



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Alumno: Hugo Bellaneda Fernández

Director: Diego Moreno Pérez

Curso: 2020/2021

Fecha de presentación: 10 de diciembre de 2020

SUPLEMENTACIÓN CON ZUMO DE REMOLACHA EN VELOCISTAS Y MEDIOFONDISTAS

Investigación aplicada

Alumno: Hugo Bellaneda Fernández

Director: Diego Moreno Pérez

Fecha de presentación: 10 de diciembre de 2020

ÍNDICE

1. RESUMEN	5
ABSTRACT	6
➤ PALABRAS CLAVE:	7
➤ KEYWORDS:	7
2. INTRODUCCIÓN	8
3. MARCO TEÓRICO	11
3.1. Historia del atletismo	11
3.2. Factores determinantes del rendimiento	13
➤ POTENCIA AERÓBICA: VO₂ MAX	13
➤ CAPACIDAD AERÓBICA: UMBRAL ANAERÓBICO	14
➤ EFICIENCIA ENERGÉTICA	16
➤ CAPACIDAD Y POTENCIA ANAERÓBICA	17
3.3. Ayudas ergogénicas	18
3.4. Ayudas ergogénicas nutricionales – suplementos dietéticos	21
3.4.1. Macronutrientes	21
➤ HIDRATOS DE CARBONO	21
➤ PROTEÍNAS	23
➤ GRASAS	25
3.4.2. Otras sustancias	26
3.5. Estudios de investigación entre el efecto de los nitratos del zumo de remolacha y el deporte	28
4. OBJETIVOS	43
5. METODOLOGÍA	46
5.1. Muestra	48
5.2. Composición corporal	51
5.3. Diseño experimental	52
5.4. Mediciones	53
➤ TEST DE SALTO	57
➤ TEST FUERZA ISOMÉTRICA	59
➤ TEST DE VELOCIDAD	60
6. RESULTADOS	62
➤ TEST DE SALTO Y FUERZA ISOMÉTRICA	64
➤ TEST DE VELOCIDAD 60m Y 100m	65
7. DISCUSIÓN	67

7.2. Futuras líneas de investigación.....	70
7.3. Conclusiones	71
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. RESUMEN

En el presente trabajo fin de grado, se realizó una revisión bibliográfica sobre la suplementación de zumo de remolacha en velocistas y mediofondistas, para comprobar posibles evidencias entre su ingesta y el rendimiento deportivo.

La literatura nos dice, que existen beneficios de la ingesta de zumo de remolacha en deportistas de resistencia. En cambio, en deportes intermitentes o pruebas de velocidad no se han hallado evidencias consistentes como para afirmar que la toma de 140ml de este suplemento, provocan cambios en el rendimiento deportivo.

Para determinar estas evidencias se establecieron objetivos generales y específicos, junto a una serie de hipótesis, en relación a la intervención del estudio.

Durante el estudio, realizado en dos días no consecutivos, se comprobó la diferencia entre la ingesta de zumo de remolacha y placebo en 14 deportistas de distintas modalidades, con años de experiencia en competiciones y entrenamientos de alta intensidad.

Estas pruebas, se realizaron en el mismo orden durante los dos días para hallar las posibles evidencias. La muestra se dividió en dos grupos, siendo ambos grupos control y experimental, repitiendo las mismas pruebas de evaluación en días no consecutivos. Completaron un calentamiento previo a realizar a las pruebas de salto, que consistían en realizar salto con contra movimiento (CMJ) y squat jump (SJ). Posteriormente una prueba de fuerza isométrica con un dinamómetro de mano.

Para finalizar, los atletas realizaron test de velocidad de 60m y 100m, utilizando fotocélulas.

No se hallaron resultados significativos en ninguna de las pruebas, ni cambios descriptivos tal y como se muestra en el tamaño del efecto (Cohen, 1998).

Como conclusión, el presente estudio descrito a lo largo de este trabajo fin de grado, no muestra beneficios sobre la ingesta de jugo de remolacha en velocistas y mediofondistas.

ABSTRACT

In the present end of degree work, a bibliographic review on the supplementation of beet juice in sprinters and middle-distance runners was carried out, to check evidence on whether this intake affects sports performance.

The literature tells us that there are benefits of beet juice intake in endurance athletes. On the other hand, in intermittent sports or speed tests, no consistent evidence has been found that the intake of 140ml of this supplement causes changes in sports performance.

To determine this evidence, general and specific objectives were established, along with a series of hypotheses, in relation to the intervention of the study

During the study, carried out on two non-consecutive days, the difference between beet juice intake and placebo was verified in 15 athletes of different modalities, with years of experience in high intensity competitions and training.

These tests were carried out in the same order during the two days in order to find possible evidence. They completed a warm-up prior to the jumping tests, which consisted of jumping with counter movement (CMJ) and squat jump (SJ). Afterwards, an isometric force test with a hand dynamometer.

Finally, the athletes performed speed tests of 60m and 100m, using photocells.

No significant results were found in either test or were there any descriptive changes as shown in the effect size (Cohen, 1998).

As a conclusion, the present study described throughout this end of degree work, does not show benefits on the intake of beet juice in sprinters and middle-distance runners.

➤ **PALABRAS CLAVE:**

- Zumo de remolacha
- Placebo
- NO_3 : Nitrato
- Rendimiento deportivo
- Suplementación

➤ **KEYWORDS:**

- Beetroot juice
- Placebo
- NO_3 : Nitrate
- Sports performance
- Supplementation

2. INTRODUCCIÓN

El zumo de remolacha rico por su alto contenido en nitratos ha sido utilizado como ayuda ergogénica en deportes cíclicos y acíclicos, para comprobar sus beneficios en el rendimiento deportivo, a través de distintas pruebas. Esta nueva aportación dentro del ámbito de la actividad física supone para numerosos investigadores, la posibilidad de conseguir un nuevo suplemento para obtener en atletas de diferentes disciplinas deportivas, el máximo rendimiento tanto en entrenamientos como durante la competición.

La principal motivación por la cual he seleccionado este trabajo fin de grado se relaciona con temas que constituyen dos aspectos fundamentales en la actividad física: el entrenamiento y la nutrición. Desde que comencé la carrera de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, me ha interesado el efecto que puede tener la nutrición y suplementos deportivos con el rendimiento tanto en deportes cíclicos como acíclicos.

Junto a esto, el reto que supone trabajar a través de un deporte como es el atletismo con sus distintas disciplinas las cuales, previamente no tenía los suficientes conocimientos, pero una vez finalizado el presente trabajo, ha supuesto una adquisición de numerosas herramientas.

A lo largo de mi vida, he practicado diversos deportes, pero nunca un deporte individual como es el atletismo, pero el hecho de haber investigado e incluso participado dentro de este estudio me ha hecho descubrir y experimentar aspectos y ámbitos básicos, pero sobre todo fundamentales e interesantes para complementar mi formación.

Esto supone, la siguiente reflexión, y es que no se necesita tener un alto nivel de conocimiento de todos los deportes como para poder realizar un estudio para comprobar (como es en este caso), una nueva suplementación, ya que el zumo de remolacha ha sido utilizado, en deportes intermitentes como fútbol, baloncesto o tenis, deportes de resistencia o pruebas de velocidad.

El hecho de poder participar en esta investigación y estar en contacto con los atletas e investigadores de diferentes universidades y clubs de atletismo supuso una gran

motivación para realizar detalladamente el desarrollo del estudio sobre la ingesta de zumo de remolacha.

Así mismo, considero relevante la utilización en primera persona de herramientas como las fotocélulas, plataforma de salto o dinamómetro, para mi proceso de aprendizaje ya que al igual que otros estudios sobre la ingesta de jugo de remolacha, el procedimiento ha sido similar y, por lo tanto, se establece una gran similitud entre la revisión bibliográfica y la intervención llevada a cabo para comprobar si se hallaron diferencias significativas.

Para finalizar, me gustaría añadir que la realización de este trabajo me ha hecho investigar, fundamentar aspectos que nunca había conocido ni trabajado con ellos, pero que han supuesto una gran incorporación de herramientas para mi formación deportiva.

Marco teórico

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Historia del atletismo

Introducirnos en la historia el atletismo como deporte profesional hoy en día, nos lleva a bucear en la historia de la humanidad. Los orígenes del atletismo son tan antiguos como el hombre. Correr, saltar y lanzar son algunos de las destrezas motrices básicas que hacen posible el desarrollo de este deporte con sus distintas modalidades (Sant, 2005).

Se piensa que el hombre ya realizaba ejercicios de fuerza, resistencia o velocidad hace 3.500 años a.C. Dentro de las grandes civilizaciones que se conocen, los egipcios fueron los primeros en desarrollar el atletismo como deporte. También existen antecedentes en los Tailtean Games disputados en Irlanda, en los cuales, se realizaban lanzamientos de martillo y saltos de altura. Estos “juegos” se piensa que se llegaron a practicar hasta el siglo XIV d.C. (Hornillos-Baz, 2000).

Desde el año 775 a.C, se conocen los Juegos de Olimpia (Grecia), donde se celebraba la carrera del estadio y la prueba de velocidad. El ganador de estas pruebas tenía el honor de encender la llama del sacrificio al dios Zeus, en cuyo honor se hacían estos juegos. Estos juegos se consideran previos a lo que hoy en día conocemos como los Juegos Olímpicos, ya que los juegos de Olimpia van evolucionando hacía las actividades de lucha. Junto a esto, Alejandro Magno y el imperio romano muestra una actitud de rechazo hacia el antiguo espíritu olímpico, junto a una violación de las normas. Esto se aprecia en los combates o luchas con sangre y vidas humanas en juego para conseguir un mayor interés por la competición (Baz, 2000).

Respecto a las principales influencias modernas que suponen el renacimiento del atletismo, se producen en los siglos XVIII y XIX en Inglaterra. En esta época existían las pruebas de fondo, celebradas en hipódromos y campos de cricket. También adquiere protagonismo la carrera de la milla. Aunque la gran aportación al atletismo surge en las universidades y escuelas inglesas, siendo el pedagogo Thomas Arnold (1795-1843),

director del Rugby Collage, quien reglamenta y sistematiza las actividades físicas en el atletismo y el deporte en general (Baz 2000).

Teniendo en cuenta al atletismo como deporte moderno y con la estructura que hoy en día conocemos, debemos remontarnos a la Inglaterra del siglo XIX (1837), al Eton Collage, donde se organiza una competición entre los alumnos de la escuela y por tanto empieza sonar las primeras noticias, pero es en Nueva Jersey cuando un periódico realiza la primera crónica sobre una competición atlética (Sant, 2005).

Es imprescindible destacar las especialidades atléticas que componen este deporte ya que contemplar al atletismo como un solo deporte sería un error.

Dentro de las especialidades oficiales de pista al aire libre están las carreras (velocidad, vallas, medio fondo, fondo, gran fondo, relevos), los saltos (salto de altura, longitud, con pértiga y triple salto), los lanzamientos (peso, disco, martillo y jabalina), las pruebas combinadas (decatlón y heptatlón), las marcha atlética (50 km marcha en categorías masculina y 20 km en categoría masculina y femenina) y especialidades oficiosas que se tratan de aquellas especialidades, en especial, las carreras y marcha que cuenta con distancias no oficiales pero con resultados homologados como es la milla o 3.000 metros lisos (Burke, 2015).

Por otro lado, se encuentra el atletismo indoor, donde las especialidades se celebran en recinto cubiertos. Cabe destacar que la primera competición indoor se celebró en 1861 en el Young Men's Gymnastic Club de Cincinnati, pero no es hasta 1966 cuando en Dortmund se celebran los primeros Juegos Europeos en pista cubierta. Cuatro años más tarde, estos juegos se convertirían en Campeonatos de Europa (Sant, 2005). Respecto a el primer campeonato mundial, se celebra en Indianápolis en 1987.

Sin embargo, la competición con más importancia y prestigio son los famosos Juegos Olímpicos.

Desde sus inicios, a finales del siglo XIX, Pierre de Coubertain siempre ha buscado expandirlo mundialmente de tal forma que sus valores pudieran llegar a todas las partes del mundo. El atletismo es el único deporte junto a la esgrima y la natación que ha estado presente en todas las ediciones de los Juegos Olímpicos de la Era Moderna.

Posiblemente sea el deporte más laureado. Desde Atenas 1896 ha sido el que más espectadores ha recogido y de hecho es el que registra mayor cantidad de héroes olímpicos (Barrero, 2011).

3.2. Factores determinantes del rendimiento.

En relación a las competiciones de carrera a pie de fondo y medio fondo, existen una serie de factores que determinan el rendimiento en estas pruebas de resistencia cíclica. Estas variables que interactúan entre sí se clasifican en: consumo de oxígeno máximo ($VO_2\text{max}$), velocidad aeróbica máxima (VAM), economía de carrera, y capacidad / potencia anaeróbica (Brandon 1995, O'Toole y Douglas 1995, Jones y Carter 2000, Hauswirth y Lehénaff 2001):

➤ POTENCIA AERÓBICA: $VO_2\text{MAX}$

La potencia aeróbica se muestra relacionada con el $VO_2\text{max}$ y supone un esfuerzo en progresión en el cual, pese a incrementar la velocidad o potencia, ya no se incrementaría el VO_2 (La Valle, 2000).

En niveles de resistencia bajo o medio es el que mejor define el desarrollo cardiorrespiratorio de una persona. Ante de una persona con bajo nivel de resistencia, el VO_2 se puede mejorar con relativa facilidad y esas mejoras por muy pequeñas que sean, suponen beneficios en la funcionalidad cardiorrespiratorias.

En atletas muy entrenados con apenas margen de mejora en este parámetro, necesitan mejorar otras variables para ser capaces de seguir mejorando su rendimiento deportivo. Estos corredores podrían seguir mejorando la velocidad en la que se desarrolla la potencia aeróbica, gracias a una mejora en la mecánica de carrera, permitiéndoles ir más rápido con el mismo o inferior valor de VO_2 . Esta velocidad, asociada a la carga mínima en la que en un test progresivo se alcanza el $VO_2\text{max}$, se denomina velocidad aeróbica máxima (VAM). Este concepto mantiene una estrecha relación con la economía de carrera ya que se puede predecir el rendimiento que va a tener un atleta durante una carrera de fondo (La Valle, 2000).

El entrenamiento de un atleta debe estar sujeto a una planificación marcada a lo largo de la temporada por factores limitantes y determinantes.

Los factores limitantes son aquellas cualidades que no determinan las acciones específicas de cara a la competición, pero si no existen un nivel mínimo de estos factores, se estaría condicionado únicamente a la mejora de los factores determinantes, los cuales se trabajan de manera específica (Turner, 2011).

Cabe destacar que el $VO_2\text{max}$ es un factor determinante en pruebas de corta duración, y limitante en pruebas de larga duración. El $VO_2\text{max}$ es importante para facilitar la rápida recuperación de los esfuerzos breves e intensos (rápida recuperación de los esfuerzos glucolíticos) (Turner, 2011).

Otro factor a tener en cuenta es la VAM (Velocidad Aeróbica Máxima), la cual supone la mínima velocidad durante una prueba progresiva en la que se alcanza ya el $VO_2\text{max}$. Este concepto mantiene una estrecha relación con la economía de carrera ya que se puede predecir el rendimiento que va a tener un atleta durante una carrera de fondo.

➤ **CAPACIDAD AERÓBICA: UMBRAL ANAERÓBICO**

El umbral anaeróbico representa la zona de entrenamiento en la que un deportista puede realizar un esfuerzo a alta intensidad durante un tiempo determinado.

El umbral anaeróbico se identifica a través de la zona crítica de intensidad la cual se limita especialmente durante la prolongación del ejercicio. Cuando una persona comienza un ejercicio de menor a mayor intensidad, la fatiga no es siempre proporcional al incremento, es decir, existe un momento a partir en el cual se aumentan las dificultades y la sensación de fatiga. Este aumento intensidad se relaciona con la agitación respiratoria, dificultades a la hora de conversar o con una percepción de esfuerzo de 7 sobre 10 (Esteve-Lanao, 2014).

Para determinar el umbral anaeróbico de una persona, exceptuando las formas de determinación en laboratorios y protocolos de lactato, las formas habituales se presentan a través de pruebas de campo como son los test progresivos, ya sean sin pausas y a velocidades constantes o realizando registros de la frecuencia cardiaca (Vila Nova de Moraes et al., 2018)

Es importante tener en cuenta la intervención de cada músculo durante el gesto cíclico ya que cada uno de ellos tiene su umbral.

En comparación con el $VO_2\text{max}$, mientras que este llega un nivel en el cual no es posible la mejora, el umbral anaeróbico de una persona sí que puede seguir mejorando.

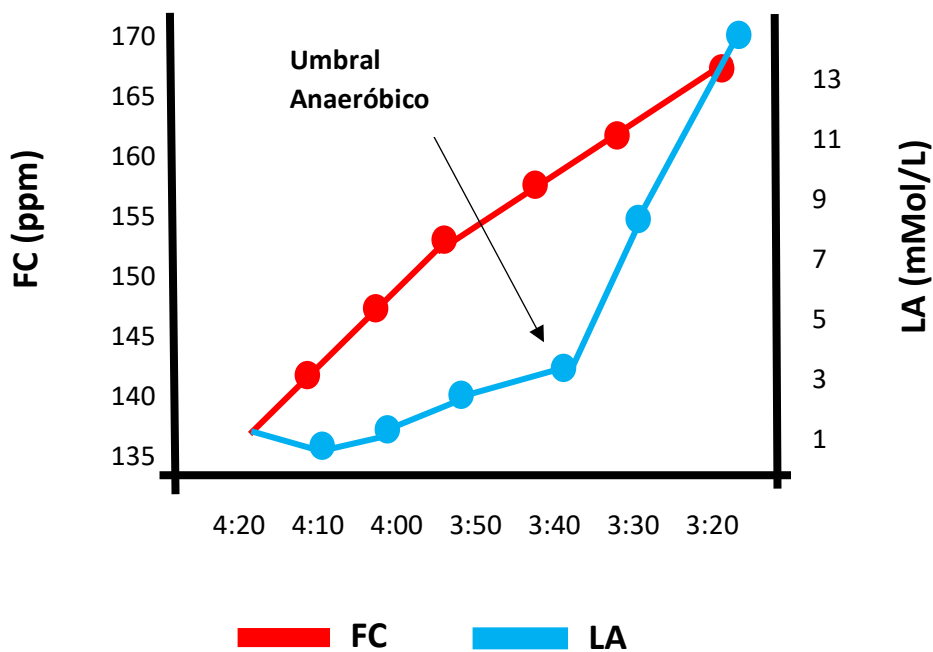


Figura 3.1. Evaluación del umbral anaeróbico

➤ EFICIENCIA ENERGÉTICA

La economía o eficiencia energética representa la habilidad para gastar la menor energía posible a una determinada velocidad o carga de trabajo. El diseño de nuestro organismo es bastante ineficiente, ya que solo un 20% de la energía se destina al ejercicio y un 80% a generar y evacuar calor (Turner, 2011).

La eficiencia energética se puede medir de diferentes maneras, pero en definitiva en condiciones de laboratorio supone el VO_2 solicitado a una velocidad constante determinada. El índice que se utiliza de manera habitual mide el gasto energético por distancia, considerando el VO_2 y la carga de trabajo (velocidad) (ml/kg/km).

Uno de los aspectos que más condiciona el gasto energético durante un esfuerzo de carrera a pie es la intervención de las diferentes fibras musculares. A priori, durante cualquier esfuerzo su máximo existe una mayor sollicitación de fibras lentas, las cuales, son más oxidativas. El problema aparece cuando existe una fatiga considerable de estas, requiriendo la intervención de un mayor número de fibras rápidas, que necesitan un mayor consumo de oxígeno, aumentando por tanto el gasto energético.

Este concepto es esencial en esfuerzos de mayor duración, en los que se intenta mantener el máximo tiempo posible una cantidad de energía determinada. Incluso en deportistas profesionales, parece que es el factor más determinante del rendimiento en cualquier esfuerzo de resistencia.

A pesar de la parte estructural, el porcentaje de fibras que dispone cada atleta, existen muchos otros factores entrenables, que pueden afectar a la economía de carrera. El volumen de entrenamiento y el trabajo de fuerza son dos de los más destacados.

➤ **CAPACIDAD Y POTENCIA ANAERÓBICA**

El rendimiento físico durante los distintos umbrales anaeróbicos se representa a través del $VO_2\text{max}$. Una vez alcanzado este umbral, el ácido láctico o lactato empieza a acumularse en la sangre, con la consecuencia de la disminución del rendimiento debido al aumento de la fatiga (Joyner & Coyle, 2008).

La capacidad láctica se relacionaría con la habilidad para mantener límites de más de 1 min y menos de 6 min, y la potencia láctica para pruebas de menos de 2 min.

Cuando hablamos de estos umbrales, nos referimos a intensidades superiores al $VO_2\text{max}$, ya que la única forma de aumentar la intensidad es a través de vías anaeróbicas (Millikonsky, 1993).

En cuanto a la relevancia de este factor, la capacidad y potencia anaeróbica no se considera destacable en esfuerzos de resistencia de larga duración. En cambio, en prueba de mediodondo y velocidad prolongada, es uno de los factores que más peso tiene.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, es difícil medir la capacidad y potencia anaeróbica ya que no existen intensidades fisiológicas claramente identificables. Por lo tanto, la opción más fiable y eficiente para la realizar la medición sería a través de pruebas de lactato.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, es difícil medir la capacidad y potencia anaeróbica ya que no existen intensidades fisiológicas claramente identificables. Por lo tanto, la opción más fiable y eficiente para realizar la medición sería a través de pruebas el lactato (Joyner & Coyle, 2008).

Además de la capacidad/potencia anaeróbica que son determinantes en esfuerzos inferiores a 6 min, la capacidad/potencia aláctica serían claves en esfuerzos puros de velocidad corta. Dentro de las zonas de trabajo y como referente de la intensidad para el entrenamiento anaeróbico, se realiza la siguiente distribución:

La tabla 3.1. Muestra de los umbrales anaeróbicos. Representación de las mejoras del VO_2max

	Intensidad (%)	Duración del ejercicio	Duración de las pausas
Potencia aláctica	100-98%	0-6"	2-4'
Capacidad aláctica	97-95%	6-15"	30"-2'
Potencia láctica	95-91%	30-90"	
Capacidad láctica	86-81%	30-50" a 2-4'	1-3'

3.3. Ayudas ergogénicas

A lo largo de la historia del deporte, tanto a nivel amateur como profesional, se ha buscado la mejora en el rendimiento y reducir la fatiga para obtener una mejora de la economía o eficiencia energética durante el entrenamiento, con el fin de llegar a conseguir un objetivo concreto de cara a la competición. Para ello, una de las formas de obtener lo anteriormente mencionado, es el uso de diferentes ayudas descritas en este apartado (Negueruela, 2014).

Desde hace siglos, el ser humano ha ingerido diversas sustancias para mejorar el rendimiento, siendo algunas de estas ilegales como el uso de esteroides, anfetaminas u otros estimulantes. Actualmente este tipo de sustancias están prohibidas, de forma que aquellos deportistas seas detectados en los controles antidopaje, serán sancionados. Algunas de las autoridades deportivas son: la agencia mundial antidopaje, USADA, Anti-Doping Agency.

Durante la época de la Antigua Grecia, se consumían suplementos como las setas para obtener un mayor rendimiento. Sin embargo, no es hasta el siglo XIX cuando se comienzan a catalogar sustancias como la cafeína, nitroglicerina y glucosa empapada en éter, en deportistas dedicados al ciclismo o corredores de velocidad y resistencia (Negueruela, 2014).

Se distinguen cinco tipos de ayudas ergogénicas según Melvin Williams (1998):

- 1) **Ayudas Biomecánicas y mecánicas:** estas ayudas constan del material deportivo características de cada deporte, cuyo objetivo se basa en mejorar el rendimiento deportivo durante la competición y entrenamientos. Algunos ejemplos de estos materiales son: zapatillas, bañadores de competición, tiras nasales o bicicletas.
- 2) **Ayudas psicológicas:** estas ayudas surgen a partir de la necesidad del deportista para controlar el estrés, la ansiedad, controlar las diversas técnicas de motivación o incluso la hipnosis. Por lo tanto, son aquellas técnicas que es un psicólogo utiliza para que un deportista obtenga el máximo rendimiento.
- 3) **Ayudas farmacológicas:** son aquellas sustancias químicas que se introducen en el organismo para conseguir un mayor rendimiento, controlando también la fatiga, como por ejemplo la cafeína. Existen algunas sustancias farmacológicas como los anabolizantes o esteroides están prohibidas acarreando sanciones graves a los deportistas. Son consideradas sustancias dopantes.
- 4) **Ayudas fisiológicas:** estas sustancias son aquellas que su consumo proporciona un aumento del rendimientos y recuperación. La diferencia con las ayudas farmacológicas es que éstas suceden de forma natural en el organismo. Algunas de estas sustancias con el fosfato sódico, bicarbonato sódico o citrato sódico.

5) **Ayudas nutricionales:** las ayudas nutricionales son los complementos alimenticios cuya ingestión supone una mejora del rendimiento y recuperación deportiva. A día de hoy existen una gran variedad de suplementos nutricionales tales como las proteínas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono o ácidos grasos.

De todas las ayudas, las ergogénicas, las nutricionales son las que más se usan debido a la amplia variedad de productos de los que un deportista aficionado o profesional dispone para la mejora de su rendimiento y recuperación (Figuerola y Naclerio, 2014).

3.4. Ayudas ergogénicas nutricionales – suplementos dietéticos

3.4.1. Macronutrientes

Los macronutrientes son aquellas sustancias que suministran energía al organismo para su correcto funcionamiento, junto a otros elementos necesarios para reparar y construir estructuras orgánicas, desarrollar el crecimiento y regular los procesos metabólicos (Williams, 1998).

➤ HIDRATOS DE CARBONO

Una de las funciones principales de los CHO es energético. Los CHO constituyen un nutriente imprescindible ya que suministran la glucosa necesaria para producir energía, lo que conlleva a buen rendimiento físico y mental y el correcto funcionamiento de las vías energéticas (González et al., s. f.)

Durante un ejercicio de mayor intensidad, el combustible principal son los CHO que son almacenados previamente, ya sea en forma de glucógeno muscular o bien como glucógeno hepático. Su utilización relativa (glucosa) respecto a otras fuentes (ácidos grasos), depende principalmente de la intensidad y duración del esfuerzo (Moreno y Reinaldo, 2019).

Una de las estrategias principales dentro de los procesos de recuperación está relacionada con la cantidad de CHO suministrados, que son almacenados en forma de glucógeno muscular (Burke, 2001).

En la actualidad, cada deportista, ya sea aficionado o profesional, no aplica un mismo tipo de entrenamiento cada día ya que existen necesidades específicas en función de la especialidad deportiva de cada tipo de atleta y del momento de la temporada. En el ámbito de la nutrición deportiva, ocurre igual, cada deportista tiene o necesita un tratamiento nutricional específico para satisfacer las necesidades que se demandan, de forma que se logre el objetivo marcado. Esto supone el establecimiento de una estrecha relación entre la planificación del entrenamiento y su correcto periodo nutricional para sacar el mayor rendimiento en cada entrenamiento o competición. (Etkin, 2003)

Desde hace años, los productos naturales fueron introducidos, dentro de los cuales se encuentran los suplementos dietéticos.

Principalmente, estos suplementos tenían la intención de utilizarse en aquellas personas con déficit alimenticios o suplir mayores demandas del organismo de las habituales.

Aunque a día de hoy, el consumo de estos productos se relaciona con una mayor obtención de calidad de vida relacionada con la actividad física, suprimiendo otro tipo de tratamientos médicos y tradicionales, para la mejora del rendimiento tanto a nivel profesional como amateur (Etkin, 2003).

Para una correcta ingesta de CHO, es aconsejable, consumir con relativa frecuencia alimentos con bajo a moderado índice glucémico, mientras que, si el nivel de actividad física va aumentando, se incrementará de forma directamente proporcional, la ingesta de alimentos con moderado a alto índice glucémico (Burke, 2001)

Previo a la realización de una actividad física, se deben ingerir alimentos de moderado índice glucémico para conseguir una saturación de los depósitos de glucógeno y no provocar cambios en la glucemia sanguínea.

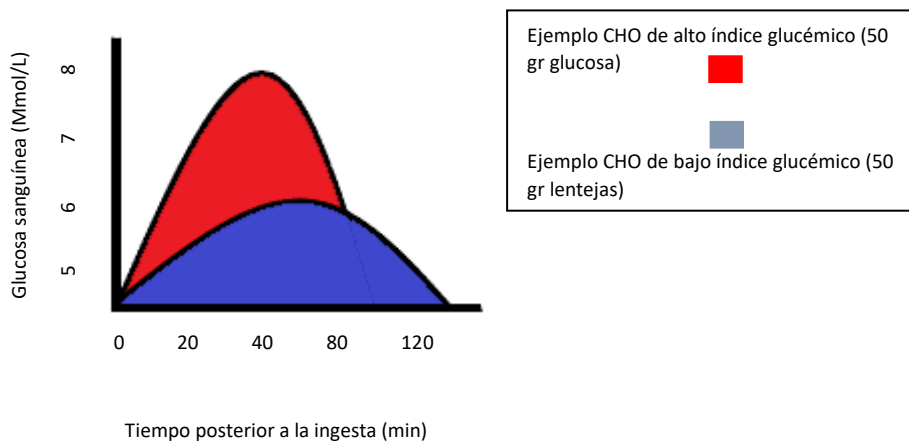


Figura 3.4.1. Efecto del índice glucémico

Por otro lado, al finalizar la actividad física, como el objetivo se basa en los procesos de recuperación, lo más conveniente será ingerir alimentos (CHO) de elevado índice glucémico (Wu & Williams, 2006).

Si el deportista se encuentra en un periodo específico/competitivo de la temporada donde las cargas de entrenamiento deben ser menores, se ajustará la ingesta de proteínas e hidratos de carbono. Para ello, durante las 24-48 horas previas a una competición, el aporte de CHO debe ser suficiente. Así mismo, si existen varias competiciones durante un periodo corto de tiempo, con pocas horas de recuperación e intensidad altas, la cantidad diaria de hidratos de carbono deberá aumentar (Moreno y Reinaldo, 2019).

➤ **PROTEÍNAS**

Las proteínas son moléculas formadas por aminoácidos. Estos aminoácidos son componentes esenciales para las proteínas ya que forman los tejidos enzimáticos y otros compuestos del organismo como los anticuerpos y material genético (Di Pasquale 1997, Lehninger, et al. 1993).

Según Newsholme & Leech (1994), las proteínas, al igual que las grasas y CHO, están constituidas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque tienen una estructura más compleja que contiene nitrógeno, sulfuro, fósforo y hierro, donde el nitrógeno constituye el 16% de la molécula.

A día de hoy, la ingesta de diferentes suplementos proteicos preparados en polvo, están bastante difundidos no solo en deportistas profesionales sino también en deportistas amateur, cuyo objetivo es mejorar su salud y actividad física. Estos preparados se obtienen a partir del huevo, la leche, la soja y el trigo (Etzel 2004, Hoffman & Falvo 2004).

Respecto al análisis de los preparados de proteínas se distinguen los siguientes:

a) Proteínas extraídas de la leche:

- El suero lácteo o fracción whey: Estas proteínas representan entre el 20% y 25% del total de proteínas de la leche y son ricas en aminoácidos, vitaminas y minerales. Estas proteínas pueden ser extraídas de diferentes formas para poder obtener proteínas en polvos, concentradas o aisladas de whey y se obtiene durante la fabricación de quesos (Etzel 2004, Naclerio Ayllón 1999).
- La caseína: la caseína representa el 75% y 80% del total de las proteínas de la leche. Contiene calcio, fósforo y otros minerales (Hoffman & Falvo 2004).

b) Proteínas extraídas del calostro de bovino:

Se trata del líquido que se secreta en los tres días posteriores a dar a luz. Es un fluido denso, imprescindible para el recién nacido ya que ofrece nutrientes para el desarrollo de los tejidos. Su aporte como suplemento nutricional podría favorecer el desarrollo muscular y la recuperación durante la actividad física, ya

que los estudios no muestran resultados concluyentes (Coombes, et al. 2002, Hoffman & Falvo 2004).

c) Proteínas extraídas de la soja:

En los últimos años se han desarrollado técnicas para elaborar preparados de proteínas extraídas de fuentes vegetales cuyo valor de digestibilidad es similar el de fuentes de proteína animal (Hoffman & Falvo 2004). Contienen elevadas cantidades de aminoácidos ramificados similares a las proteínas de suero (Hoffman & Falvo 2004).

➤ **GRASAS**

Las grasas son aquellas sustancias orgánicas que se encuentran en el tejido adiposo y algunas de sus funciones básicas se basan en la producción de energía, sujeción de los órganos y protección contra el frío. Las más frecuentes son los triglicéridos y se pueden diferenciar entre grasas saturadas y grasas insaturadas (Burke, et al. 2006).

Al igual que los hidratos de carbono y las proteínas, las grasas son utilizadas como suplementos alimenticios:

- **Aceite de germen de trigo:** este aceite se extrae de la semilla de trigo, rico en ácido graso y vitamina E. Las últimas investigaciones científicas han demostrado que este aceite no tiene un efecto ergogénico (Naclerio Ayllón 1999, Williams 2000).
- **Triglicéridos de cadena media (MCT):** Son los triglicéridos formados con ácidos grasos de cadena corta y media cuya característica principal se basa en la rápida asimilación en la sangre (Tsuji, et al. 2001). Se encuentran en la leche y algunos lácteos (Naclerio Ayllón 1999).

En cuanto a los MCT, debido a su rápida asimilación, han sido utilizados en deportistas para ahorrar glucógeno y mantener la intensidad en esfuerzos

cuando las reservas de hidratos de carbono van disminuyendo (Burke, et al. 2006).

- **Ácidos grasos Omega 3 y Omega 6:** estos ácidos grasos esenciales en la dieta ya que los nutrientes que se adquieren no pueden ser sintetizados por el propio organismo (Williams 2000).

Los ácidos grasos Omega 3, se encuentran en los aceites de pescado y su adquisición está relacionada con el desarrollo de funciones vitales como la síntesis y secreción de hormonas, absorción de nutrientes y la distribución y mejora de oxígeno desde los capilares hasta las células (Fontani, et al. 2005, Simopoulos 1991).

Según Naclerio y Ayllón (1999) las cápsulas de Omega 3 no son considerados sustancias ergogénicas sino un nutriente de la dieta habitual.

3.4.2. Otras sustancias.

El interés surgido por el zumo de remolacha surge de unas investigaciones realizadas por la Universidad de Exeter. Este jugo es utilizado como una fuente rica de nitratos (NO_3).

Los NO_3 son un compuesto formado por oxígeno y nitrógeno, que se pueden encontrar en nuestro propio cuerpo o en los alimentos. Respecto a los alimentos, el nitrato de puede encontrar en las verduras, carnes procesadas y suministro de agua (Bahadoran et al., s. f.).

En el caso de los vegetarianos, la ingesta de nitratos es superior, debido a la dieta variada en verduras.

Durante los años sesenta, existió una preocupación sobre los NO_3 y nitritos (NO_2) en los alimentos, afirmando que podrían producir problemas para la salud como el “síndrome del bebé azul”, la consecuencia de padecer cáncer. Actualmente existen evidencias sobre los beneficios de los NO_3 y NO_2 para la salud.

Hay que tener en cuenta, que en el proceso de ingestión del nitrato, el uso de enjuagues antibacterianos o gomas de mascar, reducen el aumento de nitrito en el plasma (Cuenca et al., 2018; López-Samanes, Gómez Parra, et al., 2020; López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020; Nyakayiru et al., 2017; Reynolds et al., 2020; Thompson et al., 2018).

Cabe destacar en el proceso de ingestión de los NO_3 , el compuesto químico conocido como óxido nítrico (NO), cuya función destaca por relajar el tono de los vasos sanguíneos, regular la agregación plaquetaria e intervenir en actividades del sistema inmunológico (Wylie et al., 2013).

Se ha demostrado que la suplementación con NO_3 refuerza funciones del NO, consiguiendo reducir la presión arterial.

Para conseguir evidencias sobre si la ingestión de zumo de remolacha supone un aumento significativo en el rendimiento deportivo, los primeros estudios emplearon un período corto de dieta rica en NO_3 (verduras) para comprobar si verdaderamente se aumentaban los niveles de NO_3 . En estudios actuales, se ha demostrado que la suplementación de zumo de remolacha aumenta los niveles de NO_3 en personas que consumen alimentos variados en NO_3 (Wylie et al., 2013).

3.5. Estudios de investigación entre el efecto de los nitratos del zumo de remolacha y el deporte.

El zumo de remolacha contiene un alto contenido de nitratos que una vez introducidos en el cuerpo se transforman en nitritos, con la consecuencia de obtener un aumento de NO en sangre.

Los efectos del NO producen la vasodilatación durante el flujo sanguíneo, produciendo impactos beneficiosos en el rendimiento propio de esfuerzos de resistencia. Este mecanismo permite que el coste energético sea inferior durante esfuerzos de trabajo submáximos (Jones et al., 2016). Sin embargo, la mayoría de los autores no han hallado beneficios en esfuerzos intermitentes de velocidad (López-Samanes, Gómez Parra, et al., 2020; López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020; Nyakayiru et al., 2017; Reynolds et al., 2020), a excepción de Thompson et al., (2018).

En el caso de deportes intermitentes como el tenis, fútbol o baloncesto, la literatura nos dice que sí que se han encontrado evidencias en la recarga de los depósitos de fosfocreatina y la liberación de calcio (Dominguez et al., 2018)

Por otro lado, en esfuerzos de velocidad, se ha sugerido que podría aumentar la distribución de NO hacia las fibras de tipo II y un aumentar la liberación de calcio (Jones et al., 2016)

En cuanto a los efectos colaterales el efecto que supone este suplemento es bastante improbable que el consumo de nitrato proveniente de la remolacha sea perjudicial para el rendimiento deportivo y la salud. En las algunas de las investigaciones, existen un número bajo de sujetos que han sufrido efectos, los cuales han provocado suspender la ingesta por problemas de estómago (Nyakayiru et al., 2017).

Esto puede ser debido al incumplimiento de normas previamente establecidas en los sujetos o la ingesta de dosis elevadas. También cabe destacar, la dificultad que existe para conseguir un placebo de jugo de remolacha ya que su sabor es muy característico y puede producir un color rosado en orina y heces de forma temporal (López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020).

Por lo tanto, se necesiten avances en las investigaciones para detallar la dosis ideal del suplemento de jugo de remolacha, principalmente en sujetos altamente entrenados.

Tabla 3.5.1. Resumen de estudios sobre la ingestión del zumo de remolacha para el aumento del rendimiento deportivo

REFERENCIA	N	OBJETIVOS Y VARIABLES ANALIZADAS	PROTOCOLO	PRINCIPALES HALLAZGOS
Domínguez et al 2018	12	OBJETIVO Comprobar el efecto de la suplementación del zumo de remolacha en ejercicios intermitentes con esfuerzos de altas intensidades	Prueba de ergómetro de ciclo de duración de 30 s en uno y ejercicios intermitentes de alta intensidad en los estudios restantes con intervalos de trabajo que oscilan entre 6 s y 60 s y descanso períodos de 14 s a 4 min	El jugo de remolacha mejora la liberación y recaptación de calcio en el retículo sarcoplasmático Limitaciones: Escasez de información sobre la suplementación de zumo de remolacha.
		VARIABLES ANALIZADAS		
López-Samanes et al 2020	10	OBJETIVO Ver el efecto del zumo de remolacha que tiene sobre el desarrollo físico de un jugador de tenis profesional.	- Prueba de velocidad de servicio (SVT). Se midió con una pistola de radar. Servir en un 1 × 1 m ² de área asignada en la esquina diagonal más lejana del área de servicio, realizando cinco máximos	La ingestión de 70ml de zumo de remolacha no mejora la velocidad de saque la altura de salto, la fuerza de agarre isométrica, el rendimiento de agilidad y el sprint.

	<p>VARIABLES ANALIZADAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingestión de zumo de remolacha vs placebos. - Potencia de salto (CMJ) 	<ul style="list-style-type: none"> - Salto de contra movimiento (CMJ). Se midió usando un sistema de salto infrarrojo. Tres máximos CMJ intercalado con 45 s de recuperación pasiva. - Fuerza de agarre isométrica (IHS). Se midió usando un dinamómetro de empuñadura calibrada. Dos intentos por deportista. - Prueba de agilidad 5-0-5 (5-0-5). (Smartspeed, Fusion Sport, Australia) - 10 m sprint (10-m). Se midió usando dos puertas de fotocélula. 	<p><u>LIMITACIONES</u></p> <p>La dosis de BJ (70 mL) utilizada durante este estudio fue insuficiente para estimular un efecto ergogénico en tenistas altamente entrenados</p>
--	---	---	--

Thompson <i>et al</i> 2018	6	<p>OBJETIVO</p> <p>Ver los efectos fisiológicos del zumo de remolacha y el nitrato de potasio como suplemento después de un entrenamiento interválico de 4-wk realizando sprints.</p>	<p><u>Calentamiento:</u> 5 min de ciclismo contra una resistencia a la luz, a los sujetos se les dio una cuenta atrás de 10 s e instruidos a pedalear al máximo durante 2 s antes de que se aplicara la carga adecuada.</p> <p><u>Semana 1 y 2 de entrenamiento:</u> Los sujetos realizaron cuatro sprints de 30 s 3/semana</p>	<p>El presente estudio demostró que la SIT combinada con la suplementación dietética NO₃ en forma de BR mejoró la capacidad de ejercicio en mayor medida que SIT solo y SIT combinado con la suplementación dietética NO₃ en forma de KNO₃.</p>
		<p>VARIABLES ANALIZADAS</p> <p>Presión sanguínea</p> <p>Análisis de sangre</p>	<p><u>Semana 3 y 4 de entrenamiento:</u> los sujetos realizaron cinco sprints de los 30 4/semana.</p> <p>Calentamiento de 5 min de ciclismo contra una resistencia a la luz.</p> <p><u>Pruebas de ejercicio incrementales</u></p>	

		<p>Los sujetos completaron todas las pruebas de ejercicio incremental de rampa en un ergómetro de ciclo de frenado electrónico.</p> <p><u><i>Pruebas de ejercicio escalonada</i></u></p> <p>Se realizó una prueba de "paso" de intensidad moderada de 5 minutos en la primera visita de laboratorio antes y después de la intervención. Esto se completó 10 minutos antes de que se iniciara el protocolo de prueba incremental de rampa. En la segunda visita de laboratorio antes y después de la intervención, se realizaron dos pruebas de pasos de intensidad grave, separadas por un período de descanso de 20 minutos; el primero hasta 3 min y el segundo hasta el error de la tarea.</p>	
--	--	---	--

<p>López-Samanes et al 2020</p>	<p>OBJETIVO</p> <p>Comprobar si el suplemento del jugo de remolacha mejora el rendimiento neuromuscular y la actividad de jugadores jóvenes que practican baloncesto durante los partidos. Junto a ello se realiza el estudio con placebos de forma aleatoria</p>	<p>Una batería de prueba neuromuscular que consistió en salto de contra movimiento (CMJ), fuerza isométrica de la empuñadura, una versión modificada de la prueba T de agilidad, y pruebas de sprint de 10 m y 20 m, seguida de un partido de baloncesto supervisado de 40 minutos</p> <p><u>Prueba para verificar que se tomó el suplemento y un protocolo dinámico estandarizado de 15 min:</u> 5 min de trote; 5</p>	<p>La actividad de los jugadores durante las pruebas neuromusculares y el partido de baloncesto no mostró cambios significativos con respecto a la condición de suplementación en cualquiera de las demandas físicas.</p> <p>Se observaron cambios en la altura de salto, los tiempos de sprint y la fuerza de la empuñadura en favor de BJ, pero no alcanzaron significación estadística en ningún caso</p>
	<p>VARIABLES ANALIZADAS</p> <p>-Potencia de salto (CMJ)</p>	<p>min de movilidad articular; 2 × 15m aceleraciones progresivas r'=1'; 5 saltos progresivos; 1 ensayo de práctica para cada prueba.</p> <p>Pruebas neuromusculares</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> - La fuerza de la empuñadura isométrica se midió 2 veces con mano dominante utilizando un dinamómetro, r'=30" - Después de r'=3', los participantes completaron 3 CMJ r'=45" - Los jugadores realizaron 2 sprints máximos de 20 m, r'=3' - Los jugadores completaron 2 pruebas de la agilidad modificada T-test, r'=3' de descanso entre, que consta de 5 sprints <p>Partido de baloncesto</p> <ul style="list-style-type: none"> - El juego consistió en cuatro partes de 10 min, r'=2' Se usaron GPS. 	
	OBJETIVO		

Reynolds et al 2020	Ver el efecto de la ingestión aguda de nitrato alimentario en una prueba de rendimiento de corta duración de sprint repetido en atletas de deportes de equipo	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de jugo de remolacha (BR) y placebo (PLA) realizados de forma cruzada y a doble ciego en un orden aleatorio - Los participantes completaron la prueba de carrera (MST) de 40 m. - Se registró la frecuencia cardíaca por telemetría a intervalos de 5 s en todo el protocolo de la MST, y se midió una muestra de lactato en sangre sacada de un pinchazo en el dedo. - Calentamiento: 5 min en un ergómetro de ciclo estacionario; 5 min de ejercicio dinámico supervisado - 2 carreras de práctica de la lanzadera de 40 m a un 60% y 80% de esfuerzo $r'=1'$ entre cada esfuerzo y $r'=5'$ (descanso activo) 	<p>Ningún efecto en ninguna medida del rendimiento de sprint durante la prueba de carrera de lanzadera de 40 m.</p> <p>La ingestión de BR no tuvo ningún efecto sobre la frecuencia cardíaca en todo el MST, ni sobre las concentraciones de lactato después del ejercicio.</p> <p>La distancia recorrida durante el nivel 1 de la carrera intermitente de yo-yo (IR1) fue un 4,2% mayor con la suplementación de nitratos en comparación con la ingesta de placebo. (Wylie y otros)</p> <p>La distancia cubierta en el IR1 fue 3,9%. (Thompson et al., 2016).</p>
	VARIABLES ANALIZADAS		

		<p>- 10 rep de una carrera de lanzadera de 40 m con un intervalo de 30 s entre el inicio de cada sprint</p>	<p>3,4 ± 1,3%) (Nyakayiru et al., 2017) mayor en los atletas de deportes de equipo con suplemento de nitratos.</p> <p>Las actividades intermitentes prolongadas pueden tener más probabilidades de beneficiarse de la suplementación con nitratos que el rendimiento de sprint repetido de corta duración. Sin embargo, se han observado beneficios con la suplementación con nitratos en la RSP en el ciclismo con sprints de corta duración (6-15 s) (Aucouturier y otros, 2015; Wylie y otros, 2016) y en el rendimiento de remo de 500 m (Bond y otros, 2012).</p> <p>No se han observado beneficios para la RSP con sólo una ingestión aguda de nitrato en</p>
--	--	---	---

			<p>forma de jugo de remolacha (Martin y otros, 2014; Muggeridge y otros, 2013; Pawlak-Chaouch y otros, 2019).</p> <p>No se observó ningún efecto en el ritmo cardíaco, el lactato en sangre o en ninguna medida de rendimiento en carreras de velocidad repetidas</p>
Nyakayiru et al 2017	<p>OBJETIVO</p> <p>Comprobar si la suplementación con zumo de remolacha produce mejoras en el rendimiento de los ejercicios de tipo intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol entrenados</p>	<p>Ingestión de BR: 2x 70ml/día</p> <p>Prueba Yo-Yo: La prueba consistió en sprints de 2 x 20 m; r'=10 s. RPE, escala de Borg.</p>	<p>Yo-Yo Test:</p> <p>De los 32 sujetos evaluados, 18 mostraron un mejor rendimiento durante el ensayo BR frente al ensayo del PLA; 10 tuvieron un rendimiento ligeramente peor y 4 no mostraron ninguna diferencia entre los ensayos</p>

	<p>VARIABLES ANALIZADAS</p> <p>-Frecuencia cardiaca</p> <p>-RPE</p>		<p>Sólo dos participantes informaron de problemas de estómago durante el ensayo de PLA, y uno durante el ensayo BR</p> <p>El estudio actual demuestra que seis días de suplementación con jugo de remolacha rico en nitratos mejora el rendimiento de ejercicio de tipo intermitente de alta intensidad en jugadores de fútbol entrenados</p> <p>Disminución de la FR durante la ingestión de BR</p> <p>La suplementación con nitrato podría representar una estrategia nutricional eficaz para mejorar el rendimiento del ejercicio en los jugadores de fútbol, especialmente hacia el final del partido cuando se ha demostrado que la intensidad/frecuencia</p>
--	--	--	--

			de sprint se decae significativamente debido a la fatiga
Cuenca et al 2018	OBJETIVO Valorar el efecto de la suplementación con jugo de remolacha en el rendimiento y la fatiga en un ejercicio de sprint de 30 s	Una prueba de Wingate de 30 s en un ergómetro Monark Tres saltos CMJ	La suplementación de BJ mejora la potencia máxima y media de salida, especialmente durante la primera mitad de una prueba de sprint total de 30 s
	VARIABLES ANALIZADAS -Potencia de salto (CMJ) -Wingate 30 s		

BR: Zumo/jugo de remolacha

NO3: Nitrato

NO: Óxido nítrico

SVT: Prueba de velocidad de servicio

RSP: Carrera de velocidad repetida

FR: Frecuencia cardiaca

PLA: Placebo

VO2max: Consumo de oxígeno máximo

MST: Prueba de carrera de lanzadera

Km: Kilómetros

VO2: Consumo de oxígeno

RPE: Escala de percepción subjetiva del esfuerzo

CMJ: Salto de contra movimiento

RFD: Tasa de desarrollo de fuerza

m: Metros

r': Descanso

Yo-Yo: Test VO2max

SIT: Entrenamiento interválico sprint

IMC: Índice de masa muscular

ml: mililitros

OBJETIVOS

4. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo fin de grado de establecen con la intención de definir el fundamento de la investigación sobre la ingesta del jugo de remolacha. Se presentan dos objetivos generales y se desglosarán dos objetivos específicos de forma que se pueda indagar en el tema.

Por otra parte, se redactaron unas hipótesis teniendo en cuenta los objetivos establecidos.

➤ **Objetivo 1: Evaluar los efectos de tomar zumo de remolacha durante esfuerzos de sprint**

- Objetivo específico: Evaluar el rendimiento en velocistas a través de la toma de 140ml de zumo de remolacha durante esfuerzos de aceleración (60m).
- Objetivo específico: Evaluar el rendimiento en velocistas a través de la toma de 140ml de zumo de remolacha durante esfuerzos de velocidad (100m).
- Hipótesis 1: La ingesta de 140 ml de zumo de remolacha aumenta el rendimiento en esfuerzos de aceleración (60m).
- Hipótesis 2: La ingesta de 140 ml de zumo de remolacha aumenta el rendimiento en esfuerzos de velocidad (100m).

➤ **Objetivo 2: Evaluar los efectos de tomar zumo de remolacha en esfuerzos de salto y fuerza máxima.**

- Objetivo específico: Evaluar el rendimiento a través de la ingesta de zumo de remolacha durante pruebas de salto horizontal y vertical.
- Objetivo específico: Evaluar el rendimiento a través de la ingesta de zumo de remolacha durante esfuerzos de fuerza máxima con tensión isométrica.

- Hipótesis 3: La ingesta de nitratos a través del zumo de remolacha provoca un aumento del rendimiento en pruebas de salto como el SJ, CMJ y en la fuerza máxima isométrica.

METODOLOGÍA

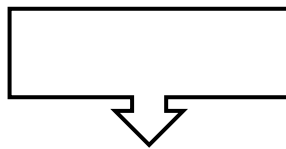
5. METODOLOGÍA

A lo largo de la introducción, se puede apreciar como la ingesta de zumo de remolacha en esfuerzos de velocidad, no muestran claros indicios en la mejora del rendimiento, a diferencia de los estudios realizados en esfuerzos de resistencia. Si consideramos que apenas existen estudios sobre este tipo de acciones, y seguimos la línea de los estudios de (Jones et al., 2016), creemos que deberían existir evidencias entre la ingesta de zumo de remolacha y el rendimiento durante esfuerzos de sprint. Ciertamente es que, Jones et al. (2016), halló mejoras con ratas, pero los mecanismos fisiológicos descritos en el marco teórico son iguales que en seres humanos.

A lo largo de este estudio, se analizarán los distintos factores utilizados en la intervención sobre la ingesta de zumo de remolacha en velocistas y mediofondistas, con el objetivo de encontrar mejoras en el rendimiento durante las diferentes pruebas.

A continuación, se presenta una tabla resumen sobre el diseño del estudio de la ingesta de zumo de remolacha. Figura 5.1.

Grupo I y II
Entrenamiento I
(Ingesta zumo de remolacha dos horas y media antes de las mediciones)



Día 1

Calentamiento:

- 9' carrera suave + estiramientos dinámicos.
- 2 x SJ r'=30" (no máximo 90%) + 2 x CMJ r'=30" (no máximo 90%)
- 2 progresivos de 60 m hasta el 90% r'=1'.

Test de salto SJ y CMJ x2

Test fuerza isométrica x2

Test velocidad 60 m y 100 m x1

Día 2: Igual que el día 1.

Figura 5.1. Tabla resumen sobre el estudio

5.1. Muestra

Este estudio fue realizado por 14 atletas de velocidad y medio fondo, de los cuales todos eran varones con una edad entre 16 y 36 años.

Los atletas tenían una amplia experiencia y marcas considerables en las distintas disciplinas que practicaban y habían participado en diferentes campeonatos nacionales de liga en pruebas de medio fondo. Gracias a ello, se pudo establecer un baremo respecto al nivel de rendimiento en las pruebas a realizar.

En cuanto a las restricciones por el efecto ergogénico, que debían cumplirse un día antes del estudio son las siguientes:

- Cafeína (café, té, refrescos de cola, bebidas energéticas, etc....)
- Alcohol
- Alimentos ricos en nitratos: no tomar 1 día antes del estudio todos ellos y 2 días previos los que tengan un contenido moderado, alto y muy alto. Estos alimentos pueden verse en la tabla 5.1.1

Nitrato	Contenido (por Kg. de vegetal)	Vegetales
Muy alto	2500 mg/ 40 mmol	Remolacha y jugo de remolacha, apio, lechuga, rúcula y espinaca
Alto	1000-2500 mg/ 18-40 mmol	Col china, apio nabo, endivia, puerro, perejil, col rizada
Moderado	500-1000 mg/ 9-18 mmol	Coles, eneldo, nabo, zanahoria
Bajo	200-500 mg/3-9 mmol	Brécol, coliflor, pepino, calabaza
Muy bajo	<200 mg/ <3mmol	Espárragos, alcachofas, habas, judías verdes, guisantes, pimiento, tomate, batatas, ajo, cebolla, berenjenas, setas

Tabla 5.1.1 Clasificación de alimentos ricos en nitratos

- Restringir 1 día antes del estudio los chicles, caramelos, enjuagues, colutorios, pastas de dientes, etc..., que presenten alguna sustancia bactericida (clorhexidina, xilitol, etc....) que puedan reducir el nivel de bacterias de la boca.

Dos días antes del estudio realizar una dieta rica en carbohidratos (60% Hidratos de carbono, 30% grasas y 10% proteínas) de la siguiente forma:

- **Pan/cereales/arroz/pasta:** 6 a 10 raciones/día. Cada ración corresponde aproximadamente a 50 g/ 30 g/ 60g / 80 g. en crudo respectivamente.
- **Frutas:** 2 a 4 raciones/día. Cada ración equivale a una media de 200 g en crudo.
- **Verduras y hortalizas:** 3-5 raciones/día. Una ración equivale a unos 150 g.
- **Carnes/pescados/huevos/legumbres:** 2 a 3 a tres raciones/día. Cada ración equivale a 100 g/ 150 g (limpio) / 2 huevos L / 50-60 gramos respectivamente.
- **Leche y derivados lácteos:** 3-4 raciones/día. Cada ración equivale a 1 vaso de leche/ 2 yogures/ 50 – 250 g queso.
- **Aporte de grasa:** se recomienda recurrir al aceite de oliva, incluyéndolo en la preparación de la comida y aderezo de ensaladas, en cantidad de 2-4 raciones al día, correspondiendo cada ración a 10 g.
- **Frutos secos:** 1 ración/día de frutos secos (25- 30 gramos), lo que equivale a un puñado aproximadamente.
- **Ingesta diaria mínima de 2 litros de agua.**

5.2. Composición corporal

Antes de comenzar con el calentamiento, se tomó una medición de la altura y peso de los atletas, tal y como se muestra en la tabla 5.2.1

	Grupo I	Sig. P <0.05
VARIABLES	M ± DT	
Edad	23,9 ± 5,1	
Peso	71 ± 9	
Estatura	180 ± 0,1	
IMC (Kg/m ²)	22,6 ± 2,9	
%Grasa	9,4 ± 4	
Años disciplina deportiva	13,9 ± 7,7	

IMC: Índice de masa corporal, **Kg/m²:** kilogramo/estatura en metros², **M:** promedio/media, **DT:** desviación típica

5.3. Diseño experimental

Este estudio fue realizado por diferentes investigadores de la Universidad Europea de Madrid, Universidad Francisco de Vitoria y Universidad Pontificia Comillas, en el mes de noviembre de 2020. La intervención se realizó en dos días de la misma semana dejando dos días de diferencia y las pruebas se realizaron en la pista de atletismo de Alcorcón entre las 16:00 y 22:00.

Se midió la composición corporal y diferentes variables tanto antes del calentamiento como después.

La ingesta de zumo remolacha se basaba en la toma de dos botes de 70 ml cada uno. Tanto el calentamiento como los diferentes test fueron realizados en el mismo orden para evaluar de la misma forma a los atletas y poder obtener el rendimiento.

También se tuvieron en cuenta las condiciones climatológicas a la hora de realizar las distintas pruebas, tal y como se puede ver en la figura 5.3.1.



Figura 5.3.1.

5.4. Mediciones

La muestra se dividió en dos grupos según su marca deportiva en una prueba de velocidad de 100m, para evitar que existiera diferencias entre ambos grupos. Las pruebas se realizaron durante dos días no consecutivos. Uno de los dos grupos fue asignado como grupo control el primer día y experimental el segundo días, mientras que el otro grupo empezó siendo experimental y después control.

Por otra parte, los atletas no tenían conocimiento sí lo que estaban tomando el día 1 o día 2 era el zumo de remolacha o el placebo.

A través de la figura 5.4.1. se muestra de forma esquematizada las diferentes pruebas.

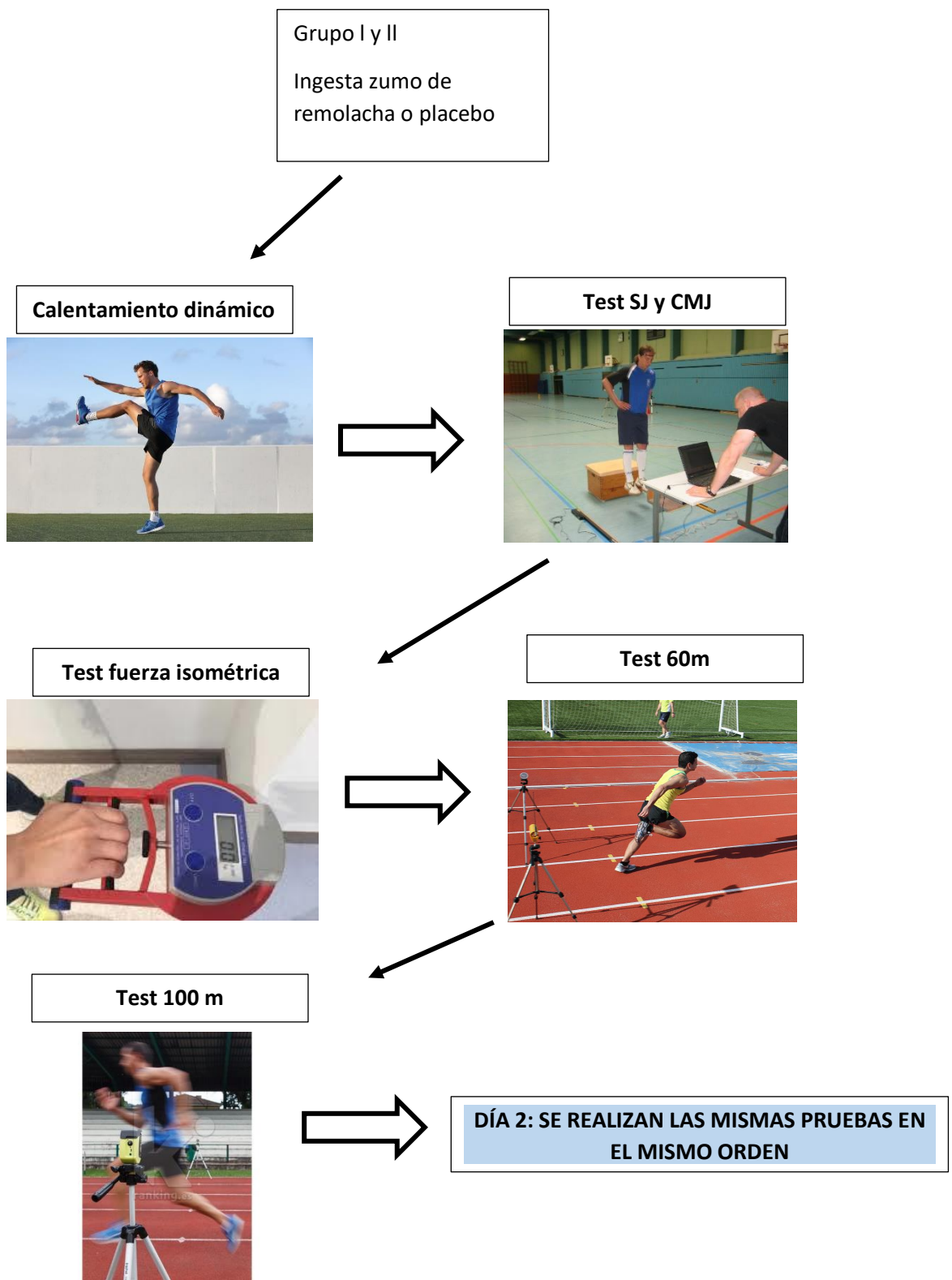


Figura 5.4.1. Resumen de las pruebas

- **Calentamiento:**

Según el horario de cada atleta, comenzaron con un calentamiento en el cual realizaron 9 minutos de carrera continua suave junto con unos estiramientos dinámicos. Los estiramientos dinámicos debían constar de 7 repeticiones con cada pierna o a cada lado. Se presenta en la figura 5.4.2.

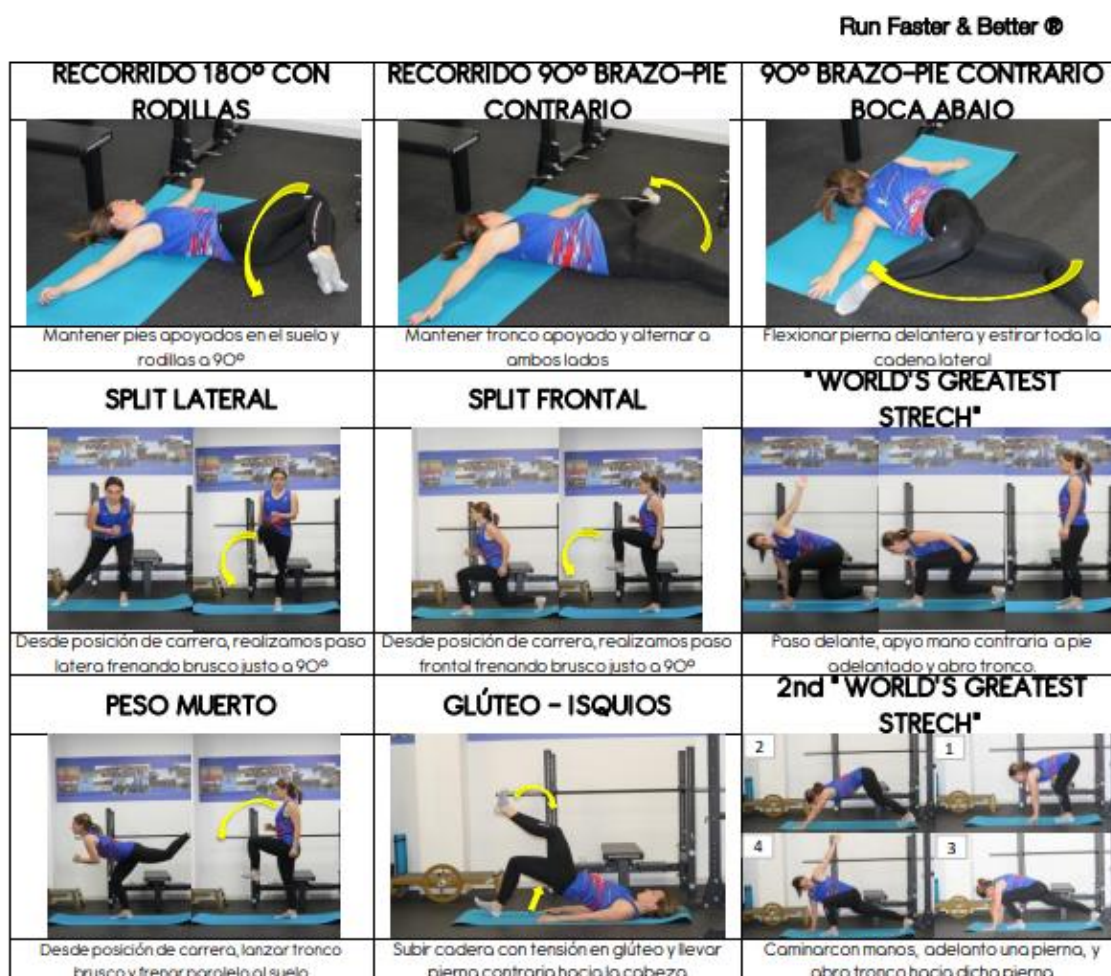


Figura 5.4.2. Ejercicios para el calentamiento dinámico.

Posteriormente, se realiza un calentamiento de los saltos SJ (squat jump) y CMJ (salto con contra movimiento). Estos saltos se realizarán dos veces cada uno dejando una recuperación de 30 segundos entre saltos. Tampoco se realizaron al 100% ya que el objetivo es que el atleta aprenda (fase de aprendizaje) a realizar el salto de forma correcta para obtener el mayor rendimiento una vez que se tomen los datos en la plataforma de salto (Optojump, Micoate, Ítala).

En la figura 5.4.3. se presenta la técnica de cada salto.

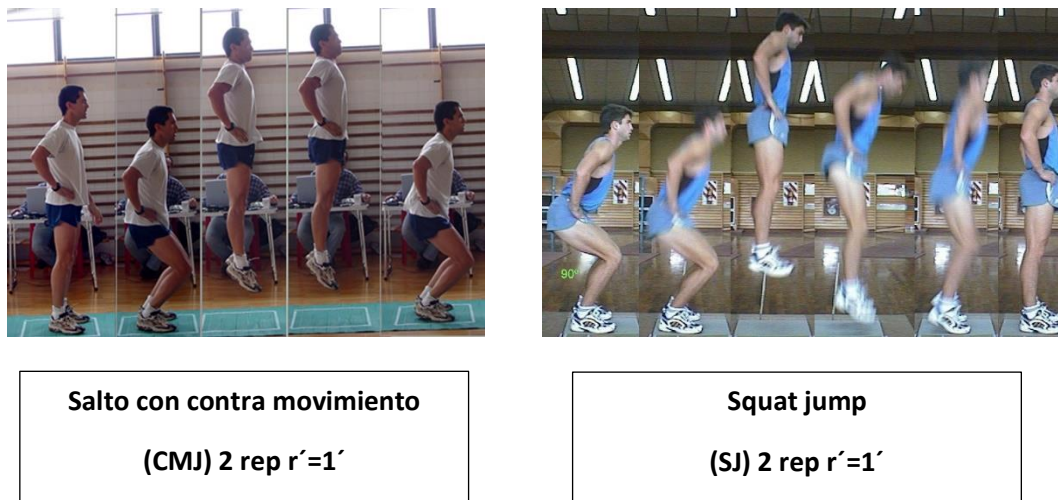


Figura 5.4.3. Salto con contra movimiento y suato jump.

Para finalizar con el calentamiento, se realizarán 2 sprints progresivos de 60m hasta el 90% con una recuperación de 1 minuto.

➤ TEST DE SALTO

Cada uno de los atletas realizó en primer lugar dos saltos SJ y se estableció una recuperación de 1 minutos.

En segundo lugar, se realizaron dos o tres intentos del salto CMJ con una recuperación de 1 minuto.

El objetivo principal de este test consiste en buscar la altura máxima posible.

Se muestra en la figura 5.4.4. un ejemplo de salto SJ.

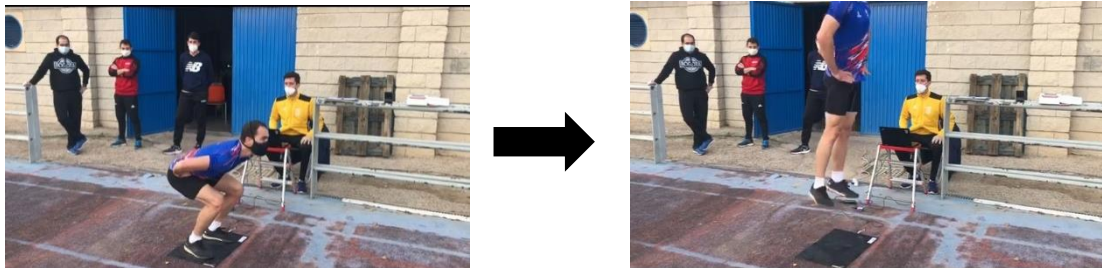


Figura 5.4.4. Salto SJ.

A continuación, se muestra en la figura 5.4.5. un ejemplo del salto CMJ.



Figura 5.4.5. Salto CMJ.

➤ TEST FUERZA ISOMÉTRICA

Posteriormente a los test de salto, los atletas realizaron un test de fuerza isométrica con ayuda de un dinamómetro de mano. Este test se realizó dos veces con una recuperación de 30 segundos y realizando la máxima fuerza posible durante un tiempo estimado de 5 segundos.

El dinamómetro utilizado se muestra en la figura 5.4.6.

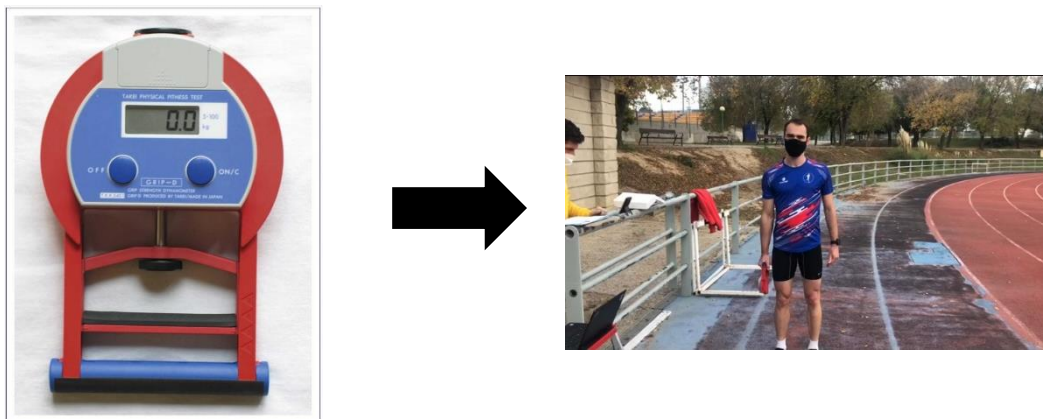


Figura 5.4.6. Dinamómetro de mano.

➤ TEST DE VELOCIDAD

Los sujetos realizaron una prueba de sprint de 60m con una recuperación de 5'. Se utilizaron para medir el tiempo unas fotocélulas (Smartspeed, Fusion Sport, Australia), dejando entre ellas una distancia de 20-30 metros.

Se muestran en la figura 5.4.7. los elementos utilizados.

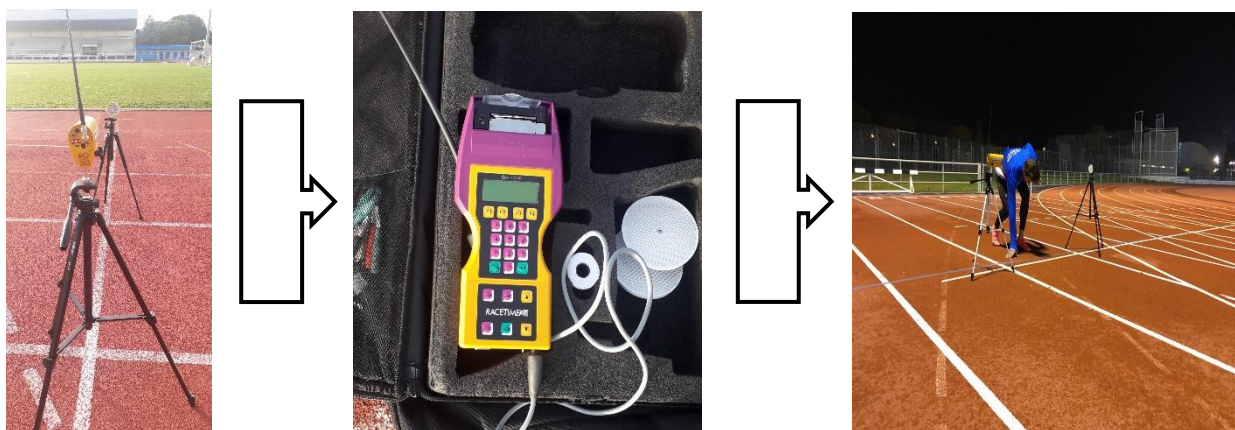


Figura 5.4.7. Fotocélulas.

De forma aleatoria, los sujetos recibieron 140ml de zumo de remolacha o de placebo tanto el día 1 como el día 2.

Tanto el calentamiento como los test de salto, fuerza isométrica y velocidad fueron realizados el segundo día en el mismo orden, con el objetivo de que no se pudiera alterar ninguno de los parámetros establecidos y la igualdad en todos los atletas para comprobar posteriormente los resultados obtenidos y certificar si la ingesta de zumo de remolacha tiene algún efecto en el rendimiento de velocistas y mediofondistas.

RESULTADOS

6. RESULTADOS

El conjunto de datos obtenidos se realizó con el programa SPSS Statistics 19.

A lo largo de este estudio, se aplicaron Pruebas T para las muestras de zumo de remolacha y placebo, de forma que se pudieran observar las diferencias en las variables de rendimiento deportivo. Todos los datos obtenidos se expresan como media (M) y desviación típica (DT). El nivel de significación estadística establecido fue de $p < 0,05$.

En los casos donde no se hayan obtenidos resultados significativos, se calculó el tamaño del efecto (Estadístico d de Cohen). Cohen (1998) define el tamaño del efecto (TE) como:

- Pequeño ($d=0,2$)
- Mediano ($d=0,5$)
- Grande ($d=0,8$)

Respecto al grupo de participantes de las pruebas de velocidad y fuerza/potencia en la toma de zumo de remolacha, no se han hallado diferencias significativas en las variables descriptivas de edad, peso, estatura, IMC, % de grasa y años desde que los atletas empezaron a practicar su disciplina deportiva, tal y como se muestra en la figura 6.1.

Tabla 6.1. Características físicas de los sujetos

		Sig. P
	Grupo I	<0.05
Variables	M ± DT	
Edad	23,93 ± 5,12	
Peso	70,59 ± 9,03	
Estatura	1,76 ± 0,06	
IMC (Kg/m ²)	22,59 ± 2,87	
%Grasa	9,35 ± 4,03	
Años disciplina deportiva	13,86 ± 7,73	

IMC: Índice de masa corporal, **Kg/m²:** kilogramo/estatura en metros², **M:** promedio/media, **DT:** desviación típica

➤ **TEST DE SALTO Y FUERZA ISOMÉTRICA**

En cuanto a los test de salto realizados, tanto en el salto con contra movimiento (CMJ) ($p = 0,254$; $d = 0,101$; tabla 6.2) y squat jump (SJ) ($p = 0,891$; $d = 0,031$; tabla 6.2), teniendo en cuenta las variables analizadas de promedio y desviación típica, no se hallaron mejoras significativas. Al igual ocurre con el test de fuerza isométrica ($p = 0,848$; $d = 0,04$; tabla 6.2) realizado con un dinamómetro de mano, tal y como se puede apreciar en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Resultados de saltos y fuerza isométrica en función de la ingesta de zumo de remolacha (BJ) o placebo (PLA)

Variables	Grupo I		Sig. P <0,05	
	M ± DT BJ	M ± DT PLA	p	d
CMJ	44,61 ± 6,33	45,25 ± 6,36	0,254	0,101
SJ	42,17 ± 4,80	42,14 ± 5,69	0,891	0,031
Fuerza Isométrica	46,47 ± 6,93	46,75 ± 7,74	0,848	0,040

CMJ: salto con contra movimiento, **SJ:** squat jump, **BJ:** zumo de remolacha, **PLA:** placebo, **p:** nivel de significación, **M:** promedio/media, **DT:** desviación típica, **d:** tamaño del efecto

➤ **TEST DE VELOCIDAD 60m Y 100m**

No hubo diferencias en el test de 60 m ($p = 0,429$; $d = 0,074$; tabla 6.3), ni tampoco en el test de 100 m ($p = 0,434$; $d = -0,074$; tabla 6.3). Por lo tanto, no existen diferencias significativas en esfuerzos de velocidad tal y como se puede apreciar en la tabla 6.3.

Tabla 6.3. Resultados de velocidad en función de la ingesta de zumo de remolacha (BJ) o placebo (PLA)

Variables	Grupo I		Sig. P <0,05	
	M ± DT BJ	M ± DT PLA	p	d
60-m	7,60 ± 0,41	7,63 ± 0,40	0,429	0,074
100-m	12,65 ± 0,76	12,59 ± 0,72	0,343	-0,074

BJ: zumo de remolacha, **PLA:** placebo, **p:** nivel de significación, **m:** metros, **M:** promedio/media, **DT:** desviación típica, **d:** tamaño del efecto

DISCUSIÓN

7. DISCUSIÓN

En la actualidad, se ha demostrado los beneficios claros de la suplementación con zumo de remolacha en esfuerzos de resistencia (Trexler, 2020; Ranchal, 2020).

No se han presentado beneficios en esfuerzos intermitentes en la mayoría de los estudios (Cuenca et al., 2018, 2018; Domínguez et al., 2018; López-Samanes, Gómez Parra, et al., 2020; López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020; Nyakayiru et al., 2017; Reynolds et al., 2020), a excepción de Thompson et al., (2018)

La mayoría de estos estudios se han centrado en deportes de carácter intermitente como es el tenis (López-Samanes, Gómez Parra, et al., 2020; López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020; Nyakayiru et al., 2017), e incluso en esfuerzos de velocidad y la repetición de aceleraciones (RSA), tal y como se muestra en la tabla 3.5.1. (Cuenca et al., 2018; Domínguez et al., 2018; Reynolds et al., 2020; Thompson et al., 2018). A pesar de la poca evidencia sobre esfuerzos intermitentes, no es consistente con Jones et al. (2016), que demostró sus beneficios en este tipo de esfuerzos, a pesar de que la muestra del estudio fuese en ratas.

Según los resultados de nuestro estudio, no hallamos resultados significativos a favor de la suplementación con zumo de remolacha en las variables de velocidad y aceleración, siendo consistente con la mayor parte de los resultados. De esta forma descartamos nuestra hipótesis 1 y 2. En relación a los esfuerzos de salto y potencia, tampoco se hallaron evidencias significativas en ninguna de las variables analizadas igual que la mayor parte de los estudios. (Domínguez et al., 2018; López-Samanes, Gómez Parra, et al., 2020; López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020). De esta forma descartamos nuestra hipótesis número 3

En el presente estudio los cambios descriptivos hallados no permiten afirmar una mejora en el rendimiento de los atletas, la mayoría altamente entrenados.

En cuanto a las limitaciones del efecto que supone este suplemento, es bastante improbable que el consumo de nitrato proveniente de la remolacha sea perjudicial para el rendimiento deportivo y la salud. En algunas de las investigaciones, existen un número bajo de sujetos que han sufrido efectos, los cuales han provocado suspender la ingesta por problemas de estómago (Nyakayiru et al., 2017).

Esto puede ser debido al incumplimiento de normas previamente establecidas, en los sujetos o ingestas de dosis elevadas, presentadas en la tabla 5.1.1. y su correspondiente explicación sobre las restricciones.

Por lo tanto, se necesitan avances en las investigaciones para detallar la dosis idónea del suplemento de jugo de remolacha, principalmente en sujetos altamente entrenados.

A pesar de las evidencias rotundas de nuestro estudio, queremos concluir definiendo los posibles mecanismos de mejora, explicados en los puntos anteriores son:

- Menor VO_2 en una misma carga de trabajo en deportes de resistencia, obteniendo mejoras en la economía de carrera (Brandon 1995; Pilegaard et al. 1995; O'Toole y Douglas 1995; Jones y Carter 2000; Hauswirth y Lehénaff 2001).
- En esfuerzos de velocidad, un aumento de distribución del flujo sanguíneo hacia fibras de tipo II y un aumento de la presión de conducción para flujo de O_2 en miocitos capilares.
- Mejora del manejo de CA fibras tipo II.
- Una dieta rica en NO_3 con suplementación de zumo de remolacha, para conseguir un aumento de adaptaciones metabólicas oxidativas en consonancia con esfuerzos de aceleración y velocidad.

Por último, es importante tratar las limitaciones que han supuesto variaciones a lo largo del estudio y que nos sirve para poder mejorar en futuras investigaciones.

Existieron limitaciones en cuanto a la movilidad de algunos atletas por el COVID-19. También uno de ellos tuvo contacto con una persona que había dado positivo y otro por lesión, por lo tanto, quedaron fuera del estudio.

En cuanto a la muestra, no se pudo acceder a un mayor número de atletas ya que específicamente se solicitaban deportistas altamente entrenados.

Respecto a las condiciones climatológicas, algunas deportistas realizaban las pruebas durante las primeras horas de la tarde y otros a finales. Esto suponía una caída considerable de las temperaturas, pudiendo producir variables en los resultados.

También algunos atletas no siguieron el mismo procedimiento en cuanto al calentamiento, invirtiendo el orden de algunas de las indicaciones que se les había proporcionado antes de comenzar el estudio.

Para finalizar, el presente estudio realizado con suplementación de zumo de remolacha en velocistas y mediofondistas es el primero que estudia los posibles efectos con una muestra tan específica, como es la de atletas altamente entrenados.

7.2. Futuras líneas de investigación

En base a toda la información recogida sobre lo que nos dice la literatura en cuanto a la mejora del rendimiento a través de la ingesta de zumo de remolacha y la participación en el estudio en velocistas y mediodfondistas puedo redactar unas líneas para favorecer futuras investigaciones.

En la ingesta de zumo de remolacha es conveniente cumplir con las normas establecidas que se explican a los atletas para que todos partan de una misma base.

Así mismo una mayor duración del estudio ya que tal y como se puede comprobar, en el artículo de Thompson et al.(2018), el tiempo de duración fue de cuatro semanas y se pudieron hallar cambios significativos en comparación con el presente estudio y otros cuya duración fue reducida (Cuenca et al., 2018; López-Samanes, Pérez-López, et al., 2020; Reynolds et al., 2020).

También pueden determinarse diferencias significativas en el caso de establecer una comparación entre atletas entrenados y amateurs, estableciendo el mismo tipo de normas en cuanto a test y dieta.

7.3. Conclusiones

Las conclusiones establecidas del estudio sobre la ingesta de zumo de remolacha en velocistas y mediofondistas, en relación a las hipótesis planteadas en el punto 4 del presente trabajo fin de grado son las siguientes:

- La ingesta de 140ml de zumo de remolacha no aumenta el rendimiento en esfuerzos de aceleración (60m).

No se ha confirmado la hipótesis 1, en relación al objetivo 1

- La ingesta de 140 ml de zumo de remolacha no aumenta el rendimiento en esfuerzos de velocidad (100m).

No se ha confirmado la hipótesis 2, en relación al objetivo 1.

- La ingesta de nitratos a través del zumo de remolacha no provoca un aumento del rendimiento en pruebas de salto como el SJ y CMJ.

No se ha confirmado la hipótesis 1, en relación al objetivo 2

Referencias bibliográficas

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Kabir, A., Azizi, F., & Ghasemi, A. (s. f.). *The Nitrate-Independent Blood Pressure–Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis*. 9.
- Burke, L. M. (2015). *Estrategias Nutricionales para el Maratón—Combustible para el Entrenamiento y las Competencias—International Endurance Group*. PubliCE.

- <https://g-se.com/estrategias-nutricionales-para-el-maraton-combustible-para-el-entrenamiento-y-las-competencias-1753-sa-p57cfb27247d2d>
- Cuenca, E., Jodra, P., Pérez-López, A., González-Rodríguez, L., Fernandes da Silva, S., Veiga-Herreros, P., & Domínguez, R. (2018). 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*, *10*(9), 1222. <https://doi.org/10.3390/nu10091222>
- 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>
- González, C., Ruz, P., & Ruiz, R. (s. f.). *EFFECTOS DE BEBIDAS CARBOHIDRATADAS Y PROTEICAS SOBRE LA RECUPERACIÓN DEL ESFUERZO*. *16*, 30.
- Jones, A. M., Ferguson, S. K., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., & Poole, D. C. (2016). *Fiber Type-Specific Effects of Dietary Nitrate*. *44*(2), 8.
- La Valle, L. (2000). *Revisión Bibliográfica sobre las Pruebas de Evaluación de la Potencia Aeróbica en Pruebas de Campo—G-SE / Editorial Board / Dpto. Contenido*. PubliCE. <https://g-se.com/revision-bibliografica-sobre-las-pruebas-de-evaluacion-de-la-potencia-aerobica-en-pruebas-de-campo-244-sa-F57cfb2711d2bc>
- López-Samanes, Á., Gómez Parra, A., Moreno-Pérez, V., & Courel-Ibáñez, J. (2020). Does Acute Beetroot Juice Supplementation Improve Neuromuscular Performance and Match Activity in Young Basketball Players? A Randomized, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*, *12*(1), 188. <https://doi.org/10.3390/nu12010188>
- López-Samanes, Á., Pérez-López, A., Moreno-Pérez, V., Nakamura, F. Y., Acebes-Sánchez, J., Quintana-Milla, I., Sánchez-Oliver, A. J., Moreno-Pérez, D., Fernández-Elías, V. E., & Domínguez, R. (2020). Effects of Beetroot Juice Ingestion on Physical Performance in

Highly Competitive Tennis Players. *Nutrients*, 12(2), 584.

<https://doi.org/10.3390/nu12020584>

Nyakayiru, J., Jonvik, K., Trommelen, J., Pinckaers, P., Senden, J., van Loon, L., & Verdijk, L. (2017). Beetroot Juice Supplementation Improves High-Intensity Intermittent Type Exercise Performance in Trained Soccer Players. *Nutrients*, 9(3), 314.

<https://doi.org/10.3390/nu9030314>

Ranchal-Sanchez, A., Diaz-Bernier, V. M., De La Florida-Villagran, C. A., Llorente-Cantarero, F. J., Campos-Perez, J., & Jurado-Castro, J. M. (2020). Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients*, 12(7), 1912

Reynolds, C. M. E., Evans, M., Halpenny, C., Hughes, C., Jordan, S., Quinn, A., Hone, M., & Egan, B. (2020). Acute ingestion of beetroot juice does not improve short-duration repeated sprint running performance in male team sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 38(18), 2063-2070. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1770409>

Thompson, C., Vanhatalo, A., Kadach, S., Wylie, L. J., Fulford, J., Ferguson, S. K., Blackwell, J. R., Bailey, S. J., & Jones, A. M. (2018). Discrete physiological effects of beetroot juice and potassium nitrate supplementation following 4-wk sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, 124(6), 1519-1528.

<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00047.2018>

Trexler, E. T., Keith, D. S., Lucero, A. A., Stoner, L., Schwartz, T. A., Persky, A. M., Ryan, E. D., & Smith-Ryan, A. E. (2020). Effects of Citrulline Malate and Beetroot Juice Supplementation on Energy Metabolism and Blood Flow During Submaximal Resistance Exercise. *Journal of dietary supplements*, 17(6), 698–717.

Turner, A. N. (2011). *Entrenamiento de la Capacidad Aeróbica en Corredores de Distancia: Una Pausa de lo Tradicional - Ciencias del Ejercicio*. PubliCE. <https://gse.com/entrenamiento-de-la-capacidad-aerobica-en-corredores-de-distancia-una-pausa-de-lo-tradicional-1349-sa-h57cfb272017c2>

- Vila Nova de Moraes, J. F., Oliveira Batista, P. L., Ferreira Marques da Silva, M. A., Ferreira Pinto, E., Pereira Siqueira, L., Menezes Almeida, C. M., Rodrigues Magalhães, F. P., Deyse dos Santos, F., Thayani Santos Brandão, J., Vinícius de Carvalho Lima, E., & Oliveira Carvalho, F. (2018). *Capacidad Aeróbica y Anaeróbica en Estudiantes Varones Según Edad y Etapa Puberal—Ciencias del Ejercicio*. PubliCE. <https://gse.com/capacidad-aerobica-y-anaerobica-en-estudiantes-varones-segun-edad-y-etapa-puberal-2413-sa-D5b324f1f88053>
- 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>