

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 6</b>

16

<b>FECHA</b>	lunes, 18 de noviembre de 2019
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Extensión Soacha
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Del Deporte Y La Educación Física
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	<b>Ciencias del Deporte y La Educación Física.</b>

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Avila Español	Yeison Alexander	1024589633
Bulla Guerrero	John Alexander	1073513808
Sabogal Gómez	Diego Armando	1012358645

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 6</b>

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Florián Rodríguez	Nubia Estela

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
Efectos Agudos de la Suplementación con Nitrato Dietético en Fuerza Máxima de Tren Inferior en Sujetos Entrenados

<b>SUBTÍTULO</b> (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b> Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Profesional en Ciencias del Deporte y la Educación Física

<b>AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
14/11/2019	74

<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1. Óxido Nítrico	Nitric Oxide
2. Suplementación	Supplementation
3. Nitrato	Nitrate
4. Fuerza	Strength
5. Percepción del esfuerzo	Stress perception
6. Remolacha	Beet
7. Repetición máxima	maximum repetition

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 6</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

### Resumen

La evidencia científica actual, ha demostrado el potencial ergogénico del nitrato ( $\text{NO}_3$ ) dietético, ya que aumentan la biodisponibilidad de óxido nítrico (NO), teniendo efectos positivos en la tolerancia al ejercicio y en reciente evidencia, en la producción de fuerza. Se hipotetizó que, la suplementación aguda de nitrato previo a un test de 1RM de media sentadilla, podría tener efectos sobre el rendimiento en el test. Para ello, 12 hombres sanos, físicamente activos ( $23.4 \pm 2.65$  años,  $74.5 \pm 6.2$  kg,  $1.73 \pm 0.06$  m), entrenados en fuerza, participaron en el estudio inicialmente.

Se utilizó un diseño experimental doble ciego aleatorizado. Los participantes fueron asignados a un grupo experimental (jugo de remolacha rico en nitratos 480ml, 13,82 mmol/l) y a un grupo control, (jugo de remolacha escaso en nitratos 480ml, 2,59 mmol/l). Ambos grupos fueron sometidos a un pre y posttest de 1RM y escala de percepción del esfuerzo OMNI. Así mismo, se recolectaron muestras de sangre de todos los sujetos, para determinación de nitratos en plasma. Hubo diferencia significativa en el 1RM ( $p=0,011$ ) y en escala de percepción ( $p=0,009$ ). En la comparación por pares, se evidenció que estas diferencias significativas entre pre y posttest de 1RM fueron a favor del grupo experimental ( $p=0,010$ ), sin hallar diferencias en el grupo control. De forma similar ocurrió en escala OMNI ( $p=0,021$ ), no hallando diferencias en grupo control. Se concluye que hubo mejoras significativas en el rendimiento de la fuerza máxima dinámica de tren inferior y una disminución de la percepción del esfuerzo, con la suplementación aguda de nitrato dietético.

### Abstract

Current scientific evidence has demonstrated the ergogenic potential of dietary nitrate ( $\text{NO}_3$ ), as they increase the bioavailability of nitric oxide (NO), having positive effects on exercise tolerance and, in recent evidence, on force production. It was hypothesized that acute nitrate supplementation prior to a 1RM half-squat test could have effects on the test performance. For this, 12 healthy men, physically active ( $23.4 \pm 2.65$  years,  $74.5 \pm 6.2$  kg,  $1.73 \pm 0.06$  m), trained in strength, participated in the study initially.

A randomized double blind experimental design was used. Participants were assigned to an experimental group (480ml nitrate-rich beet juice, 13.82 mmol / l) and a control group, (480ml nitrate-poor beet juice, 2.59 mmol / l). Both groups were subjected to a pre and posttest of 1RM and OMNI effort perception scale. Likewise, blood samples were collected from all subjects, for plasma nitrate determination. There was a significant difference in 1RM ( $p = 0.011$ ) and in perception scale ( $p = 0.009$ ). In the comparison in pairs, it was evidenced that these significant differences between pre and posttest of 1RM were in favor of the experimental group ( $p = 0.010$ ), without finding differences in the control group. Similarly, it occurred on the OMNI scale ( $p = 0.021$ ), finding no differences in the control group. It is concluded that there were significant improvements in the performance of the maximum dynamic lower train strength and a decrease in the perception of effort, with acute dietary nitrate supplementation.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PÁGINA: 4 de 6</b>

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 6</b>

autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

### **Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI \_\_\_ NO \_x\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

## **LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 6</b>

patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 7 de 7</b>



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1. Efectos Agudos de la Suplementación con Nitrato Dietético en Fuerza Máxima de Tren Inferior en Sujetos Entrenados.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
Avila Español Yeison Alexander	<i>Yeison Alexander Avila Español</i>
Bulla Guerrero John Alexander	<i>[Signature]</i>
Sabogal Gómez Diego Armando	<i>[Signature]</i>

12.1.4.1

Efectos Agudos de la Suplementación con Nitrato Dietético en Fuerza Máxima de Tren Inferior  
en Sujetos Entrenados

Proyecto de Grado para optar al Título de  
Profesional en Ciencias del Deporte y la Educación Física  
Universidad de Cundinamarca  
Soacha

Asesor (a): Nubia Estela Florián Rodríguez

Diego Armando Sabogal Gómez  
John Alexander Bulla Guerrero & Yeison Alexander Ávila Español  
Noviembre 2019.

Dedicamos este trabajo de grado inicialmente a Dios Por darnos la vida y estar siempre con nosotros, guiándonos en nuestro camino. A nuestros padres por el esfuerzo y la dedicación, porque en ellos se ve realmente el amor que invierten los padres en sus hijos. Gracias a nuestros padres somos quien somos hoy en día, orgullosos y con la cara muy en alto agradecemos a Luz Stella Español Vargas, a Betsabe Vargas de Español, a Doris Gómez Marques, a Isabel Guerrero Pérez, a Julio Cesar Sabogal Herrera y a Reinario Bulla Camargo, quienes son nuestra mayor inspiración y fortaleza. Gracias a ellos hemos concluido esta meta con éxito, sean ustedes bendecidos toda la vida.

En primera instancia agradecemos a Dios por protegernos y brindarnos fuerzas durante todo este camino para afrontar los obstáculos y dificultades que se iban generando.

A nuestros padres por darnos la vida y hacer de ella una maravilla con su presencia, por brindarnos la inigualable oportunidad de estudiar y cultivarnos día a día con conocimientos, por apoyarnos incondicionalmente frente a cualquier circunstancia, por hacer de nosotros excelsas personas y porque sin ellos el camino que recorreremos sería difícil.

A nuestros grandes maestros, quienes nos enseñaron que no son solo entes transmisores de información, sino que además son personas. A Guillermo Castellanos, por brindarnos las bases de la fisiología del ejercicio, a Alexis Casallas, por cultivar en nosotros el arte de investigar, a Manuel Fernando Millán, por transpolar los conocimientos de la preparación física a la práctica deportiva y a Yuri Magnolia Arias por demostrar que un estudiante no solo aprende del maestro, sino que los maestros también aprenden de sus alumnos.

A Felipe Cantor químico del laboratorio de ciencias naturales de la Universidad de Cundinamarca por su ayuda en el proceso y análisis de muestras químicas del proyecto.

A Catalina Ramírez por su ayuda en los procesos de construcción y orden del proyecto, por guiarnos en el laborioso camino de la investigación.

Por último y no menos importante a nuestra asesora de proyecto, a la Docente Nubia Florián, por sus importantes aportes tanto en el contenido del documento, su estructura y orden lógico.

“Infinitas Gracias a todos ustedes”

La evidencia científica actual, ha demostrado el potencial ergogénico de los nitratos ( $\text{NO}_3$ ), suministrados por medio de fuentes dietéticas, ya que aumentan la biodisponibilidad de óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), lo que tiene efectos positivos en el rendimiento físico en general. En los últimos años, también se han reportado mejoras en la función contráctil del músculo esquelético, traducidos en una mayor producción de fuerza. El objetivo del proyecto de investigación fue observar los efectos agudos de la suplementación con nitrato dietético en la fuerza máxima dinámica en tren inferior, por lo que se planteó la hipótesis que, la suplementación 3 horas antes de un test de 1RM de media sentadilla, podría tener efectos, lo que se traducirían en un mayor rendimiento en el test. Para ello, 12 hombres sanos, físicamente activos ( $23.4 \pm 2.65$  años,  $74.5 \pm 6.2$  kg,  $1.73 \pm 0.06$  m), entrenados en fuerza ( $3.22 \pm 2.3$  años  $4 \pm 0.02$  días/semana), participaron en el estudio inicialmente.

Se utilizó un diseño experimental con alcance correlación- causal, doble ciego aleatorizado. Los participantes fueron asignados a un grupo experimental, al que se le suministró jugo de remolacha rico en nitratos (480ml, 13,82 mmol/l) y a un grupo control, al que se le suministró un jugo de remolacha escaso en nitratos (480ml, 2,59 mmol/l). Ambos grupos fueron sometidos a un pre y post test de 1RM y escala de percepción del esfuerzo OMNI, con el fin de determinar las posibles variaciones entre grupos, en relación al pre y post test. Así mismo, se recolectaron muestras de sangre de todos los sujetos, para determinar el efecto biológico de la suplementación en plasma. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre grupos cuando se compararon en referencia a las medias del pre test de 1RM ( $p=0,278$ ), y a las medias del post test de 1RM ( $p=0,792$ ). Ocurrió de manera similar en los valores de escala de percepción OMNI (0,174). Sin embargo, cuando se comparó las medias entre pre test y post test, hubo

diferencia significativa en el 1RM ( $p=0,011$ ) y en escala de percepción ( $p=0,009$ ). En la v  
comparación por pares, se evidenció que estas diferencias significativas entre pre y post test de  
1RM fueron a favor del grupo experimental ( $p=0,010$ ), sin hallar diferencias en el grupo control.  
De forma similar, las diferencias se encontraron en el grupo experimental entre pre y post escala  
OMNI ( $p=0,021$ ), no hallando diferencias significativas en grupo control. Se concluye que hubo  
mejoras significativas en el rendimiento de la fuerza máxima dinámica de tren inferior y una  
disminución de la percepción del esfuerzo, con la suplementación aguda de nitrato dietético.

### **Palabras Clave**

Óxido Nítrico, Suplementación, Nitrato, Percepción del esfuerzo, Test RM, Fuerza, Remolacha

### **Abstract**

Current scientific evidence has demonstrated the ergogenic potential of nitrates ( $\text{NO}_3$ ),  
supplied through dietary sources, as they increase the bioavailability of nitric oxide ( $\text{NO}$ ), which  
has positive effects on overall physical performance. In recent years, improvements in the  
contractile function of skeletal muscle have also been reported, resulting in increased force  
production. The objective of the research project was to observe the acute effects with dietary  
nitrate on the maximum dynamic force in the lower train, so it was hypothesized that,  
supplementation 3 hours before a 1RM half-squat test could have effects, which would result in  
higher test performance. For this, 12 healthy men, physically active ( $23.4 \pm 2.65$  years,  $74.5 \pm$   
 $6.2$  kg,  $1.73 \pm 0.06$  m), trained in strength ( $3.22 \pm 2.3$  years  $4 \pm 0.02$  days / week), participated in  
the study initially.

An experimental design with correlation-causal, randomized double-blind scope was  
used. Participants were assigned to an experimental group, which was given nitrate-rich beet  
juice (480ml,  $13.82$  mmol / l) and to a control group, which was given a low-nitrate beet juice

(480ml, 2.59 mmol / l). Both groups were subjected to a pre and post test of 1RM and OMNI effort perception scale, in order to determine the possible variations between groups, in relation to the pre and post test. Likewise, blood samples were collected from all subjects, to determine the biological effect of plasma supplementation. The results showed no significant differences between groups when compared in reference to the means of the 1RM pre test ( $p = 0.278$ ), and to the means of the 1RM post test ( $p = 0.792$ ). It occurred similarly in OMNI perception scale values (0.174). However, when the means were compared between pre test and post test, there were significant difference in 1RM ( $p = 0.011$ ) and in perception scale ( $p = 0.009$ ). In the comparison in pairs, it was evidenced that these significant differences between pre and post test of 1RM were in favor of the experimental group ( $p = 0.010$ ), without finding differences in the control group. Similarly, the differences were found in the experimental group between OMNI pre and post scale (0.021), with no significant differences found in the control group. It is concluded that there were significant improvements in the performance of the maximum dynamic lower train strength and a decrease in the perception of effort, with acute dietary nitrate supplementation.

### **Keywords**

Nitric Oxide, Supplementation, Nitrate, Stress perception, RM Test, Strength, Beet

Introducción.....	1
Justificación.....	3
Planteamiento Del Problema .....	5
Pregunta Problema.....	7
Objetivos.....	8
General.....	8
Específicos.....	8
Hipótesis.....	9
Estado el Arte.....	10
Marco Conceptual.....	14
Marco Teórico.....	16
El nitrato dietético y el óxido nítrico (NO) como ayuda ergogénica .....	17
La Suplementación Con Nitrato Dietético En Entrenamiento De La Fuerza.....	19
Metodología.....	22
Métodos.....	22
Procedimientos.....	24
Suplementación.....	25
Nitratos en plasma.....	26
Cronograma .....	28
Población y Muestra.....	29
Instrumento.....	30
Análisis de Resultados .....	31
Discusión.....	39
Conclusión.....	42

Lista de referencias .....	44viii
Anexos.....	48

Tabla 1. Datos de participantes en la intervención. ....	24
Tabla 2. Concentraciones de Nitratos en Plasma Sanguíneos de los Participantes .....	27
Tabla 3. Pruebas de efectos entre grupos del peso levantado.....	33
Tabla 4. Comparación por pares entre grupos.....	33
Tabla 5. Pruebas de efectos intra sujetos.....	34
Tabla 6. Estadística Descriptiva.....	34
Tabla 7. Comparación por pares de grupos y tipos de intervención.....	34
Tabla 8. Estadística descriptiva general .....	35
Tabla 9. Prueba de efectos entre grupos, escala de percepción .....	36
Tabla 10. Efecto intrasujetos, percepción del esfuerzo.....	36
Tabla 11. Estimaciones de las medidas según grupo y tipo de intervención .....	37
Tabla 12. Comparación por pares entre grupos, en función del tipo de intervención .....	37
Tabla 13. Estadística Descriptiva General, Percepción del Esfuerzo .....	38
Tabla 14. Efecto de las muestras de Nitratos en Plasma.....	38

## **Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1. Metodología de la Investigación.....	23
Ilustración 2. Cronograma.....	29
Ilustración 3. Mejora de peso levantado entre pre y post test.....	37

Anexo 1. Encuesta.....	48
Anexo 2. Consentimiento informado sujeto 5. ....	49
Anexo 3. Consentimiento informado sujeto 3. ....	50
Anexo 4. Ingesta de Jugo experimental sujeto 3. ....	51
Anexo 5. Ingesta de Jugo experimental sujeto 4. ....	51
Anexo 6. Ingesta de Jugo experimental sujeto 2. ....	52
Anexo 7. Ingesta de Jugo Placebo sujeto 6. ....	52
Anexo 8. Ingesta de Jugo Placebo sujeto 9. ....	53
Anexo 9. Barra Libre del pre y post test.....	53
Anexo 10. pre test sujeto 5. ....	54
Anexo 11. pre test sujeto 3. ....	54
Anexo 12. pre test sujeto 9. ....	55
Anexo 13. pre test sujeto 6 en sentadilla. ....	55
Anexo 14. pre test sujeto en sentadilla profunda, carga cercana al RM. ....	56
Anexo 15. post test sujeto 6 en sentadilla profunda, carga cercana al RM. ....	56
Anexo 16. pre test sujeto en sentadilla profunda, carga cercana al RM. ....	57
Anexo 17. Toma de muestra biológica sujeto 5. ....	57
Anexo 18. Enfermera depositando la muestra biológica sujeto 5.....	58
Anexo 19. Enfermera Tomando la muestra biológica sujeto 3. ....	58
Anexo 20. Tratamiento de las muestras de sangre para su transporte al laboratorio. ....	59
Anexo 21. Muestras Biológicas listas para ser analizadas en el laboratorio. ....	60
Anexo 22. Resultados de laboratorio de las muestras de sangre, contenido de nitratos. ....	62

Anexo 23. Resultados de laboratorio de las muestras de sangre, absorbancias del contenido de xii  
nitratos. ....63

En el presente trabajo se aborda la suplementación con nitrato ( $\text{NO}_3$ ) dietético, en entrenamiento de la fuerza, y la posibilidad de que, la administración de una dosis de 8,4 a 16,8mmol/l de  $\text{NO}_3$  del sumo de remolacha, ingeridos 3 hora antes de la aplicación de un test de 1RM en tren inferior, en sujetos entrenados, tenga efectos sobre el rendimiento en el test, y en consecuencia en la capacidad de los sujetos para aplicar fuerza máxima.

Con el fin de dar respuesta a esta interrogante, y entendiendo la necesidad de mejorar los procesos de entrenamiento de la fuerza, y de esa manera, lograr ese valor agregado, determinante en el alto rendimiento, además de la optimización subyacente de las adaptaciones conseguidas con esta modalidad de entrenamiento, las cuales son de gran importancia en el ámbito clínico y de la salud, se realiza un estudio cuantitativo, correlacional, con diseño experimental aleatorizado, doble ciego.

Con ello, como se mencionó, se trata de observar los posibles efectos de la suplementación aguda de  $\text{NO}_3$ , en el rendimiento de esta capacidad física, siguiendo los fundamentos teóricos surgidos en estudios anteriores, en donde se encontró la mejora de la velocidad de acortamiento muscular y la formación de un número mayor de puentes cruzados actina-miosina, luego de la suplementación con  $\text{NO}_3$  dietético, tanto de manera crónica, como aguda. Siendo estas respuestas, inducidas por el óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), especie reactiva y producto final de la ingesta de  $\text{NO}_3$ , dos mecanismos fisiológicos clave en la producción de fuerza, los cuales se dan, gracias a la biodisponibilidad aumentada de este radical, quien modifica ciertas vías de señalización molecular ocasionando así dichas respuestas.

Dicha observación, se da mediante la aplicación a un grupo experimental y a un grupo control, de un pre test de 1RM de media sentadilla y la aplicación de la escala de percepción

subjetiva del esfuerzo OMNI, seguido de la suplementación con NO<sub>3</sub> dietético en la dosis 2 correspondiente vs placebo y el post test, luego de 3 horas de la intervención. Con lo cual se realiza la recolección de datos, para su posterior análisis, obtención de resultados y conclusiones finales.

El entrenamiento de la fuerza es considerado la base para el buen desempeño, en prácticamente todas las disciplinas deportivas, ya que las mejoras en las demás capacidades físicas condicionales, dependen en gran medida de un adecuado desarrollo de la fuerza. (Seirullo, 2017), es por esto, que en la actualidad no solo los entrenadores le dan un espacio prioritario al entrenamiento de la fuerza dentro de la planificación deportiva en el alto rendimiento, sino que también es de gran importancia en el ámbito profiláctico y clínico, donde se evidencia que tiene múltiples beneficios para la prevención y tratamiento de varias enfermedades (Luan et al., 2019). Lo anterior es explicado por las adaptaciones fisiológicas que presenta el organismo con el entrenamiento de fuerza como son, la mejora de la sensibilidad de la insulina, el aumento de la biogénesis ribosomal, el mejoramiento de la presión arterial sistólica entre otras.

De allí parte la necesidad de optimizar estas adaptaciones que se dan con la aplicación crónica del entrenamiento de la fuerza. En este escenario, aparecen las ayudas ergogénicas nutricionales como un potencializador de este proceso, y entre ellas encontramos un compuesto que recientemente ha adquirido gran popularidad, el nitrato (NO<sub>3</sub>) extraído fundamentalmente del sumo de remolacha, el cual es respaldado por múltiples estudios como los de (Van De Walle & Vukovich, 2018), (McMahon, Leveritt, & Pavey, 2017) y (McDonagh, Wylie, Thompson, Vanhatalo, & Jones, 2019), que justifican su suplementación, tanto en esfuerzos de largo aliento, como en esfuerzos de alta intensidad.

Por su parte, se ha teorizado en los últimos años que, la suplementación con NO<sub>3</sub>, puede tener implicaciones en una mayor producción de fuerza, mejora del rendimiento y de esa manera, potenciar las adaptaciones. Si se logra optimizar estas adaptaciones en el entrenamiento, en el contexto del alto rendimiento, es posible lograr esa pequeña ventaja extra que haga la diferencia

a la hora de lograr el resultado anhelado en competición, y en el ámbito clínico y de la salud, 4  
optimizando los efectos positivos del entrenamiento de la fuerza, y por ende haciéndolos más  
eficientes y eficaces.

La finalidad de esta investigación es conocer los efectos de la suplementación aguda con nitratos procedentes del jugo de remolacha, en la capacidad de sujetos entrenados para producir fuerza máxima dinámica, para lo cual se elige un diseño experimental aleatorizado, que permita dar fiabilidad y validez a los resultados obtenidos.

Se pretende utilizar una muestra de 12 sujetos entrenados en fuerza, de edad de 20 a 30 años, quienes se asignan de manera aleatoria a un grupo experimental y a un grupo control. Mediante pre y post test de 1RM y escala OMNI, se busca conocer el efecto de los nitratos en el rendimiento de la fuerza máxima de tren inferior.

En la actualidad la suplementación con nitratos ha adquirido gran importancia y es reconocida por la comunidad especialista en nutrición deportiva, como una ayuda ergogénica eficaz, sobretodo en esfuerzos de resistencia aeróbica y anaeróbica, pero con muy poca evidencia empírica en esfuerzos en los que predomina la fuerza máxima dinámica (Valenzuela, Morales, Emanuele, Pareja-Galeano, & Lucia, 2019).

Los pocos estudios, tratan la función contráctil del musculo esquelético y la producción de fuerza en contracciones isométricas tetánicas y no en contracciones dinámicas. Y aunque hay estudios donde se evalúa la potencia anaeróbica en test de Wingate y la potencia de miembros inferiores en test de salto contra movimiento, solo se encontró un estudio que trata los efectos de los nitratos en la producción de fuerza dinámica, con sobrecargas como método de medición, pero en ese caso en particular en la ejecución de press de banca, que implica únicamente el tren superior.

Es por esto que se identifica un vacío en relación a la investigación de la suplementación con nitrato en fuerza dinámica, de carácter máximo y específicamente en tren inferior. Además

las teorías explicativas que han surgido de los múltiples efectos fisiológicos en la función 6  
contráctil del músculo esquelético, tras la ingesta de nitratos, hace pensar en una potencial  
mejora en la producción de fuerza máxima e invita a la investigación, con el objetivo de  
proporcionar mayor claridad en este tema, y con ello aportar a no solo a esta área de  
conocimiento desde el ámbito deportivo, sino a otras que facilitan procesos de rehabilitación y  
utilizan el entrenamiento de la fuerza, tan importante en muchas disciplinas deportivas, en la  
salud y en suma, en la capacidad funcional general del ser humano. Por ende, se busca clarificar  
cuales son los efectos de la suplementación aguda con nitratos en este caso procedentes del jugo  
de remolacha, en la capacidad de sujetos entrenados para producir fuerza máxima dinámica.

## **Pregunta Problema.**

7

¿Qué efectos puede tener la suplementación con nitratos presentes en el zumo de remolacha, en la capacidad de producir fuerza máxima dinámica de tren inferior, en sujetos entrenados de la universidad de Cundinamarca?

**General.**

Identificar los efectos agudos que puede tener la suplementación de nitrato dietético en fuerza máxima de tren inferior de sujetos entrenados

**Específicos**

Reconocer los mecanismos fisiológicos que dan lugar a las múltiples respuestas del organismo con la ingesta de nitratos que podría llevar a la mejora del rendimiento en fuerza máxima voluntaria.

Evaluar los datos obtenidos con el fin de establecer los posibles efectos de la ingesta de nitratos dietéticos en la mejora del rendimiento en fuerza máxima.

Establecer hallazgos iniciales, que sean el punto de partida para nuevas investigaciones, en el ámbito de la suplementación con nitratos en entrenamiento de la fuerza.

## **Hipótesis**

9

La suplementación con nitratos dietéticos, mejora la capacidad para ejercer fuerza máxima dinámica del tren inferior, en sujetos entrenados

El nitrato ( $\text{NO}_3$ ) es un compuesto que está presente en muchos de los alimentos de la dieta humana, en su mayoría en vegetales, entre ellos está la remolacha la cual ha sido popularizada en el ámbito del deporte ya que se le atribuyen efectos ergogénicos precisamente por su alto contenido de este compuesto.

Las múltiples formas en las que el organismo es afectado por la ingesta del nitrato dietético aún son estudiadas por la comunidad científica. De hecho, no es el nitrato en sí, sino su producto final después de ser metabolizado en el organismo, el que produce cambios en varias funciones sistémicas, es decir el óxido nítrico ( $\text{NO}$ ).

El  $\text{NO}$  es sintetizado, luego de varios procesos bioquímicos que inician con la transformación del  $\text{NO}_3$  a Nitrito ( $\text{NO}_2$ ), gracias a una bacteria anaeróbica alojada en el dorsal de la lengua. El  $\text{NO}_2$  bioactivo es reducido luego a  $\text{NO}$  en el torrente sanguíneo y de allí pasa a varios tejidos, entre ellos al tejido muscular (Van De Walle & Vukovich, 2018).

Dado que el  $\text{NO}$  es una molécula de señalización celular, este regula muchos procesos que dan lugar a respuestas variadas, entre ellas, vasodilatación, aumento del flujo sanguíneo, biogénesis mitocondrial, aumento de la disponibilidad de oxígeno, entre otras. Se ha descrito, además, que estas respuestas mediadas por el  $\text{NO}$ , son potenciadas en condiciones de PH bajo e hipoxia tisular (Van De Walle & Vukovich, 2018).

Todos los efectos teóricos inducidos por la disponibilidad aumentada de  $\text{NO}$ , se han puesto a prueba en el ámbito clínico y deportivo en numerosos estudios. En ellos se han encontrado respuestas positivas en ambos ámbitos. En el deporte, por ejemplo, los hallazgos indican mejoras en el rendimiento en esfuerzos de moderada y alta intensidad, con una mayor tolerancia al ejercicio, menor costo de  $\text{O}_2$  y ATP.

Según Van De Walle & Vukovich (2018) las dosis medias para que haya una cantidad 11 óptima de NO, que promueva estas mejoras en el rendimiento, están en un rango de 8,4 mmol a 16,8 mmol de NO<sub>3</sub>, obtenido mediante fuentes dietéticas. Por debajo y por arriba de este rango, la evidencia científica actual, no provee suficientes datos que permitan afirmar que hay mejoras en el rendimiento.

Efectos del NO en el rendimiento se han observado 2 a 3 h después de la ingesta adecuada de NO<sub>3</sub> dietético, lo que al parecer es indicador del pico máximo de actividad del NO, el cual puede permanecer en cantidades elevadas hasta 24 horas, luego de las cuales regresa a sus concentraciones normales en plasma. Incluso hay estudios en donde las respuestas ergogénicas de NO, son apreciables con la suplementación diaria durante 15 días (Van De Walle & Vukovich, 2018).

Aunque hay bastante evidencia que confirma los efectos ergogénicos del NO, en esfuerzos submáximos de resistencia aeróbica y en esfuerzos de alta intensidad observados en carrera, ciclismo y natación, existe controversia en cuanto a las potenciales mejoras en el rendimiento, producidas por el NO, en el ámbito del entrenamiento de la fuerza. Así, por ejemplo, en un estudio de Hernández et al. (2012) se comprobó que hubo un aumento significativo en la fuerza de contracción rápida, pero no, de contracción lenta en ratas, después de ser sometidas a electroestimulación de baja y alta frecuencia, encontrando estas mejoras de fuerza sólo en las frecuencias bajas, lo que no indicaría aumentos en la fuerza tetánica, después de 7 días de suplementación con NO<sub>3</sub>.

En humanos, estudios como el de Bailey et al. (2010) se encontró una disminución del costo de ATP en un ejercicio de extensión de rodilla de carácter isométrico, luego de la suplementación con 5.1mmol de NO<sub>3</sub>, durante 6 días, no hallando cambios en la fuerza

voluntaria máxima. Por el contrario, (Haider & Folland, 2014) en un estudio similar, 12 encontraron mejoras en la fuerza de contracción, luego de la electroestimulación de extensores de rodilla a baja frecuencia, mejorando así el acoplamiento excitación-contracción, con 7 días de suplementación de NO<sub>3</sub> dietético (9.7mmol), sin embargo, no hubo mejoras en la fuerza de contracción a alta frecuencia. Lo que es reiterado luego por (Whitfield et al., 2017) quien también observo aumentos en la producción de fuerza, solamente en la electroestimulación a bajas frecuencia. Lo que ratifica una mejora de la función contráctil del musculo esquelético en humanos, producida por la biodisponibilidad aumentada de NO.

Esta función contráctil del músculo, mejorada con la suplementación de NO<sub>3</sub>, se puede observar con el aumento de la potencia máxima en la fase de acortamiento muscular, en poblaciones jóvenes, como también en el adulto mayor, e incluso en pacientes con insuficiencia cardiaca, también en deportistas entrenados y no entrenados. Esta mejora se da probablemente, por causa de la nitrosilación del retículo sarcoplásmico inducido por el NO, que modula cambios en la señalización del Ca<sup>2+</sup>, lo que a su vez aumenta la eficiencia de la formación de puentes cruzados actino-miosina. Sin embargo, aún no se dilucida por completo los mecanismos por los cuales se da esta mejora en la función contráctil muscular (Coggan & Peterson, 2018).

Otra respuesta de la suplementación con NO<sub>3</sub> es la reducción del coste de Pcr, que se ha encontrado con la ingesta de 0.51 litros /día de jugo de remolacha, suministrado durante 15 días, luego de un protocolo de 50 contracciones voluntarias máximas isométricas, realizadas el 5to y 15vo día de intervención y 2.5h luego de la última prueba (Fulford et al., 2013). Lo anterior implica un ahorro de los depósitos de fosfágenos, y por lo tanto mejora el rendimiento en fuerza, ya que estos son la principal fuente de energía de rápida utilización para el tejido activo contráctil.

deberse también a la reducción de la disminución de los depósitos de Pcr, fue descrita por el estudio de (Mosher, Sparks, Williams, Bentley, & Mc Naughton, 2016) en el que sujetos entrenados en fuerza, completaron una prueba que consistió en 3 series de press de banca al 60% de 1RM, con 2 min de recuperación entre series, luego de la ingesta aguda de jugo de remolacha rico en NO<sub>3</sub>. Lo que se evidenció, fue un mayor rendimiento en el grupo que consumió jugo de remolacha vs placebo, completando más reparticiones por serie.

Además de que se haya observado esta atenuación de la pérdida de Pcr muscular, también hay hallazgos que indican una disminución de la fatiga periférica en ejercicios exhaustivos de fuerza y en los que existe una restricción de flujo sanguíneo e hipoxia tisular, luego de la suplementación con jugo de remolacha rico en NO<sub>3</sub> en sujetos sanos (Tillin, Moudy, Nourse, & Tyler, 2018) y (Hoon, Fornusek, Chapman, & Johnson, 2015). Esto es otra muestra de los múltiples efectos ergogénicos de la suplementación con nitratos, pues la mayor disponibilidad de oxígeno que induce, gracias a la acción del NO, no solo es aprovechable en esfuerzos aeróbicos, sino aquellos en los que se demanda fuerza mantenida por periodos de larga duración.

En suma, la evidencia científica a día de hoy, indica una mejora de la función contráctil del músculo esquelético, aumentos en la potencia muscular, además de una atenuación en la reducción de la Pcr muscular durante el ejercicio. Todas estas respuestas, inducidas por la suplementación aguda o crónica (menor o igual a 15 días) de NO<sub>3</sub> dietético. Esto provee datos interesantes, para pensar que es posible observar mejoras en la producción de fuerza máxima voluntaria en ejercicios con sobrecargas, luego de aumentarse la biodisponibilidad de NO, vía suplementación con NO<sub>3</sub>.

Se conoce como nitrato, a un compuesto inorgánico formado por una molécula de nitrógeno (N) y tres moléculas de oxígeno (Moreno C, Soto O, & González R, 2015), esta molécula posteriormente se transforma en nitrito y finalmente a óxido nítrico. Como lo afirma Jones (2016) “El óxido nítrico es una molécula muy importante en la fisiología humana ya que está involucrada en la regulación del flujo sanguíneo, la contractibilidad del musculo y la respiración mitocondrial”(P.1).

El nitrato (NO<sub>3</sub>) se encuentra de manera natural en dosis mínimas sobre el suelo, aguas subterráneas y alimentos; principalmente se encuentra en hortalizas y verduras como espinacas, rábanos, remolachas, entre otras. La remolacha, como parte central del presente estudio, es una planta originaria del Mediterráneo y comúnmente usada con fines alimenticios y medicinales por su alto contenido de ácido fólico, ácido ascórbico, potasio, magnesio y derivados del nitrógeno, obtenidos del cultivo en tierra, es por esto que su contenido de nitrato es uno de los más altos dentro de la familia de las hortalizas con aproximadamente 1800 mg por kilogramo de masa (Moreno C et al., 2015). Durante muchos años se ha utilizado el zumo de este alimento como ayuda ergogénica, eficaz, para el rendimiento deportivo. Las ayudas ergogénicas según la Federación Española de Medicina del Deporte [FEDEMA] (2012), son consideradas como “cualquier maniobra o método (nutricional, físico, mecánico, psicológico o farmacológico) realizado con el fin de aumentar la capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento”(P.9). Porque retarda la aparición de la fatiga y favorece la óptima oxigenación muscular, factores importantes para mejorar el entrenamiento deportivo de contra resistencia o bien conocida fuerza. Esta capacidad física, ha sido estudiada a profundidad, por un gran número

de científicos del deporte. De allí, han surgido varios conceptos, de los cuales se abordarán los<sup>15</sup> más relevantes en el ámbito del entrenamiento deportivo hoy en día.

Para Verkhoshansky (2000), la fuerza es el producto de la acción sincronizada del tejido muscular, regulada por el sistema nervioso. Esto quiere decir que, la fuerza está condicionada principalmente por el funcionamiento del sistema neuromuscular, por lo que el mejoramiento de esta capacidad, debe estar direccionado hacia la consecución de adaptaciones nerviosas.

En contraste, Bompa (1999) menciona que “la fuerza es la capacidad de aplicar poder (vigor, generar tensión) sobre una resistencia” (P.12). Donde se observa que, el autor confiere más importancia a los factores mecánicos inherentes a la producción de fuerza muscular y los resultados cinéticos subyacentes. Dejando de lado, los factores nerviosos que la regulan. Lo que coincide con el concepto de Badillo & Ayestarán (2002), quien introduce además el término de contracción, para referirse a la acción fundamental del músculo como unidad central de la generación de fuerza.

Para valorar esta capacidad de contracción, se utiliza principalmente el test de RM (Máxima repetición) el cual es un parámetro bastante fiable para hallar la fuerza máxima de un sujeto de una manera directa (Brown, 2008). Esta evaluación nos arroja la capacidad máxima de la musculatura para vencer una resistencia, realizando una repetición habiendo intentado una segunda sin éxito.

Por otra parte, para evaluar la intensidad de estas ejecuciones de fuerza de manera subjetiva, pero que estadísticamente tiene correlación con la carga movilizada, se utiliza la escala OMNI de percepción subjetiva del esfuerzo. Esta escala mide de 1-10 el esfuerzo percibido por el deportista al final de cada ejecución, es de forma ascendente donde cero (0) es la fácil movilización de carga y donde diez (10) representa la movilización de la carga solo en una ocasión (Robertson et al., 2003).

Los suplementos dietarios en el entrenamiento de fuerza, han estado siempre presentes como un recurso a utilizar, en algún punto de la planificación del entrenamiento, con el fin de optimizar el rendimiento deportivo. De hecho, es bien sabido que, una gran mayoría de deportistas de fuerza, sean profesionales o amateurs, han recurrido a ellos. Ni que decir de los usuarios del Fitness, cuyo consumo es habitual, incluso sobrepasando en algunas ocasiones los límites del buen uso, debido en parte a la falta de evidencia científica y poca rigurosidad a la hora de elegir los suplementos que tienen un real efecto ergogénico.

En el ámbito clínico, por ejemplo, se han utilizado como complemento al entrenamiento de fuerza, en el tratamiento de ciertas patologías. La Sarcopenia del adulto mayor, es caso común, ya que se suele prescribir junto con un entrenamiento de fuerza acorde a la suplementación con proteína en su mayoría, de suero; lo que ha mostrado efectos bastante favorables en la atenuación de la pérdida de masa muscular, causada por esta enfermedad. Incluso la creatina monohidratada, ha sido propuesta y aplicada, con gran respaldo científico, en la prevención y tratamiento de afecciones como la Sarcopenia, y en enfermedades neurodegenerativas. (Maughan et al., 2018)

Todo indica que, se seguirán utilizando estos suplementos dietarios, en el marco del entrenamiento de la fuerza. Es más, la tendencia es a un aumento progresivo de su uso. Esto demanda por supuesto, mayor rigurosidad, a la hora de elegir cuáles son los suplementos que, según la evidencia científica, tienen un real efecto ergogénico sobre el rendimiento. Por lo tanto, y en aras de establecer bases científicas claras y útiles sobre este tema, se ha realizado un análisis teórico de la evidencia actual, acerca de la suplementación con nitrato dietético y su producto subyacente, el óxido nítrico (NO), catalogado como una ayuda ergogénica eficaz, y que hoy en

día es utilizado de manera recurrente en muchos campos de aplicación, relacionado con la actividad física y el deporte, pero a la vez, muy poco estudiado en el ámbito de la fuerza.

17

### **El nitrato dietético y el óxido nítrico (NO) como ayuda ergogénica**

En la actualidad, se ha catalogado, al óxido nítrico (NO), por muchos entrenadores, nutricionistas y científicos del deporte, como una ayuda ergogénica eficaz, y está siendo utilizado como suplemento a partir del nitrato dietético, en un gran número de disciplinas deportivas.

El NO es una especie reactiva, de la familia de los peróxidos. Está presente en el organismo y puede obtenerse de manera exógena, a través de diferentes vías metabólicas, como la del aminoácido arginina o a través de la ingesta de nitratos (NO<sub>3</sub>). Es esta última vía, para aumentar los niveles de NO en el organismo, la que se ha estado estudiando en los últimos años, por un gran número de investigadores. Dado que el NO<sub>3</sub> está presente en muchos alimentos, principalmente en vegetales, entre los que destaca la espinaca y la remolacha por su gran contenido, se opta por administrar ciertas cantidades de estos alimentos ricos en NO<sub>3</sub>, de modo que el aumento en plasma, induzca su transformación a NO y de esa manera, se aprovechen sus beneficios para el rendimiento.

Aunque la espinaca tiene un mayor contenido de NO<sub>3</sub> frente a la remolacha (Moreno C et al., 2015), es esta última la que se utiliza y se ha utilizado en la mayoría de los estudios, lo cual es comprensible, si se tiene en cuenta que el sumo de remolacha es mucho más agradable al paladar, en comparación al de la espinaca, por lo que su suplementación se hace más llevadera, tanto en los estudios, como en la utilización en el entrenamiento.

El NO es sintetizado, luego de varios procesos bioquímicos que inician con la transformación del NO<sub>3</sub> a Nitrito (NO<sub>2</sub>), gracias a una bacteria anaeróbica alojada en el dorsal

de la lengua. El NO<sub>2</sub> bioactivo es reducido luego a NO en el torrente sanguíneo y de allí pasa 18 a varios tejidos, entre ellos al tejido muscular (Van De Walle & Vukovich, 2018).

Como se había mencionado anteriormente, el NO llega a su destino final requerido, el músculo, luego de varios procesos metabólicos, que inician con la ingesta de una cantidad adecuada de NO<sub>3</sub>, a partir del sumo de remolacha.

Dado que el NO es una molécula de señalización celular, este regula muchos procesos que dan lugar a respuestas variadas, entre ellas, vasodilatación, aumento del flujo sanguíneo, biogénesis mitocondrial, aumento de la disponibilidad de oxígeno, menor coste de ATP, entre otras. Se ha descrito, además, que estas respuestas mediadas por el NO, son potenciadas en condiciones de PH bajo e hipoxia tisular (Van De Walle & Vukovich, 2018). Por esta razón muchos entrenadores en la actualidad utilizan los nitratos como ayuda ergogenica en deportes de esfuerzos extenuantes donde se presentan estas situaciones de hipoxia.

Estos efectos inducidos por el aumento del NO en el tejido activo, son especialmente importantes para el rendimiento en esfuerzos de larga duración, en los que una mayor densidad mitocondrial en las fibras musculares y la disponibilidad de oxígeno aumentada, supone un mayor potencial oxidativo, y en consecuencia mayor producción de ATP, dispuesto a ser utilizado por la musculatura en movimiento.

Pero estos efectos fisiológicos, no se limitan a los esfuerzos de carácter aeróbico. En esfuerzos de alta intensidad, donde se solicita una gran capacidad de rendimiento, con poca disponibilidad de oxígeno, puede ser de gran importancia, dada las condiciones, un aumento de la vasodilatación y un mayor flujo sanguíneo, ya que favorecen la llegada de sangre al tejido activo, acompañada de oxígeno y nutrientes, y con ello la capacidad para continuar con el esfuerzo. Esto es significativo, dado que en los esfuerzos de alta intensidad se presenta hipoxia

tisular, por lo que un pequeño aporte de oxígeno y nutrientes extra, puede suponer una ventaja crítica.

### **La Suplementación Con Nitrato Dietético En Entrenamiento De La Fuerza**

Los efectos fisiológicos producidos por la alta disponibilidad de NO, a través de la suplementación con nitrato dietético, en lo que respecta a los esfuerzos con las características ya mencionadas en el anterior apartado, está bien estudiado. De hecho, es cada vez más frecuente su utilización por parte de entrenadores y nutricionistas del deporte en sus procesos, ya que aún los estudios no evidencian efectos adversos de la suplementación a largo plazo (Valenzuela, Morales, Emanuele, Pareja-Galeano, & Lucia, 2019). No obstante, es necesaria la realización de estudios longitudinales que den conclusiones más certeras. En cuanto al entrenamiento de la fuerza es escasa la información que se puede encontrar en referencia a los posibles efectos del NO.

En un estudio de (Hernandez et al., 2012), se observó un aumento significativo en la fuerza de contracción rápida, pero no de contracción lenta en ratas, después de ser sometidas a electroestimulación de baja y alta frecuencia, encontrando estas mejoras de fuerza sólo en las frecuencias bajas, lo que no indicaría aumentos en la fuerza tetánica, después de 7 días de suplementación con NO<sub>3</sub>.

Igualmente, en humanos, (Fulford et al., 2013), encontraron una disminución del costo de ATP en un ejercicio de extensión de rodilla de carácter isométrico, luego de la suplementación con 5.1mmol de NO<sub>3</sub>, durante 6 días, no hallando cambios en la fuerza voluntaria máxima. Por el contrario (Haider & Folland, 2014), en un estudio similar, reportaron mejoras en la fuerza de contracción luego de la electroestimulación de extensores de rodilla a baja frecuencia, mejorando el acoplamiento excitación-contracción, con 7 días de suplementación de NO<sub>3</sub> dietético

(9.7mmol). Sin embargo, no hubo mejoras en la fuerza de contracción a alta frecuencia. Lo que es reiterado luego por (Whitfield et al., 2017), quien también observo aumentos en la producción de fuerza, solamente en la electroestimulación a bajas frecuencia. 20

Estas investigaciones muestran claramente, los efectos positivos inducidos por los niveles altos de NO en el tejido muscular, obtenidos mediante la suplementación con nitrato dietético, sobre la función contráctil del músculo esquelético. Si bien, los estudios se centran en la observación de estas mejoras, en contracciones de carácter isométrico o bajo estimulación eléctrica, los resultados obtenidos en dichas observaciones, dan pie a pensar que, estas mejoras en la función contráctil del musculo, pueden darse en contracciones dinámicas, lo que significa una mejora de la fuerza dinámica máxima.

Los mecanismos por los cuales se da esta mejora en la función contráctil del músculo, se puede observar con el aumento de la potencia máxima en la fase de acortamiento muscular, en poblaciones jóvenes, como también en el adulto mayor, e incluso en pacientes con insuficiencia cardiaca, también en deportistas entrenados y no entrenados. Esta mejora se da probablemente, por causa de la nitrosilación del retículo sarcoplásmico inducido por el NO, que modula cambios en la señalización del Ca<sup>2+</sup>, lo que a su vez aumenta la eficiencia de la formación de puentes cruzados actino-miosina. Sin embargo, aún no se dilucida por completo los mecanismos por los cuales se da esta mejora en la función contráctil muscular (Coggan & Peterson, 2018).

Estos efectos fisiológicos observados en el interior de la fibra muscular, tras la suplementación con nitrato dietético, suponen en teoría, una mejora en la producción de fuerza muscular, que no solo se limita a las contracciones isométricas. Un aumento de la velocidad máxima de acortamiento, mediado por la formación de más puentes cruzados actina-miosina, puede significar la generación de mayor potencia muscular en la fase concéntrica del

movimiento, y en consecuencia una mejora sustancial en el rendimiento en ejercicios de fuerza<sup>21</sup> dinámica máxima.

Lo anterior es ratificado por Angulo Carrete (2010), donde se habla que, la capacidad para producir tensión, está totalmente relacionada con el número de puentes cruzados formados entre las proteínas contráctiles actina y miosina. A mayor número y rapidez en la formación de estos, mayor generación de tensión intramiofibrilar. Sin embargo, existe una longitud del sarcómero óptima, donde la superposición de los filamentos es máxima, y por tanto es la zona de máxima tensión mecánica.

Por tanto, el mecanismo fisiológico que da lugar a la mejora en la salida del  $\text{Ca}^{2+}$  del RS, y el mayor número de puentes cruzados actina-miosina formados, dan como resultado un aumento de la función mecánica del musculo, y con ello, la generación de tensión máxima óptima y producción de mayor fuerza en la fase de acortamiento muscular. Otro mecanismo por el cual se han evidenciado mejoras en la fuerza dinámica es la atenuación de la disminución de fosfocreatina intramuscular lo que representa una mayor reserva de energía para suplir ese tipo de esfuerzos.

En suma, la suplementación con nitratos procedentes del sumo de remolacha, en dosis que se encuentran entre las 8.4 y 16.8 mml de  $\text{NO}_3$ , que a su vez tienen el potencial de aumentar la biodisponibilidad de NO en plasma y luego en el tejido muscular activo, producen los efectos fisiológicos descritos, que luego se traducen en efectos de carácter mecánico y fisiológico en el musculo, dando como resultado final, la mejora en la producción de fuerza. Lo que abre la puerta a una posible ayuda ergogénica eficaz para optimizar las adaptaciones buscadas en esta modalidad de entrenamiento.

El tipo de investigación propuesta es cuantitativa, con un alcance correlacional-causal. El diseño metodológico es experimental, debido a que se manipula una variable independiente (nitratos NO<sub>3</sub>) para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una variable dependiente (Fuerza Máxima dinámica), dentro de una situación controlada y logrando la validez interna del experimento. Para ello, se implementa un diseño doble ciego, aleatorizado, con pre-test y grupo de control.

En la siguiente imagen se ilustra la simbología del diseño experimental de la investigación:

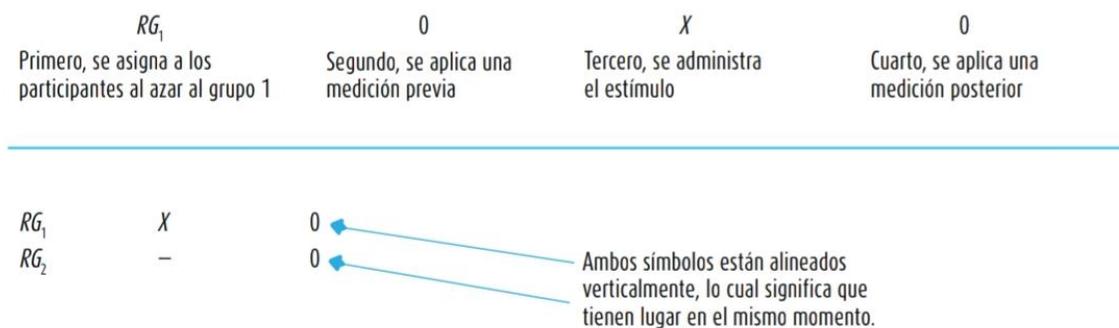


Ilustración 3. Metodología de la Investigación.

Imagen tomada de: *metodología de la investigación*. Cap. 7, pág. 140. (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. Baptista lucio, 2014).

**Métodos**

12 hombres, sanos y físicamente activos, fueron reclutados inicialmente y de manera voluntaria para el estudio (23.4±2.65 años, 74.5±6.2 kg, 1.73±0.06 m). Todos los sujetos reclutados tienen experiencia en entrenamiento de la fuerza (3.22±2.3 años 4±0.02 días/semana). Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado, donde se expresa el objetivo del estudio experimental, los pros y contras de su participación. A todos los sujetos se les aplicó una encuesta de 5 preguntas (Ver Anexo 1. Encuesta). Uno de los sujetos expresó suplementarse con

proteína de suero de leche y creatina HCL (hidroclorada), otro sujeto expresó suplementarse 23 con cafeína y multivitamínico Cerebrit, y un tercer sujeto con creatina monohidratada, el resto de los participantes refirieron no suplementarse, ni utilizar ayuda ergogénica o farmacológica alguna. Todos los sujetos expresaron consumir en su dieta, verduras ricas en nitratos (espinaca, remolacha, etc.) en porciones moderadas, de 3 a 7 días a la semana. Ver (Tabla 1)

Los participantes recibieron previamente instrucciones expresas, de seguir con la dieta y entrenamiento habitual, excepto que, aquellos que expresaron utilizar suplementos dietéticos y/o ayudas ergogénicas, tuvieron que suspender su uso, durante el tiempo total en el que se aplicó el tratamiento experimental. También fueron instruidos para suspender el uso de cafeína (Chocolate, Coca Cola, Café, tinto, etc.), alcohol y sustancias psicoactivas 72 h antes de pre y post test, además del ejercicio extenuante y de fuerza de miembros inferiores durante las 72 h previas a pre y post test. Por último, se instruyó a cada sujeto para abstenerse de utilizar enjuague bucal el día de la aplicación del pre y post test.

Para la realización de pre y post test, los voluntarios asistieron al salón multifuerza del campus de la Universidad de Cundinamarca extensión Soacha, a la misma hora en la jornada mañana para ambos test. Se les pidió expresamente consumir los alimentos habituales del desayuno, con el único condicionante de que realizaran la ingesta 4h antes del test.

*Tabla 1. Datos de participantes en la intervención.*

Nombre	Edad (Años)	Tiempo de Práctica (Años)	Suplementación	Frecuencia de Consumo de Vegetales	Categoría de dieta	Grupo	RM (Kg)		OMNI (Percepción del esfuerzo)	
							Pre Test	Post Test	Pre Test	Post Test
Sujeto 1	27	1	No	Todos los Días	Normocalórico	Experimental	140	145	5,16	5,55
Sujeto 2	25	3	No	4-5 Días por semana	Superávit Calórico	Experimental	140	155	8,91	8,16
Sujeto 3	25	8	Proteína con Creatina HCL	Todos los Días	Superávit Calórico	Experimental	130	142,5	9,16	7
Sujeto 4	23	4	Multivitáminico Cerebrit, Cafeína	Todos los Días	Normocalórico	Experimental	135	160	8,41	7,57
Sujeto 5	21	4	No	3-4 Días por semana	Normocalórico	Experimental	137,5	140	7,18	6,28
Sujeto 6	22	1	No	4 Días por semana	Superávit Calórico	Control	163,5	170	7,8	6,27
Sujeto 7	20	1	Creatina Monohidratada	Todos los Días	Superávit Calórico	Control	157,5	165	6,11	4,88
Sujeto 8	21	5	No	Todos los Días	Mínimo déficit calórico	Control	135	145	6,14	6,12
Sujeto 9	27	2	No	2-3 Días por semana	Superávit Calórico	Control	127,5	125	6	5,6

*Datos de experticia en el entrenamiento de fuerza, suplementación, consumo de vegetales, dieta, grupo al que pertenece en el experimento, y los respectivos resultados del pre y post test de RM y escala de OMNI de los sujetos.*

## **Procedimientos**

Para la medición de la fuerza máxima dinámica de miembros inferiores, se aplicó un test de 1RM de media sentadilla, de acuerdo al protocolo de la NSCA (Brown, 2008), Además de una escala de percepción subjetiva del esfuerzo, escala OMNI (Robertson et al., 2003). Los participantes del estudio asistieron el primer día del tratamiento experimental, para la realización del pre test, que inició con un calentamiento general y activación articular, seguido de un calentamiento específico que consistió en realizar 10 repeticiones, dejando entre 5 y 6 repeticiones en reserva, con una carga estimada para la ejecución de la serie, con las características mencionadas. Luego de esta serie, se completó un minuto y medio de descanso pasivo, para completar una segunda serie de 5 repeticiones, dejando entre 5 y 6 repeticiones en reserva. Seguido del calentamiento específico, y luego de transcurridos 1 minuto y medio, se aumentó 10kg la carga estimada, y se pidió al participante realizar 2 repeticiones, con un descanso entre 3 y 5 minutos, luego de los cuales se aumentó 10kg nuevamente, para completar una nueva serie de 2 repeticiones. Se repitió este procedimiento, con el mismo aumento de carga,

el mismo descanso entre series y el mismo número de repeticiones, hasta llegar a la carga 25 donde el sujeto ejecutó una repetición con buena técnica y rango de movimiento completo, sin haber logrado una segunda repetición. En los casos en que se llegó a una carga específica, en la que el sujeto no logró ni una sola repetición, se procedió a disminuir el peso en razón de 5kg, con el objetivo de encontrar la repetición máxima. El test finalizó luego de realizadas entre 5 y 6 series, para todos los sujetos participantes. La escala OMNI fue aplicada luego de finalizada cada serie, sin tener en cuenta las series de calentamiento específico. De los 12 sujetos reclutado inicialmente, 9 completaron el pre test, por lo tanto, los 3 restantes, no fueron tenidos en cuenta para el post test y resultados finales.

El post test se llevó a cabo 72h después del pre test, en la misma jornada del día, con las mismas condiciones y el mismo protocolo de 1RM de media sentadilla y escala OMNI, realizada en el pre test.

### **Suplementación**

Los participantes fueron asignados de manera aleatoria a un grupo experimental y a un grupo control, de modo que ni los participantes, ni los investigadores tuvieran conocimiento de que sujetos son pertenecientes a uno u otro grupo. Luego de este procedimiento y 3h antes del post test, se suministró a cada uno de los participantes del grupo experimental, 480ml (864mg de nitrato) de zumo de remolacha rico en nitratos (13,824 mmol/l nitratos) y a cada uno de los participantes del grupo control, un placebo (480ml de jugo de remolacha, escaso en nitratos (2,59 mmol nitrato). La cantidad de nitratos en el jugo experimental y el jugo placebo se determinó, teniendo en cuenta la información de Moreno C et al, (2015), que da cuenta de la cantidad de nitratos presentes en la remolacha, junto con la investigación de Mosher, Sparks, Williams, Bentley, & Mc Naughton, (2016), que demuestran que 400mg de nitrato equivalen a 6.4mmol/l.

El placebo fue elaborado con 90gr de remolacha, y 390ml de agua potable

26

aproximadamente, licuado y hervido hasta el punto de ebullición (Baddick, 2014). De esta forma, fue eliminado gran parte del nitrato presente en la remolacha.

### **Nitratos en plasma**

Transcurridas 2 horas y 30 minutos luego de la suplementación, se extrajo a los participantes, 10 ml de sangre venosa, para el posterior análisis de nitritos (NO<sub>2</sub>) y nitratos (NO<sub>3</sub>) en plasma sanguíneo. La sangre extraída fue inmediatamente centrifugada y almacenada para su posterior análisis. Se prepararon disoluciones de Cloruro de vanadio (III) (VCl<sub>3</sub>) al 0.8 % (% p/v) en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>(Merck, Darmstadt, Alemania, grado RA) 1 M, sulfanilamida al 2 % (% p/v) en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (Merck, Darmstadt, Alemania, grado RA) y al 5 % (% v/v), y una disolución de diclorhidrato de N-(1- naftil)etilendiamina al 0.2 % (% p/v), para el análisis de las muestras de sangre. Mediante espectrofotómetro de luz ultravioleta Visible Lambda 1a Uv Vis, Perkin Elmer, se realizó la medición de la cantidad de nitratos en plasma (Tenorio L., del Valle M, & Pastelín H., 2005). La tabla 1, muestra las concentraciones de nitratos en plasma de cada uno de los participantes.

Muestra	Cantidad de Muestra	Resultado mg/L (ppm)	Grupo
1	0,250 L	0,00251	Experimental
2	0,250 L	0,00183	Control
3	0,250 L	0,00257	Control
4	0,250 L	0,00236	Control
5	0,250 L	0,00171	Experimental
6	0,250 L	0,00241	Control
7	0,250 L	0,00169	Experimental
8	0,250 L	0,00144	Experimental
9	0,250 L	0,00228	Experimental

*Concentraciones de nitratos en plasma sanguíneo obtenidas en mg/L, cuantificadas por medio de espectrofotómetro de luz ultravioleta Visible Lambda 1a Uv Vis, Perkin Elmer, grupo control y experimental.*

Se establecieron las fechas para la intervención experimental, de modo que entre pre y post test exista como mínimo entre 48 y 72h de separación. Los horarios corresponden a los tiempos que permitan la ingesta del jugo de remolacha 3h antes del post test y la recolección de muestras biológicas 2.5h luego de la ingesta del jugo, de la misma forma para todos los sujetos. Las fechas de tabulación y análisis de datos, corresponden a los tiempos programados para cumplir con las fechas de entrega de proyecto asignadas.

Actividad	Hora inicio	Hora Final	04-oct	07-oct	06-oct	07-oct	12-oct	15-oct
Pre-test	8:30 a. m.	11:45 a. m.	X					
Ingesta de nitratos	7:30 a. m.	10:00 a. m.		X				
Toma de muestras biológicas	10:00 a. m.	12:30 p. m.		X				
Post-test	10:30 a. m.	1:00 p. m.		X				
Recolección de datos obtenidos en laboratorio	8:00 a. m.	8:15 a. m.			X			
Tabulación	6:00 p. m.	7:00 p. m.				X		
Analisis de Datos	7:00 p. m.	9:00 p. m.					X	X

*Ilustración 2. Cronograma.*

Sujetos de género masculino de entre 20 y 30 años de edad, entrenados en fuerza, con mínimo un año de experiencia y no menos de 3 sesiones por semana de entrenamiento.

Para la selección de la muestra se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

Hombres con edades entre 20 y 30 años.

Sujetos con mínimo un año de experiencia en entrenamiento de fuerza y que actualmente entrenan mínimo 3 días a la semana.

Sujetos que hayan seguido las indicaciones de los investigadores (seguir con la dieta y entrenamiento habitual, excepto utilizar suplementos dietéticos y/o ayudas ergogénicas, durante el tiempo total en el que se aplicó el tratamiento experimental, también suspender el uso de cafeína (Chocolate, Coca Cola, Café, tinto, etc.), alcohol y sustancias psicoactivas 72 horas antes de pre y post test, además del ejercicio extenuante y de fuerza de miembros inferiores durante las 72 horas previas al pre y post test y abstenerse de utilizar enjuague bucal el día de la aplicación del pre y post test).

Dentro de los criterios de exclusión están:

No haber entrenado en los últimos 2 meses de manera continua.

No haber tenido un descanso de 6-7 horas las últimas tres noches.

Haber tenido alguna enfermedad viral en los últimos 30 días.

Se tomaron 12 sujetos quienes cumplieron con todos los criterios de inclusión, de los cuales 9 terminaron la intervención experimental. A partir de esta muestra 5 tomaron jugo rico en nitratos 13.824 mml/l y 4 tomaron jugo escaso en nitratos 2.59 mml/l. La muestra se eligió de manera aleatoria.

Se hizo uso del salón multifuerza del campus de la Universidad de Cundinamarca extensión Soacha para la realización de los test. El salón está equipado con un rack y una barra olímpica de 20kg, que es utilizada generalmente para los deportes de halterofilia y powerlifting. Se utilizaron discos de diferentes pesos, para la ejecución de los protocolos de RM. Bicicletas estáticas, fueron usadas para el calentamiento general dentro del protocolo.

Un computador Hacer Intel Core I3 fue utilizado para la toma de datos de los pesos levantados en cada serie y el registro de los valores de escala de percepción OMNI, según protocolo. El registro fotográfico durante los test, fue realizado con un celular Iphone 7 con cámara de 12 megapíxeles.

Para la elaboración del placebo se usó una licuadora Oster 2 Vel.

Se usó el laboratorio de química de la Universidad de Cundinamarca extensión Soacha para la extracción de muestras de sangre.

Disoluciones de Cloruro de vanadio (III) ( $VCl_3$ ) al 0.8 % (% p/v) en  $H_3PO_4$ (Merck, Darmstadt, Alemania, grado RA) 1 M, sulfanilamida al 2 % (% p/v) en  $H_3PO_4$  (Merck, Darmstadt, Alemania, grado RA) y al 5 % (% v/v), y una disolución de diclorhidrato de N-(1-naftil)etilendiamina al 0.2 % (% p/v), se utilizaron para la determinación de nitratos en plasma. Todas las disoluciones se filtraron con un filtro para jeringa (Millipore, Molsheim, Francia) con membrana de ésteres mixtos de celulosa con un tamaño de poro de 0.22  $\mu m$ .

La cantidad de nitrato en plasma se midió mediante espectrofotómetro de luz ultravioleta Visible Lambda 1a Uv Vis, Perkin Elmer.

El paquete estadístico SPSS Versión 21 de IBM, se utilizó para el análisis estadístico de los datos recolectados.

Los datos recolectados se evaluaron con el paquete estadístico SPSS v 21. (Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. Baptista lucio, 2014), se utilizó el método de análisis factorial de varianza ANOVA de medidas repetidas, para el análisis de las variables del estudio. La esfericidad de la varianza se valoró por prueba de Mauchley, y se ajustó por el cociente Greenhouse-Geisser. Se aplicó la comparación por pares de Bonferroni, para detectar diferencias entre grupos en función del tipo de intervención (pre-post, con placebo=jugo de remolacha escaso en nitratos o con jugo de remolacha rico en nitratos). (Mosher, Sparks, Williams, Bentley, & Mc Naughton, 2016). El tamaño del efecto se obtuvo mediante el método ANOVA de medidas repetidas, opción tamaño del efecto. Para todas las pruebas se determinó una significancia de  $p < 0.05$ .

No hubo diferencias significativas entre grupos cuando se compararon las medias totales ( $P=0.512$ ;  $F(1,7) = 1146.89$ ;  $\eta^2=0.99$ ), tras la comparación por pares, no hubo diferencias en las medias del pre test de 1RM ( $p=0.278$ ) y en las medias del post test de 1RM ( $p=0.792$ ) ver (Tabla 3 y 4).

Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas entre ambos tipos de intervención (pre y post 1RM), cuando se compararon las medias entre sí ( $p=0.011$ ;  $F(1,7) = 11.79$ ;  $\eta^2=0.628$ ). Ver (Tabla 5).

Se comprobó luego con la comparación por pares que la diferencia entre tipos de intervención (pre y post test RM), fue a favor del grupo experimental (grupo que se suplementó con jugo de remolacha rico en nitratos), mostrando una significancia de  $p=0.010$ , mientras que en el grupo control (grupo que consumió placebo), no hubo diferencias significativas entre pre y post test de RM. Ver (Tabla 6 y 7).

Como ya se mencionó, Las medias entre grupos del peso levantado (kg), fue similar, 32 tanto en el pre test (GE=136,500  $\pm$  4,18; GC=145,625  $\pm$  17,00), como en el post test (GE=148,500  $\pm$  8,58; GC=151,250  $\pm$  20,56). Las medias de ambos grupos se muestran en la (Tabla 8). Las diferencias entre las medias de los grupos en relación a las condiciones de pre y post test de RM, se muestran en la Figura 1.

En lo que respecta a la escala de percepción subjetiva del esfuerzo, escala OMNI, el comportamiento entre las variables se correlaciona con las respuestas expuestas por los test de RM. Entre los grupos, sin tener en cuenta la relación entre pre y post escala OMNI, no hubo diferencias significativas ( $p=0.174$ ;  $F(1,7)=304.72$ ;  $\eta^2=0.97$ ), ambos grupos obtienen similares valores de percepción del esfuerzo en el pre y post. (Tabla 9). Sin embargo, al igual que lo ocurrido con los test de RM, se encuentra significancia entre intervenciones, es decir, entre pre y post test de escala OMNI ( $p=0.009$ ;  $F(1,7)=12.83$ ;  $\eta^2=0.64$ ) (Tabla 10 Y 11). Luego de la comparación por pares, se encontró que esta diferencia significativa fue a favor del grupo experimental ( $p=0.021$ ), en comparación al grupo control, en el que no se halló esta significancia (Tabla 12). Las medias de los valores de escala OMNI se muestran en la (Tabla 13).

Los nitratos en plasma que se extrajeron luego de 2.5h de la suplementación, arrojaron valores similares (Tabla 14), no encontrando diferencias entre grupos ( $P=0.495$ ;  $F(1,8)=0.517$ ), a pesar de que hubo una mejora en el rendimiento en test de RM y escala OMNI, esto indica, como lo muestran los diversos estudios, que la medición de nitritos en plasma es de mayor fiabilidad que las mediciones de nitratos, a la hora de estimar el aumento de la biodisponibilidad de oxido nítrico en el tejido muscular. (Bailey et al., 2010) y (Fulford et al., 2013).

Tabla 3. Pruebas de efectos entre grupos del peso levantado.

Pruebas de Efectos Entre Sujetos								
Medida: Peso Levantado								
Variable Transformada: Media								
Fuente	Tipo III suma de cuadrados	df	Media de Cuadrados	F	Sig.	Parcial Eta de cuadrados	noncent Parametro	poder observado
Interceptos	376198,351	1	376198,351	1146,9	0	0,994	1146,899	1
Grupos	156,684	1	156,684	0,478	0,51	0,64	0,478	0,092
Error	2296,094	7	328,013					

Aplicación estadística de efectos entre grupos sin tener en cuenta el tipo de intervención.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4. Comparación por pares entre grupos.

Tipo intervención	Comparación de grupos		Peso Levantado			95% intervalo de confianza por la diferencia	
	(I) Grupos	(J) Grupos	Media Diferencia (I-J)	Std. Error	sig.*	Limite Inferior	Limite Superior
1	experimental	control	-9,125	7,762	0,278	-27,479	9,229
	control	experimental	9,125	7,762	0,278	-9,229	27,479
2	experimental	control	-2,750	10,026	0,792	-26,458	20,958
	control	experimental	2,750	10,026	0,792	-20,958	26,458

Relación entre los distintos grupos según tipo de intervención sin tener en cuenta la interacción entre intervenciones. Fuente: Elaboración Propia.

Pruebas de Efectos Dentro de los Sujetos									
fuente		Tipo III suma de cuadrados	df	Media de Cuadrados	f	sig.	Parcial Eta Cuadrados.	Noncent parametro	Poder Observado *
Tipo de Intervención	Esfericidad asumida	345,156	1	345,156	11,795	0,011	0,628	11,795	0,836
	greenhouse-geisser	345,156	1,000	345,156	11,795	0,011	0,628	11,795	0,836
	huynh-feldt	345,156	1,000	345,156	11,795	0,011	0,628	11,795	0,836
	Limite Inferior	345,156	1,000	345,156	11,795	0,011	0,628	11,795	0,836
Tipo Intervención * Grupos	Esfericidad asumida	45,156	1	45,156	1,543	0,254	0,181	1,543	0,190
	greenhouse-geisser	45,156	1,000	45,156	1,543	0,254	0,181	1,543	0,190
	huynh-feldt	45,156	1,000	45,156	1,543	0,254	0,181	1,543	0,190
	Limite Inferior	45,156	1,000	45,156	1,543	0,254	0,181	1,543	0,190
Error(Tipo intervención)	Esfericidad asumida	204,844	7	29,263					
	greenhouse-geisser	204,844	1,000	29,263					
	huynh-feldt	204,844	1,000	29,263					
	Limite Inferior	204,844	1,000	29,263					

Efectos del tipo de intervención (pre y post test) sobre la variable dependiente peso levantado sin tener en cuenta la diferencia entre grupos. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Estadística Descriptiva

Estimadas		95% Intervalo de confianza			
Grupos	Tipo de intervención	Media	std.error	limite inferior	limite superior
Experimental	1	136,500	5,175	124,264	148,736
	2	148,500	6,684	132,694	164,306
control	1	145,625	5,785	131,945	159,305
	2	151,250	7,473	133,579	168,921

Datos estadísticos Relación entre grupos y tipos de intervención. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Comparación por pares de grupos y tipos de intervención

Comparación de grupos de peso levantado						95% Intervalo de confianza por diferencia b		
Grupos	(I) Tipo de intervención	(J) Tipo de intervención	Media de Diferencia (I-J)	std.error	sig.b	limite inferior	limite superior	
Experimental	1	2	-12,000	3,421	0,010	-20,090	-3,910	
	2	1	12,000	3,421	0,010	3,910	20,090	
control	1	2	-5,625	3,825	0,185	-14,670	3,420	
	2	1	5,625	3,825	0,185	-3,420	14,670	

Tabla 8. Estadística descriptiva general

Estadística Descriptiva				
	Grupos	Media	Std. Desviación	N
Sin intervención	Experimental	136,500	4,1833	5
	Control	145,625	17,0018	4
	Total	140,556	11,8439	9
Con intervención	Experimental	148,500	8,5878	5
	Control	151,250	20,5649	4
	Total	149,722	14,0559	9

Medias y desviación estándar de los grupos y media total según el tipo de intervención. Fuente: Elaboración Propia.

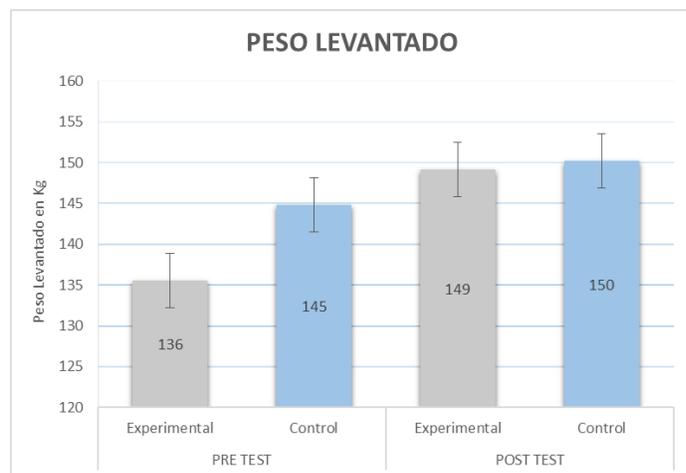


Ilustración 3. Mejora de peso levantado entre pre y post test.

Aumentos de peso levantado entre pre y post test de cada uno de los grupos. Fuente: Elaboración Propia.

Pruebas de efectos entre-sujetos								
medida: Percepción del esfuerzo								
variable transformada: promedio								
fuelle	tipo III suma de cuadrados	df	cuadrado medio	f	sig	eta parcial al cuadrado	parámetro noncent	poder observado
interseptar	798,700	1	798,700	304,727	0,000	0,978	304,727	1,000
grupos	5,986	1	5,986	2,284	0,174	0,246	2,284	0,258
error	18,347	7	2,621					

Efectos entre grupos sin tener en cuenta el tipo de intervención. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Efecto intrasujetos, percepción del esfuerzo

Pruebas de efectos intra-sujetos									
medida: Percepción del esfuerzo									
fuelle		tipo III suma de cuadrados	df	cuadrado medio	f	sig	eta parcial al cuadrado	parámetro noncent	poder observado
Tipo_intervencion	Esfericidad Asumida	3,372	1	3,372	12,833	0,009	0,647	12,833	0,865
	Greenhouse-Geisser	3,372	1,000	3,372	12,833	0,009	0,647	12,833	0,865
	Huynh-Feldt	3,372	1,000	3,372	12,833	0,009	0,647	12,833	0,865
	limite inferior	3,372	1,000	3,372	12,833	0,009	0,647	12,833	0,865
tipo_intervencion grupos	Esfericidad Asumida	0,37	1	0,037	0,140	0,719	0,020	0,140	0,062
	Greenhouse-Geisser	0,37	1,000	0,037	0,140	0,719	0,020	0,140	0,062
	Huynh-Feldt	0,37	1,000	0,037	0,140	0,719	0,020	0,140	0,062
	limite inferior	0,37	1,000	0,037	0,140	0,719	0,020	0,140	0,062
error(tipo_intrvencion)	Esfericidad Asumida	1,839	7	0,263					
	Greenhouse-Geisser	1,839	7,000	0,263					
	Huynh-Feldt	1,839	7,000	0,263					
	limite inferior	1,839	7,000	0,263					

Efectos del tipo de intervención (pre y post test) sobre la variable dependiente peso levantado sin tener en cuenta la diferencia entre grupos. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11. Estimaciones de las medidas según grupo y tipo de intervención

Estimaciones					
Medida: Percepción esfuerzo					
grupos	tipo de intervención	media	error estandar	95% intervalo de confianza	
				limite inf.	limite sup.
Experimental	1	7,764	0,610	6,322	9,206
	2	6,802	0,452	5,732	7,872
Control	1	6,513	0,682	4,900	8,125
	2	5,733	0,506	4,536	6,929

Medias y error estándar de los grupos y media total según el grupo y el tipo de intervención.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Comparación por pares entre grupos, en función del tipo de intervención

Comparación por Pares							
Medida: Percepción esfuerzo							
grupos	(I) tipo intervencion	(J) tipo intervencion	media (I-J) diferencial	error estandar	sig/b	95% intervalo de confianza	
						limite inf.	limite sup.
Experimental	1	2	0,962	0,324	0,021	,195	1,729
	2	1	-0,962	0,324	0,021	-1,729	-195
Control	1	2	0,780	0,362	0,068	-77	1,637
	2	1	-0,780	0,363	0,068	-1,637	

Comparación entre los grupos y tipo de intervención (pre y post test) teniendo en cuenta la interacción entre ellos. Fuente: Elaboración Propia.

*Tabla 13. Estadística Descriptiva General, Percepción del Esfuerzo*

Estadística Descriptiva				
	Grupos	Media	Std. Desviación	N
Sin intervención	Experimental	7.7640	1.64327	5
	Control	6.5125	0.86044	4
	Total	7.2078	1.43627	9
Con intervención	Experimental	6.8020	1.22402	5
	Control	5.7325	0.62479	4
	Total	6.3267	1.10146	9

*Medias y desviación estándar de los grupos y media total según el tipo de intervención. Fuente: Elaboración Propia.*

*Tabla 14. Efecto de las muestras de Nitratos en Plasma*

Efecto ANOVA de un factor de las muestras						
		Suma de Cuadrados	gl	media Cuadrática	F	Sig.
Tamaño de la muestra	Entre grupos	0,000	1	0,000	0,0	0,0
	Dentro de grupos	0,000	7	0,000		
	Total	0,000	8			
Nitratos en sangre	Entre grupos	0,000	1	0,000	0,517	0,495
	Dentro de grupos	0,000	7	0,000		
	Total	0,000	8			

*Comparación entre las medias de la cantidad de nitratos en plasma de cada uno de los grupos. Fuente: Elaboración Propia.*

El presente proyecto de investigación se constituyó en un tratamiento experimental, cuyo fin fue hallar efectos en la fuerza máxima dinámica de tren inferior en sujetos entrenados en fuerza, con la administración aguda de una dosis comprendida entre los 8.4 y 16.8 mmol/l de nitrato (NO<sub>3</sub>), a partir de una fuente dietética, como lo es el jugo de remolacha.

Esta hipótesis de investigación, surge de los hallazgos encontrados en diversos estudios, donde efectivamente, la ingesta de una dosis optima (entre 8,4 y 16,8 mmol/l) de nitratos, a partir del jugo de remolacha, aumenta la biodisponibilidad de nitritos en plasma de manera significativa (Fulford et al., 2013), (Bailey et al., 2010), (Mosher, Sparks, Williams, Bentley, & Mc Naughton, 2016), (Hoon, Fornusek, Chapman, & Johnson, 2015), (Whitfield et al., 2017), (Tillin, Moudy, Nourse, & Tyler, 2018), lo que contribuye a su vez, a un aumento de óxido nítrico (NO) en el tejido muscular.

El NO, cumple varias funciones de señalización molecular que regulan y modifican una serie de procesos intracelulares que dan como resultado la mejora de la función contráctil del músculo esquelético, y en consecuencia una mayor producción de fuerza.

En el tratamiento experimental que se llevó a cabo se midió la fuerza máxima dinámica de tren inferior mediante un test de RM de media sentadilla y, además, se aplicó una escala de percepción subjetiva del esfuerzo, escala OMNI. Lo que se evidencia en este tratamiento, es la existencia de una mejora significativa en la fuerza máxima dinámica en tren inferior, con la ingesta de un jugo de remolacha rico en NO<sub>3</sub> vs placebo, lo que se expresa en la valoración de la máxima repetición que un sujeto puede realizar. Un esfuerzo que, entre otros mecanismos, requiere fundamentalmente de la eficiencia en la formación de puentes cruzados actino-miosina, una velocidad de acortamiento muscular adecuada y óptimos depósitos de Pcr intramuscular,

mecanismos que han sido ya estudiados, como objetivos primordiales de la acción molecular del NO. 40

No sólo se encontraron mejoras en la fuerza máxima dinámica, sino en la percepción del esfuerzo, una escala que proporciona información sobre el estado de fatiga de un sujeto, ante un esfuerzo dado. La menor percepción del esfuerzo entre una y otra condición, y que existan diferencias significativas frente al placebo, indica probablemente la atenuación de la disminución de los depósitos de Pcr, provocados por la ingesta de NO<sub>3</sub>. Sin embargo, dado a que todos los sujetos descansaron el mismo tiempo, de la misma forma, con duraciones óptimas de recuperación y recordando que son sujetos con experiencia en entrenamiento de la fuerza, lo que favorece a la precisión en la percepción del esfuerzo, puede que estos depósitos de Pcr, no sean tan determinantes, ya que los sujetos entrenados pueden recuperarse de manera más eficaz y el protocolo del test, per se, previene la depleción de Pcr. Por lo que la misma función contráctil mejorada puede ser indicador suficiente para que el sujeto perciba un menor esfuerzo, ante una misma carga.

Debido a que el análisis de nitratos en plasma, no fue tan eficaz, para medir el efecto biológico de la ingesta del jugo de remolacha, se remite a los múltiples estudios ya mencionados arriba, los cuales permiten confirmar que la dosis de 13,824 mmol/l nitratos suministrada, es suficiente para ocasionar aumentos plasmáticos significativos de nitritos (NO<sub>2</sub>), y por tanto dichas adaptaciones. Aun así, es necesario en futuros estudios que deseen replicar el diseño experimental realizado, que solventen esta limitación, aplicando un análisis de mayor poder predictor, como, por ejemplo, el análisis de nitritos en plasma. Otra limitación a subsanar, es la del tamaño de la muestra. Con una muestra más grande, será posible encontrar hallazgos con un grado de validez mayor, en referencia a la representatividad y generalización a la población. Más

allá de que la población objetiva del presente proyecto, es bastante específica, lo que provee 41  
validez al tamaño de la muestra alcanzado, se pretende tener cada vez, una mayor generalización  
a la población.

Tras la realización del proyecto de investigación, se ha encontrado que la suplementación con nitrato dietético en una dosis de 13,824 mmol/l nitratos, suministrada 3 horas antes de un test de 1RM de media sentadilla y escala de percepción del esfuerzo OMNI, produce efectos significativos en la mejora de la fuerza máxima dinámica de tren inferior en sujetos entrenados, y en la percepción subjetiva del esfuerzo, reportando disminuciones de esta, luego de la suplementación.

A partir de estos hallazgos, surge el interés de poder extrapolar a situaciones prácticas en el ámbito del deporte, de la salud y el fitness. En el deporte, en aquellos en los que predomina la fuerza y la potencia, de modo que se optimicen las adaptaciones en ciertos momentos de la planificación, o justo antes de una competencia, para conseguir ese aumento de rendimiento que suponga un mejor desempeño.

En la salud, al no enfocarse solamente en el contexto competitivo y de alto rendimiento, sino en procesos que requieren como base la fuerza y que permitirán la rehabilitación funcional, la prevención y tratamiento de enfermedades.

Y en el fitness, es interesante para aquellos cuyo objetivo es aumentar la fuerza y la masa muscular, ya que tiene el potencial de optimizar estos procesos, de manera directa en la fuerza, y en consecuencia, en variables del entrenamiento importantes para la ganancia de masa muscular, como el volumen de entrenamiento.

Si bien, es aplicable a deportes dependientes de la fuerza y la potencia, como por ejemplo la halterofilia y el crossfit, además de los usuarios de las salas de musculación, en los que la suplementación con nitratos, puede ser un precursor indirecto dentro de todos los factores que subyacen la hipertrofia muscular, el llamado es a tener cautela y mesura en este asunto, ya que

faltan aún confirmar los hallazgos preliminares alcanzados en la presente investigación, y 43 establecer evidencias claras que permitan su uso seguro, si lo que se pretende es utilizar la suplementación de manera crónica. Debido a que, en este proyecto, se estudió el efecto agudo, es esto lo que determina el alcance de las recomendaciones. En ese sentido, en situaciones puntuales de una planificación deportiva, en un microciclo de competición, en periodos cortos en el que se requiere aumentar el volumen de entrenamiento de manera significativa cuando el objetivo es hipertrofia muscular o en procesos de rehabilitación, en los que se requiera una optimización de la fuerza en momentos determinados. Sin embargo, y como se ha mencionado, es necesario atender a estudios futuros, que permitan aclarar mucho mejor el panorama, den luces sobre su seguridad a largo plazo, sobre su grado de eficacia en entrenamiento de la fuerza, su uso complementario en diversas patologías, las dosis recomendadas, población a la que beneficiaría más, respondedores y no respondedores, mecanismos fisiológicos que subyacen las adaptaciones, en fin, estas y más preguntas por resolver, de las cuales se estará atento y presto para contribuir a responderlas.

Por esa razón y teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la invitación a la comunidad académica es a la de continuar realizando estudios que permitan continuar aclarando todas estas interrogantes y las demás que surjan dentro de la dinámica de la investigación.

- Angulo Carrete, T. (2010). Biomecánica clínica, fuerza, trabajo y potencia muscular. *Reduca (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*.
- Baddick, C. (2014). Using Beet Juice to Improve Performance [Entrada de Blog] Recuperado de: <https://www.trainingpeaks.com/blog/using-beet-juice-to-improve-performance/>
- Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos Del Entrenamiento de la Fuerza: Aplicación Al Alto Rendimiento Deportivo*. INDE Publicaciones. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=0OUzKQPywqoC>
- Bailey, S. J., Fulford, J., Vanhatalo, A., Winyard, P. G., Blackwell, J. R., DiMenna, F. J., ... Jones, A. M. (2010). Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *109*(1), 135–148. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00046.2010>
- Bompa, T. (1999). *Periodizacion del entrenamiento deportivo* (segunda). Barcelona: Paidotribo.
- Brown, L. E. (2008). *Entrenamiento de la fuerza*. España: Editorial Medica Panamericana Sa de. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=gfwLEJAaD\\_wC](https://books.google.com.co/books?id=gfwLEJAaD_wC)
- Coggan, A. R., & Peterson, L. R. (2018). Dietary Nitrate Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *46*(4), 254–261. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000167>
- Federación Española de Medicina del Deporte (2012) Ayudas Ergogénicas Nutricionales para Personas que Realicen Ejercicio Físico. *Archivos de Medicina del Deporte*. *29*(1).  
Recuperado de: [http://www.femede.es/documentos/ayudas%20ergogenicas\\_supl%201\\_2012.pdf](http://www.femede.es/documentos/ayudas%20ergogenicas_supl%201_2012.pdf)
- Fulford, J., Winyard, P. G., Vanhatalo, A., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. (2013).

force production during maximum voluntary contractions. *Pflugers Archiv : European Journal of Physiology*, 465(4), 517–528. <https://doi.org/10.1007/s00424-013-1220-5>

Haider, G., & Folland, J. P. (2014). Nitrate supplementation enhances the contractile properties of human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(12), 2234–2243. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000351>

Hernandez, A., Schiffer, T. A., Ivarsson, N., Cheng, A. J., Bruton, J. D., Lundberg, J. O., ... 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>

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. Baptista lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta). Mexico: McGrawHill.

Hoon, M. W., Fornusek, C., Chapman, P. G., & Johnson, N. A. (2015). The effect of nitrate supplementation on muscle contraction in healthy adults. *European Journal of Sport Science*, 15(8), 712–719. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1053418>

Jones, A. M. (2016). Precusores del óxido nítrico en la dieta y rendimiento en ejercicio. *Gatorade Sports Science Institute*.

Luan, X., Tian, X., Zhang, H., Huang, R., Li, N., Chen, P., & Wang, R. (2019). Exercise as a prescription for patients with various diseases. *Journal of Sport and Health Science*, 8(5), 422–441. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.04.002>

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455.

McDonagh, S. T. J., Wylie, L. J., Thompson, C., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2019). Potential benefits of dietary nitrate ingestion in healthy and clinical populations: A brief review.

*European Journal of Sport Science*, 19(1), 15–29.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1445298>

McMahon, N. F., Leveritt, M. D., & Pavey, T. G. (2017). The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(4), 735–756.

<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0617-7>

Moreno C, B., Soto O, K., & González R, D. (2015). El consumo de nitrato y su potencial efecto benéfico sobre la salud cardiovascular . *Revista Chilena de Nutrición* . scielocl .

Mosher, S. L., Sparks, S. A., Williams, E. L., Bentley, D. J., & Mc Naughton, 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>

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333–341.

<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

Seirul-lo, F. (2017). El entrenamiento en los deportes de equipo. España. Editorial: Autor Editor.

Tenorio L., F. A., del Valle M, L., & Pastelín H., G. (2005). Validación de un método analítico espectrofotométrico para la cuantificación de metabolitos estables de óxido nítrico en fluidos biológicos. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 36(1), 31–41. Retrieved

- Tillin, N. A., Moudy, S., Nourse, K. M., & Tyler, C. J. (2018). Nitrate Supplement Benefits Contractile Forces in Fatigued but Not Unfatigued Muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(10), 2122–2131. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001655>
- Valenzuela, P. L., Morales, J. S., Emanuele, E., Pareja-Galeano, H., & Lucia, A. (2019). Supplements with purported effects on muscle mass and strength. *European Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1882-z>
- Van De Walle, G. P., & Vukovich, M. D. (2018). The Effect of Nitrate Supplementation on Exercise Tolerance and Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1796–1808. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002046>
- Verkhoshansky, Y. (2000). *Todo sobre el método pliométrico. Medios y métodos para el entrenamiento y la mejora de la fuerza explosiva*. España: Paidotribo.
- Whitfield, J., Gamu, D., Heigenhauser, G. J. F., VAN Loon, L. J. C., Spriet, L. L., Tupling, A. R., & Holloway, G. P. (2017). Beetroot Juice Increases Human Muscle Force without Changing Ca<sup>2+</sup>-Handling Proteins. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(10), 2016–2024. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001321>

**Proyecto Efectos Agudos De La Suplementación Con Nitrato Dietético En Fuerza  
Máxima De Tren Inferior En Sujetos Entrenados De La Universidad De  
Cundinamarca Extensión Soacha**

Responda la siguiente encuesta de la manera más sincera posible, recuerde que es pertinente que lo haga para que la aplicación de pruebas en el proyecto sea eficiente y los resultados sean exactos.

NOMBRES Y APELLIDOS: \_\_\_\_\_

ENCUESTA

1) ¿Actualmente está consumiendo algún suplemento dietético y/o ayuda ergogénica (Creatina, BCAA, Cafeína, proteína de suero (whey) o hidrolizada de carne (beef)? especifique cuál:

\_\_\_\_\_

2) ¿Actualmente está utilizando ayudas farmacológicas (Esteroides Anabólicos, androgénicos)? especifique cuál:

\_\_\_\_\_

3) ¿en su dieta habitualmente consume vegetales verdes (espinacas, espárragos, acelgas, brócoli, entre otros) y/o específicamente remolacha? describa cuál, y con qué frecuencia por semana los ingiere.

\_\_\_\_\_

4) En que categoría se ubica en referencia a su dieta

- a. Superávit calórico (consume más calorías de las que gasta)
- b. normo calórico (consume igual cantidad de calorías de las que gasta)
- c. déficit calórico (consume menos calorías de las que gasta)

5) ¿Tiene actualmente alguna contraindicación osteomuscular y/o articular que le impida realizar Test de RM (repetición máxima) en sentadilla?

Si \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

No \_\_\_

*Anexo 1. Encuesta.*



UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE Y LA EDUCACIÓN FÍSICA

**AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO EFECTOS AGUDOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NITRATO DIETÉTICO EN FUERZA MÁXIMA DE TREN INFERIOR EN SUJETOS ENTRENADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN SOACHA**

FECHA DE REALIZACIÓN: 4 de octubre de 2019 y 7 de octubre de 2019

**AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Con mi firma en este documento hago constar que he leído, recibido la explicación y la información necesaria sobre la participación en el proyecto EFECTOS AGUDOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NITRATO DIETÉTICO EN FUERZA MÁXIMA DE TREN INFERIOR EN SUJETOS ENTRENADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN SOACHA. Declaro conocer perfectamente las características de las actividades que se realizarán, las eventuales circunstancias que pudieran surgir (lesiones durante la ejecución del pre-test y post-test y efectos secundarios de la suplementación) cuya responsabilidad asumo plenamente.

En consecuencia, acepto y asumo todos los riesgos asociados con la participación en el proyecto, incluyendo acciones u omisiones de los investigadores.

Así mismo, declaro que acepto la intervención invasiva por parte de un profesional de la salud, encargado de obtener las muestras biológicas, y la participación de personal de soporte en caso de accidente durante la ejecución de los test. También entiendo, declaro y acepto que dicho personal no será responsable por el tratamiento ofrecido y que éste auxilio médico es meramente temporal y circunstancial durante el tiempo del desarrollo del proyecto.

Por lo anterior, exonero de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca UdeC, así como a sus funcionarios y contratistas, aliados, patrocinadores y/o representantes, investigadores encargados del proyecto, de todo reclamo o responsabilidad contractual y/o extracontractual que surja de mi participación en esta actividad.

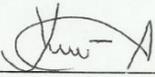
De igual forma declaro que me encuentro en condiciones médicas, psicológicas y físicas aptas para asistir y participar en el proyecto y me comprometo a notificar a los investigadores sobre cualquier preexistencia o novedad en relación con mi salud. Así mismo certifico que me encuentro afiliado y activo a la entidad promotora de salud.

Hoy **04 / 10 / 2019**, con mi firma asumo que he comprendido perfectamente lo descrito en este documento para mi participación en el proyecto EFECTOS AGUDOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NITRATO DIETÉTICO EN FUERZA MÁXIMA DE TREN INFERIOR EN SUJETOS ENTRENADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN SOACHA, y me responsabilizo de cualquier eventualidad que suceda durante la investigación. Por lo tanto, eximo a la Universidad de Cundinamarca y los investigadores encargados del proyecto.

Participante: Yojan Esneider Alejo Abril

Documento: 1018492086

Código: 712214104




---

FIRMA

Anexo 2. Consentimiento informado sujeto 5.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE Y LA EDUCACIÓN FÍSICA



**AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO EFECTOS AGUDOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NITRATO DIETÉTICO EN FUERZA MÁXIMA DE TREN INFERIOR EN SUJETOS ENTRENADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN SOACHA**

FECHA DE REALIZACIÓN: 4 de octubre de 2019 y 7 de octubre de 2019

**AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Con mi firma en este documento hago constar que he leído, recibido la explicación y la información necesaria sobre la participación en el proyecto EFECTOS AGUDOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NITRATO DIETÉTICO EN FUERZA MÁXIMA DE TREN INFERIOR EN SUJETOS ENTRENADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN SOACHA. Declaro conocer perfectamente las características de las actividades que se realizarán, las eventuales circunstancias que pudieran surgir (lesiones durante la ejecución del pre-test y post-test y efectos secundarios de la suplementación) cuya responsabilidad asumo plenamente.

En consecuencia, acepto y asumo todos los riesgos asociados con la participación en el proyecto, incluyendo acciones u omisiones de los investigadores.

Así mismo, declaro que acepto la intervención invasiva por parte de un profesional de la salud, encargado de obtener las muestras biológicas, y la participación de personal de soporte en caso de accidente durante la ejecución de los test. También entiendo, declaro y acepto que dicho personal no será responsable por el tratamiento ofrecido y que éste auxilio médico es meramente temporal y circunstancial durante el tiempo del desarrollo del proyecto.

Por lo anterior, exonero de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca UdeC, así como a sus funcionarios y contratistas, aliados, patrocinadores y/o representantes, investigadores encargados del proyecto, de todo reclamo o responsabilidad contractual y/o extracontractual que surja de mi participación en esta actividad.

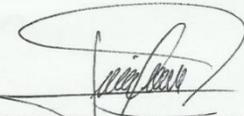
De igual forma declaro que me encuentro en condiciones médicas, psicológicas y físicas aptas para asistir y participar en el proyecto y me comprometo a notificar a los investigadores sobre cualquier preexistencia o novedad en relación con mi salud. Así mismo certifico que me encuentra afiliado y activo a la entidad promotora de salud.

Hoy 04 / 10 / 2019, con mi firma asumo que he comprendido perfectamente lo descrito en este documento para mi participación en el proyecto EFECTOS AGUDOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON NITRATO DIETÉTICO EN FUERZA MÁXIMA DE TREN INFERIOR EN SUJETOS ENTRENADOS DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN SOACHA. y me responsabilizo de cualquier eventualidad que suceda durante la investigación. Por lo tanto, eximo a la Universidad de Cundinamarca y los investigadores encargados del proyecto.

Participante: Jeison Felipe Traslavina León

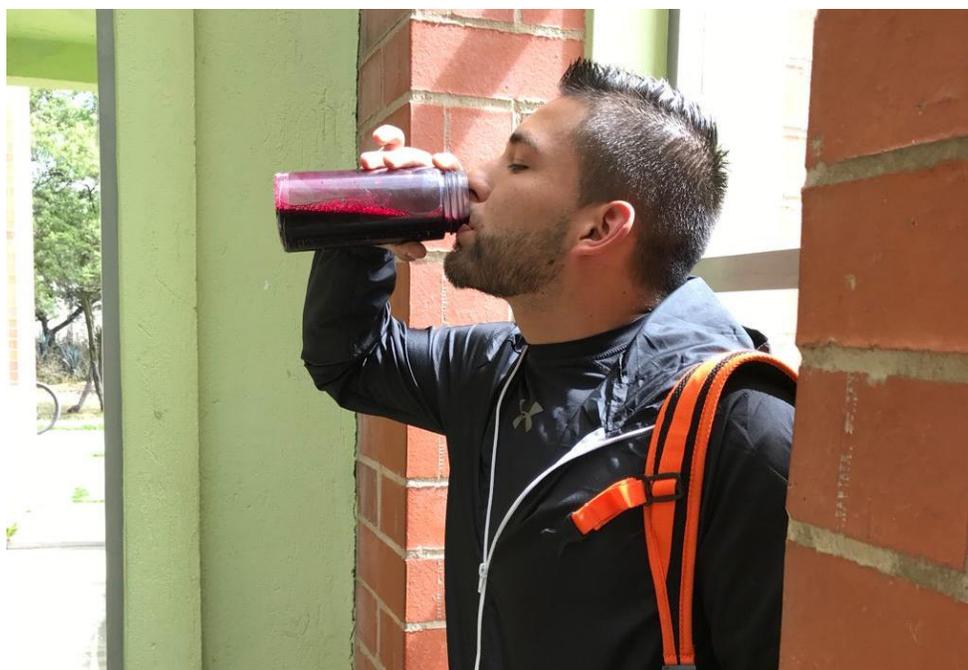
Documento: 1'016.063.417

Código: 713.214.345

  
FIRMA



*Anexo 4. Ingesta de Jugo experimental sujeto 3.*



*Anexo 5. Ingesta de Jugo experimental sujeto 4.*



*Anexo 6. Ingesta de Jugo experimental sujeto 2.*



*Anexo 7. Ingesta de Jugo Placebo sujeto 6.*



*Anexo 8. Ingesta de Jugo Placebo sujeto 9.*



*Anexo 9. Barra Libre del pre y post test.*



*Anexo 10. pre test sujeto 5.*



*Anexo 11. pre test sujeto 3.*



*Anexo 12. pre test sujeto 9.*



*Anexo 13. pre test sujeto 6 en sentadilla.*



*Anexo 14. pre test sujeto en sentadilla profunda, carga cercana al RM.*



*Anexo 15. post test sujeto 6 en sentadilla profunda, carga cercana al RM.*



*Anexo 16. pre test sujeto en sentadilla profunda, carga cercana al RM.*



*Anexo 17. Toma de muestra biológica sujeto 5.*



*Anexo 18. Enfermera depositando la muestra biológica sujeto 5.*



*Anexo 19. Enfermera Tomando la muestra biológica sujeto 3.*



*Anexo 20. Tratamiento de las muestras de sangre para su transporte al laboratorio.*



*Anexo 21. Muestras Biológicas listas para ser analizadas en el laboratorio.*



<b>CODIGO FORMATO</b> GDC-FOR-201-003	<b>CODIGO PROCEDIMIENTO</b> GDC-POE-201-003	<b>VERSIÓN</b> 17
--	--	----------------------

**INFORME DE ANÁLISIS**      Análisis Químico y Microbiológico  
A.Q.M. S.A.S

**CLIENTE:** LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES EXTENSIÓN SOACHA  
**DIRECCIÓN:** DG. 9 #595, BOGOTÁ, SOACHA, CUNDINAMARCA



---

**PRODUCTO:** NITRATOS mg/litro ppm  
**LOTE:** N/A  
**PRESENTACIÓN:** Frasco Schott x 250 mL  
**PROVEEDOR/CLIENTE:** Universidad de Cundinamarca – proyecto de investigación

---

N° Muestra	Técnica	Cantidad Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Análisis	Resultado mg/L (ppm)
1	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00251
2	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00183
3	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00257
4	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00236
5	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00171
6	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00241
7	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00169
8	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00244
9	Interno AQM-4798	0.250 L	08-10-2019	10-08-2019	0,00228

Activar \  
 Ve a Config

Anexo 22. Resultados de laboratorio de las muestras de sangre, contenido de nitratos.



CODIGO FORMATO  
GDC-FOR-201-003

CODIGO PROCEDIMIENTO  
GDC-POE-201-003

VERSIÓN  
17

Tratamiento de datos.

MUESTRA	
Muestra 1	Juan Felipe Traslavina Leon
Muestra 2	Andres Felipe Bernal Mendez
Muestra 3	Michael Jordan Rodriguez Garcia
Muestra 4	Stiven Alexander Ramirez Vargas
Muestra 5	Miguel David Velandia
Muestra 6	Andres Camilo Mira Flores
Muestra 7	Daniel Alejandro Rua Flor
Muestra 8	Cristian Jair Sánchez
Muestra 9	Yohan Esneider Alejo Abril

Absorbancias de las muestras de sangre

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9
Absorbancia	0,412	0,262	0,417	0,414	0,274	0,361	0,273	0,354	0,375
Absorbancia	0,354	0,312	0,365	0,314	0,266	0,377	0,263	0,392	0,326
PROMEDIO Absorbancia	0,383	0,287	0,391	0,362	0,270	0,369	0,267	0,373	0,350
Concentración ppm mg/L	0,00251	0,00183	0,00257	0,00236	0,00171	0,00241	0,00169	0,00244	0,00228
Pendiente:	140,9								
Intercepto:	0,0291								
Eq. Recta	$y = 134,5x - 0,0094$ $R^2 = 0,9922$								



Longitud de ONDA: 220 Nanómetros (nm)

Equipo utilizado:	Espectrofotómetro Uv Visible Lambda 1a Uv Vis, Perkin Elmer
-------------------	---

Activar Win  
Ve a Configura

Anexo 23. Resultados de laboratorio de las muestras de sangre, absorbancias del contenido de nitratos.