba de Levene. Para analizar posibles diferencias entre las diferentes dosis usadas en las distintas condiciones experimentales, se aplicará un ANOVA de medidas repetidas. En aquellas variables que las que se detecten diferencias estadísticamente significativas, se aplicará un Post-Hoc de Bonferroni. El nivel de significación estadística se fijará como  $p < 0,05$ .

**Consideraciones éticas:** se entregará a cada participante un documento de consentimiento informado (protección de datos, confidencialidad, posibles riesgos, etc.) que deberán rellenar antes del inicio de la intervención. Todos los procedimientos cumplirán con los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

## 7. Conclusiones

En conclusión, la presente revisión sistemática indica que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$ , proveniente del zumo de remolacha, podría ser ergogénica en algunos esfuerzos explosivos. En los sprints, cuando la suplementación es aguda, los beneficios parecen ser dosis-dependientes, habiéndose visto beneficios en la potencia y en la velocidad con 11 mmol  $\text{NO}_3^-$ , pero no con 6 mmol. La duración de los intervalos de recuperación entre sprints también parece ser relevante, requiriéndose periodos de aproximadamente 2 minutos, más cuando el número de sprints aumenta y/o posiblemente en condiciones de hipoxia. En protocolos de suplementación crónicos, sin embargo, dosis más bajas de  $\text{NO}_3^-$ , (8 mmol, pero no 6 mmol), parecen ser efectivas en la mejora de la  $P_{\text{MED}}$ , incluso cuando los intervalos de recuperación son cortos (30 s) y el número de sprints elevado.

En los esfuerzos explosivos de fuerza, la ingesta aguda de 6,5 mmol de  $\text{NO}_3^-$  ha mostrado mejorar tanto la potencia como la velocidad en ejercicios de levantamiento de peso como el press de banca y la media sentadilla, además de producir un aumento de la fuerza tetánica máxima en contracciones evocadas eléctricamente. Sin embargo, la suplementación no parece ser beneficiosa en la producción voluntaria de fuerza isométrica e isocinética, ni en la mejora del rendimiento en saltos contramovimiento, independientemente de la dosis de  $\text{NO}_3^-$  administrada.

En esencia, aunque parece que la suplementación con  $\text{NO}_3^-$  podría tener un efecto ergogénico en esfuerzos de carácter explosivo, la evidencia científica disponible es limitada en este sentido, requiriéndose más investigación que esclarezca su efectividad.

## 8. Bibliografía

1. Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED/FEMEDE). Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte. Arch Med del Deport [Internet]. 2019;36(1). Disponible en: [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/documentos/Arch\\_Med\\_Deporte\\_2019\\_Supl\\_1.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/documentos/Arch_Med_Deporte_2019_Supl_1.pdf)
2. J. Maughan R, M. Burke L, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, M. Phillips S, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med [Internet]. 1 de abril de 2018 [citado 6 de noviembre de 2020];52(7):439-55. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/52/7/439>
3. Baltazar-Martins G, Brito de Souza D, Aguilar-Navarro M, Muñoz-Guerra J, Plata MDM, Del Coso J. Prevalence and patterns of dietary supplement use in elite Spanish athletes. J Int Soc Sports Nutr [Internet]. 18 de julio de 2019 [citado 6 de noviembre de 2020];16(30). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6639916/>
4. Garthe I, J. Maughan R. Athletes and supplements: Prevalence and perspectives. Int J Sport Nutr Exerc Metab [Internet]. 1 de marzo de 2018 [citado 8 de noviembre de 2020];28(2):126-38. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29580114/>
5. Erdman KA, S. Fung T, A. Reimer R. Influence of performance level on dietary supplementation in elite Canadian athletes. Med Sci Sports Exerc [Internet]. febrero de 2006 [citado 8 de noviembre de 2020];38(2):349-56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16531906/>
6. Braun H, Koehler K, Geyer H, Kleinert J, Mester J, Schänzer W. Dietary supplement use among elite young German athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab [Internet]. 1 de febrero de 2009 [citado 9 de noviembre de 2020];19(1):97-109. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/19/1/article-p97.xml>
7. J. Knapik J, A. Steelman R, S. Hoedebecke S, G. Austin K, K. Farina E, R. Lieberman H. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. Sport Med [Internet]. 1 de enero de 2016 [citado 9 de noviembre de 2020];46(1):103-23. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26442916/>
8. Garrido Chamorro RP, González Lorenzo M, García Vercher M. Suplementos alimenticios en deportistas de élite. EFdeportes [Internet]. 2005 [citado 7 de noviembre de 2020];10(91). Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd91/supl.htm>
9. Van der Merwe P, Grobbelaar E. Inadvertent doping through nutritional supplements is a reality. South African J Sport Med. 20 de diciembre de 2004;16(2):3.
10. M. Mathews N. Prohibited Contaminants in Dietary Supplements. Sports Health [Internet]. 1 de enero de 2018 [citado 7 de noviembre de 2020];10(1):19-30. Disponible en: [/pmc/articles/PMC5753965/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5753965/?report=abstract)
11. World Anti-Doping Agency (WADA) [Internet]. [citado 7 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.wada-ama.org/en/home>
12. Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte (AEPSAD) [Internet]. [citado 7 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://aepsad.culturaydeporte.gob.es/inicio.html>
13. Australian Institute Of Sport (AIS). Supplements. Group A [Internet]. [citado 2 de noviembre de 2020]. Disponible en: [https://ais.gov.au/nutrition/supplements/tiles/group\\_a](https://ais.gov.au/nutrition/supplements/tiles/group_a)
14. Olsson H, Al-Saadi J, Oehler D, Pergolizzi J, Magnusson P. Physiological Effects of Beetroot in Athletes and Patients. Cureus [Internet]. 12 de diciembre de 2019

- [citado 8 de noviembre de 2020];11(12). Disponible en: [/pmc/articles/PMC6952046/?report=abstract](#)
15. Stanaway L, Rutherford-Markwick K, Page R, Ali A. Performance and health benefits of dietary nitrate supplementation in older adults: A systematic review. *Nutrients* [Internet]. 1 de noviembre de 2017 [citado 8 de noviembre de 2020];9(11). Disponible en: [/pmc/articles/PMC5707643/?report=abstract](#)
  16. Ma L, Hu L, Feng X, Wang S. Nitrate and nitrite in health and disease. *Aging Dis* [Internet]. 2018 [citado 31 de octubre de 2020];9(5):938-45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30271668/>
  17. S. Bryan N, L. Ivy J. Inorganic nitrite and nitrate: Evidence to support consideration as dietary nutrients. *Nutr Res* [Internet]. 1 de agosto de 2015 [citado 7 de noviembre de 2020];35(8):643-54. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26189149/>
  18. O. Lundberg J, Carlström M, Weitzberg E. Metabolic Effects of Dietary Nitrate in Health and Disease [Internet]. Vol. 28, *Cell Metabolism*. Cell Press; 2018 [citado 3 de noviembre de 2020]. p. 9-22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29972800/>
  19. O. Lundberg J, Govoni M. Inorganic nitrate is a possible source for systemic generation of nitric oxide. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 1 de agosto de 2004 [citado 7 de noviembre de 2020];37(3):395-400. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15223073/>
  20. Monaco C. The Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Contractile Function and Mitochondrial Bioenergetics in the Heart. University of Guelph; 2016.
  21. A. Bonilla Ocampo D, F. Paipilla A, Marín E, Vargas-Molina S, L. Petro J, Pérez-Ildárraga A. Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. *Biomolecules* [Internet]. 2 de noviembre de 2018 [citado 8 de noviembre de 2020];8(4). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30400267/>
  22. L. Ivy J. Inorganic Nitrate Supplementation for Cardiovascular Health [Internet]. Vol. 15, *Methodist DeBakey cardiovascular journal*. NLM (Medline); 2019 [citado 8 de noviembre de 2020]. p. 200-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31687099/>
  23. Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiol* [Internet]. septiembre de 2007 [citado 1 de noviembre de 2020];191(1):59-66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635415/>
  24. McMahon NF, Leveritt MD, Pavey TG. The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med* [Internet]. 1 de abril de 2017 [citado 1 de noviembre de 2020];47(4):735-56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27600147/>
  25. Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Lozano Estevan MC, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients* [Internet]. 6 de enero de 2017 [citado 2 de noviembre de 2020];9(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067808/>
  26. Calvo JL, Alorda-Capo F, Pareja-Galeano H, L. Jiménez S. Influence of nitrate supplementation on endurance cyclic sports performance: A systematic review. *Nutrients* [Internet]. 1 de junio de 2020 [citado 9 de noviembre de 2020];12(6):1-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32560317/>
  27. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Cuenca E, García-Fernández P, Mata-Ordoñez F, Lozano-Estevan MC, et al. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2018 [citado 3 de noviembre de 2020];15:2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29311764/>
  28. F. San Juan A, Dominguez R, Lago-Rodríguez Á, Montoya JJ, Tan R, J. Bailey S.

- Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Weightlifting Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients* [Internet]. 26 de julio de 2020 [citado 3 de noviembre de 2020];12(8):2227. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/8/2227>
29. Ranchal-Sanchez A, Diaz-Bernier VM, Alonso De La Florida-Villagran C, Llorente-Cantarero FJ, Campos-Perez J, Jurado-Castro JM. Acute effects of beetroot juice supplements on resistance training: A randomized double-blind crossover. *Nutrients* [Internet]. 1 de julio de 2020 [citado 30 de noviembre de 2020];12(7):1-16. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32605284/>
  30. M. Jones A. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sport Med* [Internet]. 2014 [citado 3 de noviembre de 2020];44(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24791915/>
  31. J. Bailey S, Fulford J, Vanhatalo A, G. Winyard P, R. Blackwell J, J. DiMenna F, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol* [Internet]. julio de 2010 [citado 7 de noviembre de 2020];109(1):135-48. Disponible en: <http://www.jap.org>
  32. Hernández A, A. Schiffer T, Ivarsson N, J. Cheng A, D. Bruton J, O. Lundberg J, et al. Dietary nitrate increases tetanic [Ca<sup>2+</sup>] and contractile force in mouse fast-twitch muscle. *J Physiol* [Internet]. agosto de 2012 [citado 9 de noviembre de 2020];590(15):3575-83. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22601111/>
  33. Chamari K, Padulo J. 'Aerobic' and 'Anaerobic' terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection. *Sport Med - Open* [Internet]. 1 de diciembre de 2015 [citado 3 de noviembre de 2020];1(1). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5016084/>
  34. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, G. Altman D, Altman D, Antes G, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med* [Internet]. julio de 2009 [citado 8 de noviembre de 2020];6(7). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2707599/>
  35. G. Maher C, Sherrington C, D. Herbert R, M. Moseley A, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003;83(8):713-21.
  36. McCrary JM, J. Ackermann B, Halaki M. A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury. *Br J Sports Med* [Internet]. 1 de julio de 2015 [citado 9 de noviembre de 2020];49(14):935-42. Disponible en: <http://bjsm.bmj.com/>
  37. L. Buck C, Henry T, Guelfi K, Dawson B, R. McNaughton L, Wallman K. Effects of sodium phosphate and beetroot juice supplementation on repeated-sprint ability in females. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 22 de octubre de 2015 [citado 30 de noviembre de 2020];115(10):2205-13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26077126/>
  38. Thompson C, J. Wylie L, Fulford J, Kelly J, I. Black M, T.J. McDonagh S, et al. Dietary nitrate improves sprint performance and cognitive function during prolonged intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 17 de septiembre de 2015 [citado 30 de noviembre de 2020];115(9):1825-34. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25846114/>
  39. J. Wylie L, J. Bailey S, Kelly J, R. Blackwell J, Vanhatalo A, M. Jones A. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 1 de febrero de 2016 [citado 30 de noviembre de 2020];116(2):415-25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26614506/>
  40. L. Kent G, Dawson B, R. McNaughton L, R. Cox G, M. Burke L, Peeling P. The effect of beetroot juice supplementation on repeat-sprint performance in hypoxia. *J Sports Sci* [Internet]. 1 de febrero de 2019 [citado 30 de noviembre de 2020];37(3):339-46. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30058956/>

41. Smith K, J. Muggeridge D, Easton C, D. Ross M. An acute dose of inorganic dietary nitrate does not improve high-intensity, intermittent exercise performance in temperate or hot and humid conditions. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 6 de marzo de 2019 [citado 30 de noviembre de 2020];119(3):723-33. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30617465/>
42. N. Tillin N, Moudy S, M. Nourse K, J. Tyler C. Nitrate Supplement Benefits Contractile Forces in Fatigued but Not Unfatigued Muscle. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1 de octubre de 2018 [citado 30 de noviembre de 2020];50(10):2122-31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29727405/>
43. L. Jonvik K, Hoogervorst D, B. Peelen H, de Niet M, B. Verdijk L, J. C. van Loon L, et al. The impact of beetroot juice supplementation on muscular endurance, maximal strength and countermovement jump performance. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2020 [citado 30 de noviembre de 2020];1-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32594854/>
44. G. Rimer E, R. Peterson L, R. Coggan A, C. Martin J. Increase in maximal cycling power with acute dietary nitrate supplementation. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 1 de septiembre de 2016 [citado 30 de noviembre de 2020];11(6):715-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26641379/>
45. J. Kramer S, A. Baur D, T. Spicer M, D. Vukovich M, J. Ormsbee M. The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 3 de noviembre de 2016 [citado 30 de noviembre de 2020];13(39). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27822169/>
46. Rodríguez-Fernández A, Castillo D, Raya-González J, Domínguez R, J. Bailey S. Beetroot juice supplementation increases concentric and eccentric muscle power output. Original investigation. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2020 [citado 30 de noviembre de 2020];(S1440-2440(20)30090-6). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32507624/>
47. D. Williams T, P. Martin M, A. Mintz J, R. Rogers R, G. Ballmann C. Effect of Acute Beetroot Juice Supplementation on Bench Press Power, Velocity, and Repetition Volume. *J strength Cond Res* [Internet]. 1 de abril de 2020 [citado 30 de noviembre de 2020];34(4):924-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31913252/>
48. Maréchal G, Gailly P. Effects of nitric oxide on the contraction of skeletal muscle. *Cell Mol Life Sci* [Internet]. 1999 [citado 24 de diciembre de 2020];55(8-9):1088-102. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10442090/>
49. Lericollais R, Gauthier A, Bessot N, Sesboüé B, Davenne D. Time-of-day effects on fatigue during a sustained anaerobic test in well-trained cyclists. *Chronobiol Int* [Internet]. diciembre de 2009 [citado 24 de diciembre de 2020];26(8):1622-35. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20030545/>
50. Ranchal-Sanchez A, Diaz-Bernier VM, Alonso De La Florida-Villagran C, Llorente-Cantarero FJ, Campos-Perez J, Jurado-Castro JM. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients* [Internet]. 28 de junio de 2020 [citado 9 de noviembre de 2020];12(7):1912. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/7/1912>
51. Nybäck L, Glännerud C, Larsson G, Weitzberg E, Shannon OM, McGawley K. Physiological and performance effects of nitrate supplementation during roller-skiing in normoxia and normobaric hypoxia. *Nitric Oxide - Biol Chem* [Internet]. 1 de noviembre de 2017 [citado 2 de enero de 2021];70:1-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28782598/>
52. Vanhatalo A, Fulford J, J. Bailey S, R. Blackwell J, G. Winyard P, M. Jones A. Dietary nitrate reduces muscle metabolic perturbation and improves exercise tolerance in hypoxia. *J Physiol* [Internet]. noviembre de 2011 [citado 2 de enero de 2021];589(22):5517-28. Disponible en: </pmc/articles/PMC3240888/?report=abstract>

53. Kelly J, Vanhatalo A, J. Bailey S, J. Wylie L, Tucker C, List S, et al. Dietary nitrate supplementation: effects on plasma nitrite and pulmonary O<sub>2</sub> uptake dynamics during exercise in hypoxia and normoxia. *Am J Physiol Integr Comp Physiol* [Internet]. 1 de octubre de 2014 [citado 2 de enero de 2021];307(7):R920-30. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpregu.00068.2014>
54. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Cuenca E, García-Fernández P, Mata-Ordoñez F, Lozano-Estevan MC, et al. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. Vol. 15, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. *J Int Soc Sports Nutr*; 2018. p. 2.
55. Martin K, Smee D, G. Thompson K, Rattray B. No improvement of repeated-sprint performance with dietary nitrate. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 1 de septiembre de 2014 [citado 27 de diciembre de 2020];9(5):845-50. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/9/5/article-p845.xml>
56. J. Muggeridge D, C.F. Howe C, Spendiff O, Pedlar C, E. James P, Easton C. The effects of a single dose of concentrated beetroot juice on performance in trained flatwater kayakers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 1 de octubre de 2013 [citado 27 de diciembre de 2020];23(5):498-506. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/23/5/article-p498.xml>
57. L. Kent G, Dawson B, R. Cox G, R. Abbiss C, J. Smith K, D. Croft K, et al. Effect of dietary nitrate supplementation on thermoregulatory and cardiovascular responses to submaximal cycling in the heat. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 1 de marzo de 2018 [citado 26 de diciembre de 2020];118(3):657-68. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3809-z>
58. L. Levitt E, T. Keen J, J. Wong B. Augmented reflex cutaneous vasodilatation following short-term dietary nitrate supplementation in humans. *Exp Physiol* [Internet]. 1 de junio de 2015 [citado 4 de enero de 2021];100(6):708-18. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25826741/>
59. J. Wylie L, Kelly J, J. Bailey S, R. Blackwell J, F. Skiba P, G. Winyard P, et al. Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships. *J Appl Physiol* [Internet]. 1 de agosto de 2013 [citado 26 de diciembre de 2020];115(3):325-36. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23640589/>
60. Piknova B, Park JW, M. Swanson K, Dey S, Noguchi CT, N. Schechter A. Skeletal muscle as an endogenous nitrate reservoir. *Nitric Oxide - Biol Chem*. 1 de mayo de 2015;47:10-6.
61. Nyakayiru J, K. Kouw IW, M. Cermak N, M. Senden J, C. van Loon LJ, B. Verdijk L. Sodium nitrate ingestion increases skeletal muscle nitrate content in humans. *J Appl Physiol* [Internet]. 1 de septiembre de 2017 [citado 8 de enero de 2021];123(3):637-44. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01036.2016>
62. Nyakayiru J, J. C. van Loon L, B. Verdijk L. Could intramuscular storage of dietary nitrate contribute to its ergogenic effect? A mini-review. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 20 de mayo de 2020 [citado 8 de enero de 2021];152:295-300. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32224084/>
63. A. Wickham K, L. Spriet L. No longer beeting around the bush: A review of potential sex differences with dietary nitrate supplementation [Internet]. Vol. 44, *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. Canadian Science Publishing; 2019 [citado 11 de enero de 2021]. p. 915-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31348674/>
64. Casado A, Domínguez R, Fernandes da Silva S, J. Bailey S. Influence of Sex and Acute Beetroot Juice Supplementation on 2 KM Running Performance. *Appl Sci* [Internet]. 22 de enero de 2021 [citado 25 de enero de 2021];11(3):977. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/3/977>
65. Brewer CP, Dawson B, Wallman KE, Guelfi KJ. Effect of sodium phosphate supplementation on repeated high-intensity cycling efforts. *J Sports Sci* [Internet]. 3 de julio de 2015 [citado 23 de diciembre de 2020];33(11):1109-16. Disponible

- en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25494032/>
66. L. Buck C, Dawson B, J. Guelfi K, McNaughton L, E. Wallman K. Sodium phosphate supplementation and time trial performance in female cyclists. *J Sport Sci Med [Internet]*. 2014 [citado 23 de diciembre de 2020];13(3):469-75. Disponible en: <http://www.jssm.org>
  67. Bender D, R. Townsend J, C. Vantrease W, C. Marshall A, N. Henry R, H. Heffington S, et al. Acute beetroot juice administration improves peak isometric force production in adolescent males. *Appl Physiol Nutr Metab [Internet]*. 2018 [citado 21 de enero de 2021];43(8):816-21. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29527927/>
  68. Haider G, P. Folland J. Nitrate Supplementation Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Med Sci Sport Exerc [Internet]*. 10 de diciembre de 2014 [citado 23 de diciembre de 2020];46(12):2234-43. Disponible en: <http://journals.lww.com/00005768-201412000-00006>
  69. Whitfield J, Gamu D, J. F. Heigenhauser G, J. C. van Loon L, L. Spriet L, Tupling AR, et al. Beetroot juice increases human muscle force without changing Ca<sup>2+</sup>-handling proteins. *Med Sci Sports Exerc [Internet]*. 1 de octubre de 2017 [citado 30 de noviembre de 2020];49(10):2016-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28509762/>
  70. R. Coggan A, R. Peterson L. Dietary Nitrate Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Exerc Sport Sci Rev [Internet]*. 1 de octubre de 2018 [citado 17 de enero de 2021];46(4):254-61. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30001275/>
  71. Grgic J, Mikulic P. Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *Eur J Sport Sci [Internet]*. 14 de septiembre de 2017 [citado 19 de enero de 2021];17(8):1029-36. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28537195/>
  72. M. Jones A. Nitrato de la dieta: ¿La nueva poción mágica? *Gatorade Sport Sci Inst [Internet]*. 2013 [citado 13 de enero de 2021];(110). Disponible en: <https://www.gssiweb.org/latam/sports-science-exchange/Articulo/sse-110-nitrato-de-la-dieta-la-nueva-poción-mágica->
  73. J. Wylie L, Ortiz De Zevallos J, Isidore T, Nyman L, Vanhatalo A, J. Bailey S, et al. Dose-dependent effects of dietary nitrate on the oxygen cost of moderate-intensity exercise: Acute vs. chronic supplementation. *Nitric Oxide - Biol Chem [Internet]*. 1 de julio de 2016 [citado 14 de enero de 2021];57:30-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27093910/>
  74. Thompson C, Vanhatalo A, Kadach S, J. Wylie L, Fulford J, K. Ferguson S, et al. Discrete physiological effects of beetroot juice and potassium nitrate supplementation following 4-wk sprint interval training. *J Appl Physiol [Internet]*. 1 de junio de 2018 [citado 14 de enero de 2021];124(6):1519-28. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29494294/>
  75. Lago-Rodríguez Á, Domínguez R, Ramos-álvarez JJ, Tobal FM, Jodra P, Tan R, et al. The effect of dietary nitrate supplementation on isokinetic torque in adults: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients [Internet]*. 1 de octubre de 2020 [citado 18 de enero de 2021];12(10):1-11. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33023118/>
  76. R. Coggan A, L. Leibowitz J, Kadkhodayan A, P. Thomas D, Ramamurthy S, Spearie CA, et al. Effect of acute dietary nitrate intake on maximal knee extensor speed and power in healthy men and women. *Nitric Oxide - Biol Chem [Internet]*. 29 de junio de 2015 [citado 28 de diciembre de 2020];48:16-21. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25199856/>
  77. R. Coggan A, L. Leibowitz J, Spearie CA, Kadkhodayan A, P. Thomas D, Ramamurthy S, et al. Acute Dietary Nitrate Intake Improves Muscle Contractile Function in Patients with Heart Failure: A Double-Blind, Placebo-Controlled, Randomized Trial. *Circ Hear Fail [Internet]*. 1 de septiembre de 2015 [citado 17



- de enero de 2021];8(5):914-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26179185/>
78. Fulford J, G. Winyard P, Vanhatalo A, J. Bailey S, R. Blackwell J, M. Jones A. Influence of dietary nitrate supplementation on human skeletal muscle metabolism and force production during maximum voluntary contractions. *Pflugers Arch Eur J Physiol* [Internet]. abril de 2013 [citado 18 de enero de 2021];465(4):517-28. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23354414/>
  79. W. Hoon M, Fornusek C, G. Chapman P, A. Johnson N. The effect of nitrate supplementation on muscle contraction in healthy adults. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 17 de noviembre de 2015 [citado 18 de enero de 2021];15(8):712-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26681629/>
  80. Cuenca E, Jodra P, Pérez-López A, G. González-Rodríguez L, da Silva SF, Veiga-Herreros P, et al. Effects of beetroot juice supplementation on performance and fatigue in a 30-s all-out sprint exercise: A randomized, double-blind cross-over study. *Nutrients* [Internet]. 4 de septiembre de 2018 [citado 15 de enero de 2021];10(9). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30181436/>
  81. Clifford T, Berntzen B, W. Davison G, J. West D, Howatson G, J. Stevenson E. Effects of beetroot juice on recovery of muscle function and performance between bouts of repeated sprint exercise. *Nutrients* [Internet]. 18 de agosto de 2016 [citado 21 de enero de 2021];8(8). Disponible en: </pmc/articles/PMC4997419/?report=abstract>