



## **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**Doble Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y  
Educación Primaria**

*Investigación aplicada*

***Efecto de la suplementación con zumo de remolacha sobre el  
rendimiento en press de banca: un estudio dosis–respuesta***

Autor: Kevin Julián Fernández Lumbreras

Director: Álvaro López Samanes

Curso académico: 5º Cafyde + educación primaria

Fecha: 15/04/2026

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>4</b>
<b>Justificación del trabajo .....</b>	<b>5</b>
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>Objetivo .....</b>	<b>9</b>
<b>Métodos.....</b>	<b>10</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>14</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>16</b>
<b>Conclusión .....</b>	<b>19</b>
<b>Bibliografía:.....</b>	<b>20</b>

## Resumen

**Introducción:** La suplementación con zumo de remolacha ha sido ampliamente investigada en los últimos años; sin embargo, su posible impacto sobre el rendimiento neuromuscular en ejercicios de fuerza del tren superior ha sido menos estudiado. El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de diferentes dosis de zumo de remolacha (0 mL, 70 mL, 140 mL y 210 mL) sobre el rendimiento neuromuscular en el ejercicio de press de banca en sujetos jóvenes entrenados. **Métodos:** Ocho participantes (edad:  $20.5 \pm 3.2$  años) realizaron un protocolo experimental bajo un diseño aleatorizado, doble ciego, cruzado y controlado con placebo, consumiendo las distintas dosis de suplementación 2.5 horas antes del ejercicio. Se evaluaron variables de velocidad media y potencia muscular en diferentes porcentajes de la repetición máxima (1RM) como 25%, 50%, 75% y 90% del 1RM. **Resultados:** No se encontraron diferencias significativas entre condiciones en la velocidad media ( $p = 0.868$ ;  $\eta^2 = 0.02$ ; Figura 1) ni en la potencia muscular ( $p = 0.982$ ;  $\eta^2 = 0.01$ ) entre las diferentes condiciones analizadas. **Conclusión:** La suplementación aguda con diferentes dosis de zumo de remolacha con diferentes dosis (0 mL, 70 mL, 140 mL y 210 mL) no parece mejorar el rendimiento en la prueba de press de banca en sujetos jóvenes entrenados.

## **Abstract**

**Introduction:** Beetroot juice supplementation has been widely investigated in recent years; however, its potential impact on neuromuscular performance in upper-body strength exercises has been less studied. The aim of this study was to analyze the influence of different doses of beetroot juice (0 mL, 70 mL, 140 mL, and 210 mL) on neuromuscular performance during the bench press exercise in trained young individuals. **Methods:** Eight participants (ages  $20.5 \pm 3.2$  years) completed an experimental protocol under a randomized, double-blind, crossover, placebo-controlled design, consuming the different supplementation doses 2.5 hours prior to exercise. Mean velocity and muscular power were assessed at different percentages of one-repetition maximum (1RM): 25%, 50%, 75%, and 90% of 1RM. **Results:** No significant differences were found between conditions in mean velocity ( $p = 0.868$ ;  $\eta p^2 = 0.02$ ; Figure 1) or muscular power ( $p = 0.982$ ;  $\eta p^2 = 0.01$ ) across the different conditions analyzed. **Conclusion:** Acute supplementation with different doses of beetroot juice (0 mL, 70 mL, 140 mL, and 210 mL) does not appear to enhance performance in the bench press test in trained young individuals.

## **Justificación del trabajo**

La elección del Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte ha estado estrechamente vinculada a mi trayectoria personal desde la infancia. Desde edades tempranas, el deporte ha formado parte de mi vida cotidiana, participando en diversas disciplinas como baloncesto, fútbol, natación y tenis, además de otras actividades de carácter más recreativo como el frisbee. Esta exposición continua al deporte, junto con una percepción de competencia en su práctica, motivó mi decisión de orientar mi formación académica hacia un ámbito en el que pudiera desarrollar y profundizar en estas habilidades.

Sin embargo, a lo largo de mi formación universitaria, mi concepción inicial del deporte ha evolucionado significativamente. He comprendido que no se trata únicamente de la práctica deportiva, sino también de entender los procesos de enseñanza-aprendizaje, la planificación del entrenamiento y los factores que influyen en el rendimiento. En este sentido, el grado me ha permitido adquirir una visión más crítica y científica del deporte, alejándome de una perspectiva meramente práctica.

Asimismo, durante este proceso formativo, he tomado conciencia de la importancia de la nutrición en el rendimiento deportivo. He aprendido que el entrenamiento, por sí solo, no garantiza una mejora óptima, sino que debe ir acompañado de una adecuada estrategia nutricional. Esta idea ha despertado en mí un interés creciente por el ámbito de la nutrición deportiva y, en particular, por el uso de ayudas ergogénicas y suplementación como herramientas para optimizar el rendimiento.

Paralelamente, tras dejar la práctica de los deportes colectivos realizados durante la infancia, mi interés se ha centrado principalmente en el entrenamiento de fuerza en el gimnasio, convirtiéndose en mi principal actividad física en la actualidad. Esta experiencia personal ha reforzado mi motivación por investigar sobre el rendimiento en ejercicios de fuerza, especialmente en el press de banca, uno de los movimientos más representativos dentro de este ámbito.

Por todo ello, considero que la realización de este Trabajo de Fin de Grado, centrado en el análisis del efecto de la suplementación con zumo de remolacha sobre el rendimiento en press de banca, supone una oportunidad para integrar mis intereses personales con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Asimismo, este estudio puede contribuir a generar información útil y aplicable en el ámbito del

entrenamiento personal y el rendimiento deportivo, favoreciendo una práctica más fundamentada y basada en la evidencia científica.

## Marco Teórico

El entrenamiento de fuerza constituye un componente central en la optimización del rendimiento deportivo (Suchomel et al., 2018) y desempeña un papel fundamental tanto en la propia mejora del deportista, así como en la salud musculoesquelética (Lim et al., 2022). Desde un punto de vista fisiológico, el incremento de la fuerza muscular está determinado por adaptaciones neurales (e.g. aumento de la sincronización y descarga de unidades motoras) (Van Hooren et al., 2024) como estructurales (e.g., hipertrofia), lo que se traduce en mejoras en los niveles de fuerza máxima, tasa de desarrollo de la fuerza o de la potencia mecánica (Schoenfeld, 2010). Además, este tipo de entrenamiento contribuye de manera significativa a la prevención de lesiones y la optimización del rendimiento físico además de tener un papel relevante en la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento atlético (Lauersen et al., 2014). Por ello, el entrenamiento de fuerza se ha convertido en un componente clave dentro de la preparación física de deportistas de múltiples disciplinas deportivas (Suchomel et al., 2018), consolidándose como un pilar esencial en los programas actuales de preparación física, siendo su correcta periodización y prescripción un factor determinante para maximizar las adaptaciones y el rendimiento deportivo.

Entre los diferentes ejercicios comúnmente empleados en los programas de entrenamiento de fuerza para la evaluación del tren superior (Padulo et al., 2015), el press de banca se ha consolidado como uno de los más empleados para el desarrollo de la fuerza y potencia muscular del tren superior (Saeterbakken et al., 2017). Este ejercicio consiste en empujar una barra cargada con peso desde una posición de decúbito supino sobre un banco, implicando principalmente la acción del músculo pectoral mayor, el deltoides anterior y el tríceps braquial. Desde un punto de vista biomecánico, consiste en la ejecución de una acción de empuje horizontal en cadena cinética abierta, ejecutada en posición de decúbito supino, en la que se desplaza una carga externa a lo largo de un eje vertical (Padulo et al., 2015). En este contexto, y considerando las mejoras en fuerza y potencia muscular que pueden obtenerse mediante ejercicios del tren superior como el press de banca, la ingesta de determinados suplementos dietéticos se ha propuesto como una estrategia potencialmente eficaz para optimizar el rendimiento deportivo.

Por suplemento dietético se entiende un alimento, componente alimentario, nutriente o compuesto no alimentario que se ingiere de forma intencionada como complemento

a la dieta habitual con el objetivo de lograr un beneficio específico para la salud y/o el rendimiento (Maughan et al., 2018), orientado a mejorar el rendimiento físico, favorecer la recuperación y optimizar los procesos metabólicos durante el ejercicio. Además, es reseñable mencionar que solamente unos pocos suplementos dietéticos han demostrado una moderada-alta evidencia de mejora cuando son utilizados en determinados contextos específicos para mejorar el rendimiento deportivo entre los que encontramos la creatina, cafeína, bicarbonato sódico, beta-alanina y el zumo de remolacha (Kerksick et al., 2018; Maughan et al., 2018).

En relación con el zumo de remolacha (*Beta vulgaris*), este se caracteriza por ser una fuente elevada de nitratos dietéticos ( $\text{NO}_3^-$ ). Debido a su alto contenido en nitratos inorgánicos, estos, tras su ingestión, se convierten inicialmente en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y, posteriormente en óxido nítrico (NO) dentro del organismo (Hernández et al., 2012). El óxido nítrico desempeña un papel clave en la regulación del flujo sanguíneo y la eficiencia muscular (Jones, 2014), así como un aumento del reclutamiento de fibras tipo II (rápidas), lo que contribuye a mejorar la contractilidad muscular provocando una mejora de la contractibilidad muscular (Hernández et al., 2012). Además, favorece una mayor entrega de oxígeno y nutrientes a los músculos activos durante el ejercicio, lo que puede retrasar la aparición de la fatiga y mejorar el rendimiento (Domínguez et al., 2018) en un ejercicio como el press de banca. Sin embargo, a pesar del notable incremento en el consumo de zumo de remolacha en los últimos años, son escasos los estudios que han analizado de forma aguda su influencia sobre el rendimiento neuromuscular en el press de banca. En concreto, la evidencia disponible se limita principalmente a investigaciones que han utilizado una dosis de 70 mL de zumo de remolacha rico en nitratos (6.4 mmol  $\text{NO}_3^-$ ), mostrando posibles efectos sobre el rendimiento en este ejercicio (Mosher et al., 2016), no obstante, se desconoce el efecto de la ingesta de diferentes dosis de zumo de remolacha (0 mL, 70 mL, 140 mL y 210 mL) sobre el rendimiento neuromuscular en el press de banca.

## **Objetivo**

El objetivo de este trabajo fin de grado fue determinar la influencia de diferentes dosis de zumo de remolacha (0mL, 70 mL, 140 mL y 210 mL) sobre el rendimiento neuromuscular en press de banca (velocidad y potencia muscular) en sujetos jóvenes entrenados.

## **Métodos**

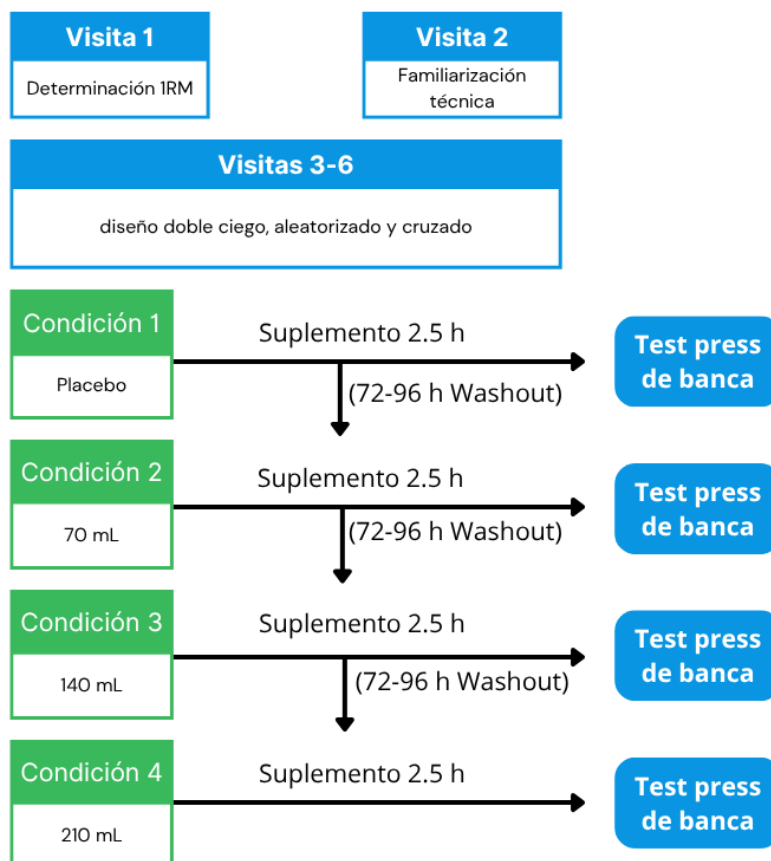
### **Participantes**

Ocho estudiantes universitarios altamente entrenados en fuerza participaron voluntariamente en este estudio (edad:  $20.5 \pm 3.2$  años). Todos los participantes eran estudiantes universitarios y fueron asignados a un código de identificación aleatorio para garantizar su anonimato. Se definió como entrenados en fuerza a aquellos individuos que realizaban ejercicio de resistencia de forma consistente al menos dos veces por semana durante un mínimo de dos años antes de su inclusión en el estudio (Currier et al., 2026). Se instruyó a los participantes a mantener sus rutinas habituales de entrenamiento durante todo el experimento siendo su fuerza máxima dinámica (1RM), normalizada por kilogramo de masa corporal, fue de  $1.08 \pm 0.12 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso corporal en press de banca. Los participantes fueron informados detalladamente sobre los procedimientos experimentales, así como de los posibles riesgos y beneficios del estudio. Los criterios de exclusión fueron: (i) enfermedades cardiometabólicas, (ii) consumo actual de suplementos dietéticos que contuvieran cafeína, bicarbonato sódico, creatina, beta-alanina y/o precursores de óxido nítrico (es decir,  $\text{NO}_3^-$ , arginina, citrulina, antioxidantes) (iii) fumadores y (iv) población femenina (Tan et al., 2025). Las mujeres fueron excluidas debido a posibles diferencias sexuales en las respuestas fisiológicas a la ingesta de  $\text{NO}_3^-$  (Wickham & Spriet, 2019). El protocolo cumplió con la Declaración de Helsinki, fue aprobado por la Comisión de Bioética de correspondiente (04/2023), y se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada participante.

### **Diseño experimental**

Los participantes acudieron al laboratorio en un total de seis ocasiones durante un periodo de 3 semanas (Figura 1). Durante la visita 1, los participantes realizaron procedimientos estandarizados de determinación de la repetición máxima (1RM) con el fin de establecer la carga a emplear en las visitas posteriores. En la visita 2, los participantes llevaron a cabo una familiarización con el protocolo y la técnica de ejecución, con el objetivo de asegurar una correcta técnica de levantamiento, enfatizando en realizar cada una de las cargas a la máxima velocidad posible. Posteriormente, mediante un diseño doble ciego, aleatorizado y cruzado, los participantes fueron asignados a cuatro condiciones experimentales utilizando un

sistema de aleatorización basado en web (randomizer.org), para recibir diferentes dosis agudas de zumo de remolacha concentrado rico en nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) o zumo de remolacha sin  $\text{NO}_3^-$  (placebo), 2.5 horas antes del inicio del protocolo de ejercicio como ha sido previamente (Wylie et al., 2013). Todos los suplementos eran idénticos en tamaño, olor, sabor y apariencia. Cada condición estuvo separada por un periodo de lavado de al menos 72-96 horas, dado que se ha demostrado que las concentraciones plasmáticas de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  retornan a valores basales 24 horas después de la ingesta (Wylie et al., 2013). Los participantes registraron su actividad física y dieta durante las 24 horas previas a la primera visita experimental (es decir, visita 3) y se les solicitó reproducirlas en las visitas posteriores. Todas las pruebas se realizaron a la misma hora del día ( $\pm 1$  h). Antes de la primera visita, se instruyó a los participantes para evitar el uso de enjuague bucal antibacteriano durante todo el estudio, ya que se ha demostrado que este puede interferir con el metabolismo del  $\text{NO}_3^-$  en humanos (Govoni et al., 2008). Además, se les pidió abstenerse de realizar ejercicio intenso y consumir alcohol durante las 24 horas previas a cada visita experimental, así como evitar alimentos ricos en  $\text{NO}_3^-$  (e.g. remolacha, apio, lechuga, rábano, espinaca, etc.) y cafeína durante las 24 horas previas a cada sesión.



## Figura 1. Diseño experimental

### Protocolo experimental

En un diseño aleatorizado y doble ciego, los participantes fueron asignados a cuatro condiciones experimentales para consumir distintas combinaciones de zumo de remolacha con bajo contenido en  $\text{NO}_3^-$  (0.04 mmol  $\text{NO}_3^-$ , Beet It; James White Drinks Ltd.; Ipswich, Reino Unido) y zumo de remolacha rico en  $\text{NO}_3^-$  (~6.4 mmol de  $\text{NO}_3^-$  por 70 ml; Beet It; James White Drinks Ltd.; Ipswich, Reino Unido) en diferentes configuraciones como: (i) tres “shots” de zumo de remolacha sin  $\text{NO}_3^-$  (placebo: 0.16 mmol  $\text{NO}_3^-$ ); (ii) dos shots de zumo de remolacha sin  $\text{NO}_3^-$  y un shot de zumo de remolacha rico en  $\text{NO}_3^-$  (6.4 mmol de  $\text{NO}_3^-$  en total); (iii) un shot de zumo de remolacha sin  $\text{NO}_3^-$  y dos shots de zumo de remolacha rico en  $\text{NO}_3^-$  (12.8 mmol de  $\text{NO}_3^-$  total); y (4) tres shots de zumo de remolacha rico en  $\text{NO}_3^-$  (19.2 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ). En los días experimentales, los participantes consumieron 4 × 70 ml de los suplementos asignados 2.5 horas antes del ejercicio, dado que la concentración plasmática máxima de [ $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$ ] se alcanza aproximadamente entre 2 y 3 horas tras la ingesta de  $\text{NO}_3^-$  (Wylie et al., 2013). El consumo de los suplementos se verificó mediante un mensaje de texto antes de la llegada al laboratorio, confirmación verbal al llegar al laboratorio y su registro en un cuaderno de control. Al inicio de cada visita experimental, la eficacia de los procedimientos de enmascaramiento se evaluó preguntando verbalmente a los participantes si habían notado alguna diferencia en los suplementos ingeridos. La estatura se midió con una precisión de 0.5 cm durante una inhalación máxima utilizando un estadiómetro de pared (Seca 202; Seca Ltd., Hamburgo, Alemania). El peso corporal se determinó y el porcentaje de grasa se estimó mediante un analizador de composición corporal segmental de ocho electrodos (Tanita BC-418; Tanita Corp., Tokio, Japón). Se utilizó una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, España), que garantiza un desplazamiento vertical suave de la barra a lo largo de una trayectoria fija, en todas las sesiones. Un sistema de medición dinámico (T-Force System; Ergotech, Murcia, España) calculó automáticamente los parámetros cinemáticos relevantes de cada repetición, proporcionó retroalimentación auditiva de la velocidad y el desplazamiento, y almacenó los datos para su análisis. Este sistema consta de un transductor lineal de

velocidad conectado a un ordenador personal mediante una tarjeta de adquisición de datos analógico-digital de

### **Valoración press de banca**

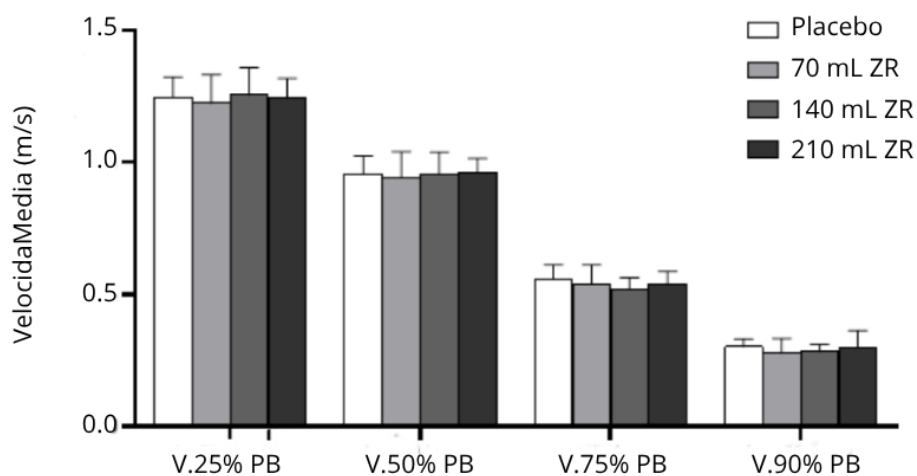
Las mediciones de potencia y velocidad se obtuvieron mediante el análisis del press de banca utilizando un transductor lineal de posición portátil, inalámbrico y comercialmente disponible (T-Force Ergotech, Murcia, España), que ha sido previamente utilizado y validado en términos de fiabilidad test–retest (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Durante 1 serie × 3 repeticiones al 30% de 1RM, y 1 serie × 3 repeticiones al 50% de 1RM y 1 serie × 1 repeticiones al 75% de 1RM y 1 serie × 1 repeticiones al 90% de 1RM, se utilizó una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, España), que garantiza un desplazamiento vertical suave de la barra a lo largo de una trayectoria fija, en todas las sesiones. Un sistema de medición dinámico (T-Force System; Ergotech, Murcia, España) calculó automáticamente los parámetros cinemáticos relevantes de cada repetición, proporcionó retroalimentación auditiva de la velocidad y el desplazamiento, y almacenó los datos para su análisis. Este sistema consta de un transductor lineal de velocidad conectado a un ordenador personal mediante una tarjeta de adquisición de datos analógico.

### **Análisis estadístico**

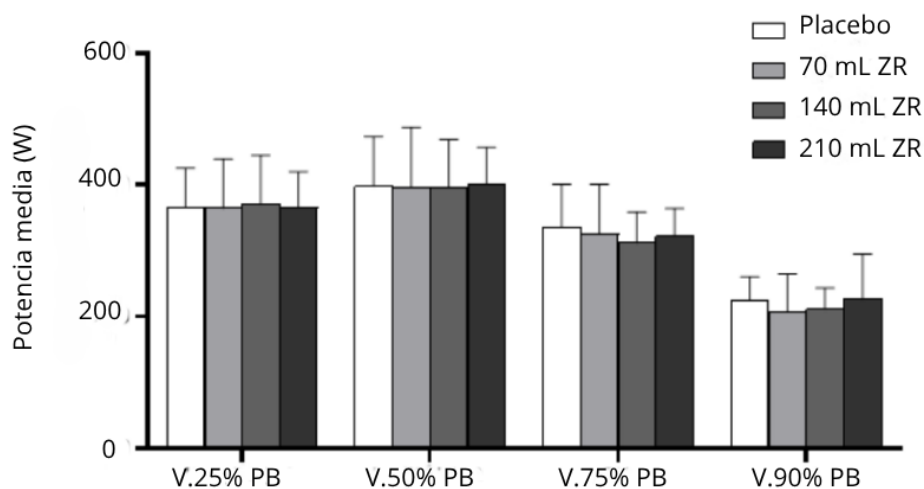
Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar. Se utilizaron ANOVAs de medidas repetidas de un factor para analizar las diferencias en el rendimiento neuromuscular entre las distintas condiciones evaluadas en el press de banca (0 mL, 70 mL, 140 mL y 210 mL de  $\text{NO}_3^-$ ). Los tamaños del efecto para los ANOVAs se estimaron mediante eta cuadrado parcial ( $\eta^2$ ), considerando efectos pequeños, moderados y grandes como 0.01, 0.06 y 0.14, respectivamente (Cohen, 1988). La significación estadística se estableció en  $p \leq 0.05$  y todos los análisis se realizaron con SPSS versión 20 (IBM, Armonk, NY).

## Resultados

No se encontraron diferencias significativas entre las condiciones (ZR vs. PLA) en ninguna de las dosis evaluadas (70 ml, 140 ml y 210 ml) para las cuatro cargas analizadas (25%, 50%, 75% y 90% de una repetición máxima, 1RM) en la velocidad ( $p = 0.868$ ;  $\eta^2 = 0.02$ ; Figura 1) ni en la potencia ( $p = 0.982$ ;  $\eta^2 = 0.01$ ; Figura 2) durante el press de banca.



**Figura 2.** Efectos del zumo de remolacha (ZR) o placebo (PLA) en la velocidad propulsiva de movimiento en press de banca a diferentes cargas (25%, 50%, 75% y 90% de 1RM).



**Figura 3.** Efectos del zumo de remolacha (ZR) o placebo (PLA) sobre la potencia muscular generada en el press de banca a diferentes cargas (25%, 50%, 75% y 90% de 1RM).

## Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que la ingesta aguda de diferentes dosis de zumo de remolacha (70 mL, 140 mL y 210 mL) no produjo mejoras significativas en la velocidad ni en la potencia durante el ejercicio de press de banca en sujetos jóvenes entrenados. Estos hallazgos sugieren que, en el contexto de ejercicios de fuerza del tren superior, la suplementación con zumo de remolacha podría no tener un efecto ergogénico relevante.

Los hallazgos encontrados en este trabajo fin de grado son consistentes con investigaciones previas que han analizado el efecto del zumo de remolacha sobre el rendimiento en ejercicios de fuerza. En este sentido, Williams et al. (2020) observaron mejoras significativas en la velocidad, la potencia y el volumen total de repeticiones realizadas en press de banca tras la suplementación aguda con 70 mL de zumo de remolacha (6.4 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ) en sujetos entrenados. Sin embargo, en el presente estudio no se encontraron mejoras significativas con ninguna de las dosis administradas, lo que podría deberse a diferencias metodológicas relacionadas con el tipo de protocolo empleado o las variables analizadas. Además, Mosher et al. (2016) analizaron el efecto de un suplemento potenciador del óxido nítrico en un protocolo de press de banca al 60% de 1RM realizado hasta el fallo, observando un aumento significativo en el número de repeticiones y en el volumen total de carga levantada. Estas diferencias con nuestro estudio podrían explicarse por el tipo de esfuerzo evaluado, ya que los posibles efectos ergogénicos de los nitratos parecen ser más evidentes en ejercicios de carácter submáximo o de resistencia muscular. Asimismo, revisiones sobre suplementación deportiva han señalado que la efectividad ergogénica de los nitratos puede variar en función del contexto de uso, del protocolo empleado y del tipo de ejercicio realizado, mostrando resultados menos consistentes en pruebas de fuerza máxima o potencia muscular (Kerksick et al., 2018; Maughan et al., 2018).

Desde un punto de vista fisiológico, los efectos de la ingesta de nitratos se han relacionado principalmente con mejoras en la eficiencia muscular y en la perfusión sanguínea, lo que podría favorecer el rendimiento en ejercicios de carácter aeróbico o de intensidad submáxima (Jones, 2014). Sin embargo, en ejercicios de fuerza, el

rendimiento depende en mayor medida de factores neuromusculares, como la activación de unidades motoras y la capacidad de generar fuerza rápidamente (Suchomel et al., 2018), lo que podría explicar la ausencia de efectos significativos observados en el presente estudio. Además, el press de banca implica principalmente musculatura del tren superior, donde la masa muscular total implicada es menor en comparación con ejercicios multiarticulares del tren inferior, como la sentadilla (Padulo et al., 2015). Esto podría limitar el impacto de una mejora en la disponibilidad de oxígeno o en el flujo sanguíneo derivada de la suplementación con nitratos, reduciendo así su posible efecto ergogénico en este tipo de ejercicios. Por otro lado, el nivel de entrenamiento de los participantes puede haber influido en los resultados obtenidos, esto es debido a que en sujetos altamente entrenados, las adaptaciones neuromusculares y metabólicas ya están muy desarrolladas, lo que podría reducir la magnitud de los efectos de intervenciones agudas como la suplementación con zumo de remolacha (Suchomel et al., 2018). En este sentido, algunos estudios han sugerido que los efectos del zumo de remolacha pueden ser más evidentes en poblaciones menos entrenadas o en contextos donde la eficiencia metabólica tenga un papel más determinante (Jones, 2014), por tanto, sería interesante analizar la influencia que puede tener la suplementación con zumo de remolacha ante esfuerzos máximos (e.g. rendimiento de press de banca hasta el fallo) A pesar de la ausencia de diferencias significativas, este estudio aporta información relevante sobre la influencia de diferentes dosis de zumo de remolacha en el rendimiento neuromuscular, mostrando que el incremento de la dosis no conlleva necesariamente una mejora del rendimiento en ejercicios de fuerza del tren superior. Estos resultados refuerzan la idea de que la efectividad de la suplementación puede variar en función del contexto de uso y del tipo de protocolo empleado (Maughan et al., 2018).

Referente a las limitaciones del estudio, es necesario señalar algunas relevantes. En primer lugar, el reducido tamaño muestral puede limitar la potencia estadística para detectar diferencias entre condiciones. En segundo lugar, el carácter agudo de la intervención impide extrapolar los resultados a los efectos crónicos de la suplementación, los cuales podrían inducir adaptaciones diferentes a largo plazo. (Kerksick et al., 2018). En tercer lugar, la participación de solamente participantes masculinos limita la generalización de los hallazgos, por lo que futuros estudios

deberían analizar el impacto de la ingesta de zumo de remolacha sobre el rendimiento neuromuscular en mujeres.

## **Conclusión**

La ingesta de dosis comprendidas entre 70 mL (6.4 mmol  $\text{NO}_3^-$ ), 140 mL (12.8 mmol  $\text{NO}_3^-$ ) y 210 mL (19.6 mmol  $\text{NO}_3^-$ ) de zumo de remolacha rico en nitratos no parece mejorar ni la velocidad de ejecución ni la potencia muscular en sujetos masculinos altamente entrenados durante el press de banca.

## **Bibliografía:**

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Currier, B. S., D'Souza, A. C., Singh, M. A. F., Lowisz, C. V., Rawson, E. S., Schoenfeld, B. J., Smith-Ryan, A. E., Steen, J. P., Thomas, G. A., Triplett, N. T., Washington, T. A., Werner, T. J., & Phillips, S. M. (2026). American College of Sports Medicine position stand: Resistance training prescription for muscle function, hypertrophy, and physical performance in healthy adults: An overview of reviews. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *58*(4), 851–872. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003897>

Domínguez, R., Maté-Muñoz, J. L., Cuenca, E., García-Fernández, P., Mata-Ordoñez, F., Lozano-Estevan, M. C., Veiga-Herreros, P., da Silva, S. F., & Garnacho-Castaño, M. V. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*, 2. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0204-9>

Govoni, M., Jansson, E. A., Weitzberg, E., & Lundberg, J. O. (2008). The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load is markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. *Nitric Oxide*, *19*(4), 333–337. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2008.08.003>

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, *31*(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

Hernández, A., Schiffer, T. A., Ivarsson, N., Cheng, A. J., Bruton, J. D., Lundberg, J. O., Weitzberg, E., & Westerblad, H. (2012). Dietary nitrate increases tetanic  $[Ca^{2+}]_i$  and contractile force in mouse fast-twitch muscle. *The Journal of Physiology*, *590*(15), 3575–3583. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.232777>

Jones, A. M. (2014). Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*, *44*(Suppl 1), S35–S45. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0149-y>

Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., Galvan, E., Greenwood, M., Lowery, L. M., Wildman, R., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition

review update: Research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>

Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>

Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871–877. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>

Lim, C., Kim, H. J., Morton, R. W., Harris, R., Phillips, B. E., McGlory, C., Wilkinson, D. J., Baker, S. K., Brook, M. S., & Phillips, S. M. (2022). An evidence-based narrative review of mechanisms of resistance exercise-induced human skeletal muscle hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(9), 1546–1559. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002925>

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>

Mosher, S. L., Sparks, S. A., Williams, E. L., Bentley, D. J., & McNaughton, L. R. (2016). Ingestion of a nitric oxide enhancing supplement improves resistance exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(12), 3520–3524. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001437>

Padulo, J., Laffaye, G., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2015). Bench press exercise: The key points. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(6), 604–608.

Saeterbakken, A. H., Mo, D. A., Scott, S., & Andersen, V. (2017). The Effects of Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance. *Journal of Human Kinetics*, 57, 61–71. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0047>

- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Tan, R., Lincoln, I. G., Paniagua, K. K., Foster, J. M., Wideen, L. E., Gerardo, R. T., Ornelas, N. J., Tchaprastian, I., Li, J., Egiazarian, M., Rowland, S. N., Bailey, S. J., & Pennell, A. (2025). The effect of dietary nitrate supplementation on resistance exercise performance: A dose-response investigation. *European Journal of Applied Physiology*, 125(10), 2869–2883. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05779-1>
- Van Hooren, B., Aagaard, P., & Blazevich, A. J. (2024). Optimizing resistance training for sprint and endurance athletes: Balancing positive and negative adaptations. *Sports Medicine*, 54(12), 3019–3050. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02110-4>
- Wickham, K. A., & Spriet, L. L. (2019). No longer beeting around the bush: A review of potential sex differences with dietary nitrate supplementation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(9), 915–924. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0063>
- Williams, T. D., Martin, M. P., Mintz, J. A., Rogers, R. R., & Ballmann, C. G. (2020). Effect of acute beetroot juice supplementation on bench press power, velocity, and repetition volume. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(4), 924–928. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003509>
- Wylie, L. J., Kelly, J., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Skiba, P. F., Winyard, P. G., Jeukendrup, A. E., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2013). Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology*, 115(3), 325–336. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00372.2013>