



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NITRATOS A PARTIR  
DEL ZUMO DE REMOLACHA EN EL CONSUMO DE OXÍGENO  
SUBMÁXIMO EN UN GRUPO DE CICLISTAS ENTRENADOS EN  
ALTURA**

**Oscar Daniel Villarreal Nieto**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano

Bogotá, Colombia

**EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NITRATOS A  
PARTIR DEL ZUMO DE REMOLACHA EN EL CONSUMO DE  
OXIGENO SUBMÁXIMO EN UN GRUPO DE CICLISTAS  
ENTRENADOS EN ALTURA**

Oscar Daniel Villarreal Nieto

Tesis de investigación presentada como requisito para optar al título de

**Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física**

Director

PhD Edgar Cristancho Mejía

Codirectora

PhD Erica Mabel Mancera Soto

Línea de Investigación:

Adaptaciones a la Hipoxia y al Ejercicio

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano

Bogotá, Colombia

2019

“El éxito está compuesto por un cinco por ciento de inspiración y un noventa y cinco por ciento de sudor”.

**Ralph Waldo Emerson**

# Agradecimientos

Agradecimiento a Dios por darme la fortaleza y resiliencia para poder desarrollar este proyecto como un paso más en mi vida profesional, por enseñarme a luchar a pesar de la adversidad y ponerme en el camino Ángeles que me apoyaron en el desarrollo de este.

A mi familia por siempre motivarme a seguir luchando y alcanzar nuevas metas, por tener siempre esa voz de apoyo y creer más en mí que lo que yo creo, eso me inspira a seguir siempre adelante.

Un gran agradecimiento a la profesora Érica Mancera por siempre darme ese apoyo incondicional en los momentos difíciles, por enseñarme a pensar de manera crítica respetando a las diferencias, mil gracias. Al profesor Edgar Cristancho por creer en este proyecto y ayudarme a materializarlo, mil gracias.

A los médicos residentes de la especialidad de medicina del deporte de la Universidad Nacional en especial a Alex Montoya y Andrei Ortiz, a la estudiante de nutrición Natalia Ruiz por el arduo apoyo en la fase de ejecución del proyecto, un apoyo incondicional.

Además de un agradecimiento a mi segunda casa Coldeportes (Centro de Ciencias del deporte) en cabeza del Doctor Mauricio Serrato por el apoyo en la fase de ejecución del proyecto de investigación.

# Resumen

**Introducción:** Desde hace unos años en la nutrición deportiva ha tomado relevancia el efecto del zumo de remolacha sobre el rendimiento físico, debido a que el zumo de remolacha aporta nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) los cuales se pueden reducir a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y posteriormente a óxido nítrico (NO) gracias a unas bacterias linguales facultativas (Doel et al, 2005). Encontrado entre los principales resultados un aumento de NO plasmático, y una reducción en el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) en ejercicios submáximos (Lansen y et al 2015). Estos efectos se han encontrado principalmente en deportistas de iniciación o de potencia aeróbica moderada por lo que aún no se ha podido determinar las posibles dosis de la suplementación dependiendo de la condición aeróbica del deportista y de la disciplina deportiva (Wilkerson DP et al, 2012; Hoon M et al, 2013 y Zafeiridis, 2014). **Objetivo:** Establecer los efectos de la suplementación de nitratos en dos dosis a partir del zumo de remolacha en el consumo de oxígeno submáximo según la condición aeróbica de un grupo de ciclistas entrenados en altura. **Metodología:** Se conformaron 2 grupos experimentales de ciclistas dependiendo de la potencia aeróbica se clasificaron con potencia aeróbica moderada (GM:  $48-58 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (n: 6) y con potencia aeróbica alta (GA:  $64 - 80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). (n: 6), suplementando en dos dosis de 5,5 mmol y 11mmol de nitratos durante 3 días en una prueba de costo de oxígeno de 6 minutos a una intensidad del 80% **Resultados:** Hubo significancia estadística en el aumento del cociente respiratorio ( $p < 0,05$ ), pero no se encontraron diferencias estadísticas en el costo de oxígeno, ni eficiencia mecánica, sin embargo, se pudo establecer diferencias fisiológicas post suplementación de la dosis de 11 mmol. **Discusión:** Se determinó que en altura la dosis de suplementación de 11 mmol tuvo una incidencia fisiológica pero no estadística en la eficiencia mecánica reduciendo el requerimiento de oxígeno de 0,9 a 0,4 ml de  $\text{O}_2$  por vatio en el grupo de GM y GA respectivamente, con posible incidencia de mejoría en el metabolismo de los carbohidratos. **Conclusión:** La dosis de suplementación de nitratos debe ser establecida según la potencia aeróbica de los deportistas con posible mejoría en la eficiencia mecánica en deportistas con baja a moderada potencia aeróbica.

# Abstract

**Introduction:** For some years in sports nutrition the effect of beet juice on physical performance has been observed, because beet juice provides nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) which can be reduced to a nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) and subsequently to nitric oxide (NO) thanks to facultative lingual bacteria (Doel et al, 2005). An increase in plasma NO, and a reduction in oxygen consumption ( $\text{VO}_2$ ) in submaximal exercises were found among the main results (Lansen and others 2015). These effects have been found mainly in athletes of initiation or moderate physical capacity so we can not yet determine the possible opportunities for supplementation of the athlete's aerobic condition and sports discipline (Wilkerson DP et al, 2012; Hoon M et al. al, 2013 and Zafeiridis, 2014). **Objective:** to establish the effects of nitrate supplementation in two doses from beet juice in the oxygen consumption below the aerobic condition of a group of cyclists trained in height. **Methodology:** Two experimental groups of aerobic capacity cyclists were classified with moderate capacity ( $48\text{-}58 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) (n: 6) and with high capacity ( $64\text{-}80 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). (n: 6), where 2 supplementation tests were performed on 5.5 mmol and 11 mmol of nitrates for 3 days in a 6-minute test at an intensity of 80%. **Results:** It was found that there was a statistical significance in the increase of the Respiratory quotient, but there are no differences in the cost of oxygen, nor in the mechanics, but they are philological. **Discussion:** 0.9 to 0.4 ml of  $\text{O}_2$  per year, with the possibility of improving the information. In the metabolism of carbohydrates. **Conclusion:** The dose of nitrate supplementation should be dependent on the aerobic power of athletes with the best benefits of mechanical efficiency and athlete with low or moderate aerobic power.

# Contenido

<b>Lista de Figuras</b>	<b>1</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>2</b>
<b>Lista de Símbolos y Abreviaturas</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Planteamiento del problema</b>	<b>6</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>8</b>
<b>4. Antecedentes</b>	<b>9</b>
<b>5. Marco Teórico</b>	<b>12</b>
5.1 Generalidades	12
5.2 Suplementos empleados para la prevención o tratamiento de deficiencias nutricionales	13
5.3 Suplementos que mejoran directamente el rendimiento deportivo	14
5.4 Suplementos que indirectamente mejoran el rendimiento deportivo o recuperación	17
5.5 Evaluación de rendimiento en deportes de resistencia	18
5.6 Variables fisiológicas de medición	23
5.7 Variable metabólica de medición	25
<b>6. Objetivos</b>	<b>27</b>
6.1 Objetivo General	27
6.2 Objetivos Específicos	27
<b>7 Materiales y Métodos</b>	<b>28</b>
7.1 Tipo y Diseño de estudio	28
7.2 Voluntarios	28
7.3 Tamaño muestral	29
7.4 Variables de medición	30
7.5 Consideraciones éticas	30
7.5.1 Consideraciones éticas	31

7.5.2	Dispositivos de confidencialidad	31
7.5.3	Bioseguridad	31
7.6	Procedimiento	32
7.6.1	Presentación del proyecto y convocatoria	32
7.6.2	Firma de consentimiento informado	32
7.6.3	Valoración médica	33
7.6.4	Valoración nutricional	33
7.6.5	Fase I: Determinación de potencia aeróbica	34
7.6.6	Fase II: Prueba de costo de oxígeno pre y post suplementación	35
7.6.6.1	Requerimientos dietarios y de entrenamiento pre suplementación	36
7.6.6.2	Desarrollo de prueba de costo de oxígeno pre y post suplementación	36
7.6.7	Eventos adversos	49
<b>8</b>	<b>Análisis Estadístico</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>Resultados</b>	<b>41</b>
9.1	Selección de participantes	41
9.2	Variables Antropométricas	42
9.3	Variables fisiológicas Fase I	43
9.4	Variables fisiológicas Fase II	44
<b>10</b>	<b>Discusión</b>	<b>47</b>
10.1	Variables Antropométricas	47
10.2	Variables Fisiológicas Fase I	50
10.3	Variables Fisiológicas Fase II	52
<b>11</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>58</b>
<b>12</b>	<b>Consideraciones</b>	<b>59</b>
<b>13</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>60</b>
<b>14</b>	<b>Anexos</b>	<b>67</b>
	Anexo A: Consentimiento Informado	67
	Anexo B: Prescreening y Examen Médico	71



Anexo C: Formatos valoración nutricional	91
Anexo D: Encuesta Deportiva	93
Anexo E: Cuadro de variables	97
Anexo F: Mapa Conceptual	102
Anexo G: Presupuesto	111

# Lista de Figuras

Figura 1. Prueba de potencia máxima (VO <sub>2</sub> max)	35
Figura 2. Orden cronológico de intervención	38
Figura 3. Esquema de suplementación	39
Figura 4. Selección de participantes	41
Figura 5. Comparación por grupos pre suplementación y post suplementación medición promedio de consumo de oxígeno relativo (VO <sub>2</sub> max/Kg)	46
Figura 6. Suplementación y eficiencia en el metabolismo de los carbohidratos	56
Figura 7. Suplementación, eficiencia metabólica y mecánica	57

# Lista de Tablas

Tabla 1. Suplementos empleados para la prevención o tratamiento de deficiencias nutricionales	13
Tabla 2. Suplementos que mejoran directamente el rendimiento deportivo	14
Tabla 3. Suplementos que indirectamente mejoran el rendimiento deportivo o recuperación	19
Tabla 4: Distribución de la dosis NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> de acuerdo la potencia aeróbica	28
Tabla 5. Variables antropométricas	42
Tabla 6. Variables fisiológicas FASE I	43
Tabla 7. Comparación pre suplementación y post suplementación de las variables fisiológicas y metabólicas promedio del GM	44
Tabla 8. Comparación pre suplementación y post suplementación costo de oxígeno y economía de carrera GM	44
Tabla 9. Comparación pre suplementación y post suplementación de las variables fisiológicas y metabólicas promedio del GA	45
Tabla 10. Comparación pre suplementación y post suplementación costo de oxígeno y economía de carrera GA	46

## Lista de Símbolos y Abreviaturas

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>Unidad</b>
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrato Inorgánico	mg – mmol
<b>NO<sub>2</sub></b>	Nitrito	mg
<b>NO</b>	Óxido Nítrico	mmHg
<b>VO<sub>2submax</sub></b>	Consumo de oxígeno submáximo	mL/Kg/min
<b>VO<sub>2max</sub></b>	Consumo de oxígeno máximo	mL/Kg/min
<b>FC</b>	Frecuencia Cardíaca	%
<b>VE</b>	Volumen pulmonar	%
<b>Rf</b>	Frecuencia Respiratoria	g/kg
<b>VT</b>	Volumen Tidal	
<b>R</b>	Cociente Respiratorio	%
<b>VCO<sub>2</sub></b>	Producción de dióxido de carbono	(kg/m <sup>2</sup> )
<b>MLG</b>	Masa libre de grasa	kg
<b>PVO<sub>2submax</sub></b>	Prueba de costo de oxígeno	

# 1.Introducción:

Desde hace unos años en nutrición deportiva ha tomado relevancia la investigación del efecto del zumo de remolacha sobre el rendimiento físico (Hoon et al, 2013; Jones AM, 2013 y Lee J.W et al, 2013) específicamente con el nitrato inorgánico ( $\text{NO}_3^-$ ) que este aporta, debido a que el  $\text{NO}_3^-$  logra mejorar la tolerancia al ejercicio ya que reduce la presión arterial y disminuye el costo de oxígeno en ejercicios submáximos (Doel J.J et al, 2005, Lee J.W et al, 2013). La complementación con  $\text{NO}_3^-$  también ha demostrado reducir el costo de ATP destinado a la producción de fuerza, mejorando así la eficiencia de la fosforilación oxidativa y por tanto de la contracción muscular, (Hoon et al, 2013 y Zafeiridis, 2014). Con este fundamento, el zumo de remolacha puede ser prescrito tanto en atletas que practican deportes glucolíticos (velocidad explosiva y potencia), como en deportes oxidativos (resistencia).

Desde el punto de vista bioquímico, se estima que el 25% del  $\text{NO}_3^-$  aportado en el zumo de remolacha se reduce a nitrito ( $\text{NO}_2$ ) por la acción de bacterias anaeróbicas facultativas que residen en las criptas de la lengua (Doel J.J et al, 2005). Parte de este  $\text{NO}_2$  se reduce a óxido nítrico (vasodilatador) en el estómago y otra parte entra a la circulación sistémica, en donde una cantidad de enzimas y proteínas pueden catalizar la reducción de un electrón de nitrito a óxido nítrico. Este proceso es facilitado por la reducción en la disponibilidad de oxígeno (Jones AM, 2013).

Hoon et al (2013) y Zafeiridis (2014) revisaron en forma sistemática la relación del zumo de remolacha y el rendimiento físico. Los autores encontraron reportes sobre reducción en el consumo de oxígeno submáximo, así como en marcadores de fatiga muscular (fósforo inorgánico, ADP y fosfocreatina) en deportes de tiempo y marca después del consumo de zumo de remolacha (ciclismo, atletismo y levantamiento de pesas). Lo anterior se registró en deportistas de iniciación, amateur o de rendimiento, por lo que aún no es conocido el efecto que tiene esta suplementación en deportistas de elite o alto rendimiento y en deportes no cíclicos. (Wilkerson DP et al, 2012 y Hoon M et al, 2013).

Es por eso que se formula un ensayo clínico cruzado el cual busca determinar el efecto que tiene la suplementación de dos diferentes dosis de nitritos a partir del zumo de remolacha en

ciclistas de ruta con diferente capacidad física (moderada y alta) esto con el fin de determinar las posibles relaciones y efectos que tiene la suplementación de este zumo en este grupo de deportistas entrenados en altura.

## 2. Planteamiento del problema

En la actualidad sin suplementación dietaria es impensable que el rendimiento de los deportistas pueda mejorar, por ello las ayudas ergogénicas hacen parte de los hábitos de estos. La suma de la complementación dietaria, un adecuado entrenamiento deportivo y plan nutricional puede significar la diferencia entre la victoria o la derrota (González G et al, 2013). En investigaciones recientes se ha observado el efecto de la suplementación de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a nivel vascular como la contractibilidad muscular, eficiencia mitocondrial, homeostasis de la glucosa y del calcio, así como en la respiración celular (Doel JJ et al, 2005 y McMahon FN et al, 2016). Por los múltiples efectos el NO es una molécula fisiológicamente importante, así que la suplementación con zumo de remolacha podría reducir la demanda de oxígeno en actividades físicas moderadas (Wilkerson et al, 2012 y Jones AM, 2014).

De acuerdo a McMahon et al, 2016; el efecto de la suplementación con zumo de remolacha tiene una mejoría del rendimiento físico en diferente tipo de pruebas submáximas de moderada a baja potencia aeróbica. El rendimiento deportivo o la capacidad física del deportista influye de manera trascendental en el efecto ergogénico de la suplementación, ya que se han encontrado mayores efectos sobre el costo de oxígeno en personas no entrenadas o físicamente activas pero en población de alto rendimiento o élite no se ha logrado establecer efecto alguno de esta suplementación (Hoon et al, 2013; Jones AM, 2014 y Porcelli et al, 2016).

Porcelli et al, 2016 evaluaron la relación entre la capacidad aeróbica y la suplementación de nitratos en el consumo de oxígeno a intensidades submáximas y la reducción del tiempo empleado en una prueba de rendimiento, en el cual encontraron como principal resultado una reducción estadísticamente significativa del 10% en el consumo de oxígeno y de 2,7 % del tiempo empleado en el desarrollo de una prueba contrareloj en las personas con menor capacidad aeróbica, y no en las personas con condición física elevada, por lo que la condición física o aeróbica debe por lo tanto ser considerada para obtenerse la dosis óptima a suplementar.

En la literatura existe unanimidad en que se debe establecer la dosis más efectiva para cada grupo poblacional, dependiendo del tipo de deporte y del nivel de entrenamiento. (Hoon et al

2013; Zafeiridis, 2014 y McMahon et al, 2016). A partir la revisión de literatura surge la pregunta de investigación del presente proyecto:

Por lo tanto, se puede establecer que según la literatura las dosis empleadas en la suplementación de NO<sub>3</sub> es efectiva en personas con baja o moderada potencia aeróbica pero aún no es claro, si esta suplementación puede llegar a ser efectiva en aquellos deportistas con potencia aeróbica alta, debido a la premisa de que estos poseen adaptaciones fisiológicas y metabólicas que los permiten ser más eficientes y eficaces como en este caso la mayor sensibilidad a la NO sintetasa. A, partir la revisión de literatura surge la pregunta de investigación del presente proyecto:

¿Qué efectos tiene la suplementación de nitratos en dos dosis a partir del zumo de remolacha en el consumo de oxígeno según la condición aeróbica de un grupo de ciclistas entrenados en altura?



### **3. Justificación.**

Si bien Doel JJ et al, en el año 2005, evidenciaron que la suplementación de  $\text{NO}_3$  a partir de zumo de remolacha tuvo incidencia en la producción de NO y por lo tanto esta generó un efecto vasodilatador que a su vez permitió una mayor eficiencia mitocondrial y posteriormente investigadores como Larsen en el 2007 y Baily en el 2010 determinaron que en grupos de deportistas amateur (con baja potencia aeróbica) la suplementación con nitratos tuvo un efecto en la mejoría del costo de oxígeno por lo tanto podría mejorar rendimiento en intensidad submáximas.

En revisiones y metanálisis como el Hoon y col, 2013; Zafeiridis, 2014 y McMahon y col, 2016 se evidencia que la suplementación en la dosis estándar de 5,5 a 6,5 mmol de  $\text{NO}_3$  puede tener un efecto vasodilatador y ergogénico en deportistas con baja o moderada potencia aeróbica, sin embargo han terminado que en deportistas con alta potencia aeróbica esta suplementación puede ser ineficiente, ya que no se ha logrado determinar el efecto ergogénico en estos grupos poblacionales, además de esto en deportistas que tienen entrenamientos en altitud la dosis estándar aparentemente no genera el efecto ergogénico debido a una mayor eficiencia de la NO sintetasa en condiciones de hipoxia.

A si mismo se establece que la suplementación de nitratos a partir de zumo de remolacha debe ser individualizada partiendo de las premisas de potencia aeróbica, características fisiológicas y metabólicas de la disciplina o modalidad deportiva.

Dado lo anterior, el presente estudio busca determinar los posibles efectos fisiológicos y metabólicos de la suplementación de  $\text{NO}_3^-$  en ciclistas entrenados en altura con rendimiento moderado y alto (deporte cíclico, de tiempo) medido a través de variables fisiológicas y bioquímicas antes y después de la suplementación. Si esto es así, establecer la dosis más efectiva para este grupo poblacional.

## 4. Antecedentes.

Dentro de los antecedentes primero se presenta la metodología de búsqueda y posteriormente se hace el abordaje de los resultados encontrados.

*Metodología de búsqueda:* Para estos se identificaron los estudios a través de la búsqueda bibliográfica sin aplicar restricción de idioma o estado de publicación, usando los términos mesh beet, beet juice, measure, nutrition, sport, exercise. Estas se realizaron en las bases de datos: Pubmed, ScienceDirect y Bireme

Dentro de los criterios de inclusión se estableció:

- Estudios de tipo ensayo clínico, revisiones sistemáticas y/o metanálisis
- Artículos publicados del 2005 a la fecha.
- Control de dosis y periodos de suplementación.

Dentro de los criterios de exclusión se establecen:

- Estudios realizados en personas sedentarias o con alguna patología de base
- Estudios que no especificaran el nivel de entrenamiento de los deportistas.

*Abordaje de antecedentes:* Hace poco tiempo se consideraba que el NO solo se generaba a través de la oxidación del aminoácido L-arginina en una reacción catalizada por la enzima óxido nítrico sintetasa (Jones AM, 2014). Pero Doel et al, 2005 encontraron que el NO también se podía sintetizar a partir de la reducción del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y posteriormente a NO gracias a unas bacterias linguales facultativas. Este proceso de síntesis de NO se ve facilitado cuando hay una reducción en la producción de la óxido nítrico sintetasa especialmente en condiciones de baja disponibilidad de oxígeno, tal como ocurre en el musculo esquelético durante el ejercicio físico (Doel et al, 2005).

En cuanto a la farmacocinética del nitrato y nitrito inorgánico al ser hidrofílicos no requieren ser metabolizadas a nivel hepático como lo es en el caso del nitrato orgánico (principal fuente en medicamentos), es por esto que el nitrato inorgánico se absorbe a través del tracto

gastrointestinal superior. En el plasma los niveles de nitrato aumentan dentro de los 30 minutos y el pico es entre las 2,5 a 3 horas posterior a la ingesta y se mantiene elevado hasta por 6 horas; a las 24 horas vuelve a los niveles basales; si el nitrato o nitrito inorgánico se ingiere por vía oral la biodisponibilidad es de alrededor del 95-98% (Omar et al, 2012).

Por la tanto Larsen y et al (2007) fueron de los primeros investigadores que buscaron establecer la relación entre la suplementación de nitrato inorgánico obtenido de sales de nitrato de sodio y aumento de óxido nítrico en plasma en relación con marcadores cardiovasculares y pulmonares en ciclistas. Se encontró entre los principales resultados un aumento NO plasmático, y una reducción en el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) en ejercicios submáximos después de la suplementación (Lansen y et al 2015).

Posteriormente Bailey et al (2009 y 2010) y Lansley et al (2009) buscaron establecer la relación entre el consumo de una bebida con elevado contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> inorgánico como el zumo de remolacha, el NO<sub>2</sub><sup>-</sup> en plasma y el consumo de oxígeno submáximo en una prueba de ciclismo, de extensión de rodilla y de atletismo respectivamente.

De otro lado Vanhatalo et al (2011), Murphy et al (2011), Bond et al (2013 y 2014) y Thompson et al (2014) buscaron establecer la relación entre el consumo del zumo de remolacha en diferentes dosis (Entre 5,2 mmol y 10 mmol) y el aumento de NO ó NO<sub>2</sub> en plasma en relación con otros indicadores fisiológicos en población físicamente activa. Se encontró un aumento del NO en plasma que oscila entre el 50% y 300% dependiendo de la dosis suministrada, así como también una disminución en el consumo de oxígeno, una disminución en la presión arterial sistólica, disminución en marcadores bioquímicos de fatiga como fosfocreatina, hemoglobina desoxigenada e índice de trabajo cardiaco esto en pruebas de ciclismo, atletismo y extensión de rodilla (Zafeiridis A, 2014).

En los estudios de Lansley et al (2011), Farney R et al (2011), Wilkerson et al (2012), Cemak et al (2012) y Boorsma et al(2014) se hizo suplementación con zumo de remolacha y encontraron que en deportistas de élite entrenados en disciplinas de resistencia, la suplementación de 6 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no tiene un efecto claro en la reducción de VO<sub>2</sub> en intensidad submáxima debido a las adaptaciones fisiológicas crónicas al ejercicio, y por lo tanto, deportistas de elite requerirían dosis más elevadas (Zafeiridis A, 2014).

Hoon et al (2013) y Zafeiridis (2014) establecieron el protocolo de carga aguda de  $\text{NO}_3^-$  a partir del zumo de remolacha. Este consiste en suministrar el zumo durante los tres a seis días previos a al entrenamiento o la competencia. La dosis efectiva de la ayuda ergogénica para cada disciplina deportiva y según la categoría o rendimiento aeróbico del deportista es aún desconocida (iniciación, rendimiento y élite) (Hoon et al, 2013; McMahon et al, 2016 y Porcelli et al, 2015). Debido a los principales resultados de los anteriores estudios ha surgido la pregunta de investigación de este estudio con el objeto de comparar el efecto de dos dosis del zumo de remolacha en ciclistas de ruta en dependencia de su potencia aeróbica.

En cuanto a los efectos adversos, dosis elevadas y crónicas de nitratos inorgánicos se han correlacionado en estudios observacionales y experimentos en animales con efectos cancerígenos debido a la nitrosamina carcinógena Dimetilnitrosamina que en ratas altera el nucleótido y causa tumores hepáticos, y en humanos estudios observaciones han correlacionado el consumo elevado de nitratos con cáncer gástrico (Omar et al. 2012). La Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency's-EPA) establece una dosis referencial (RfD-Reference dose) para consumo de nitrato de 7.0 mg/día de ion nitrato/kilogramo (kg) de peso corporal reportando que esta dosis puede ser segura en humanos, recién nacidos, niños y adultos (Quinchia et al, 2015).

Por lo tanto, se observa que la suplementación con  $\text{NO}_3$  puede ser efectiva como complemento que ayuda a potenciar el rendimiento en deportistas, sin embargo, es necesario establecer y determinar en deportistas de alto rendimiento las dosis en las que podría ser efectiva la suplementación esto como insumo básico para la prescripción de ayudas ergogénicas por el nutricionista deportivo o médico del deporte.

Dentro de la revisión realizada se estableció que en Colombia no se evidencian investigaciones de tipo ensayo clínico, revisión o metanálisis en donde busquen determinar dosis – efecto de los nitratos en deportistas amateur, de rendimiento o elite.

## 5. Marco Teórico

### 5.1 Generalidades

En el ámbito de la nutrición deportiva la suplementación o complementación dietaria ha tomado relevancia en de los atletas, dentro principales razones para el consumo de estas se encuentran: mantener una adecuada salud mediante la suplementación de algún nutriente específico, el manejo de deficiencias nutricionales y complementar los requerimientos nutricionales de calorías y macronutrientes en deportes en donde el gasto calórico es tan elevado que no se puede cubrir con alimentos (Maughan R et al, 2018).

Otras de las razones reportadas por los atletas en la utilización de suplementos se relacionan con mejoría del rendimiento, recuperación y disminución del dolor musculo esquelético en entrenamientos de alta intensidad, mejoría en cambios de composición corporal, rápida recuperación post entrenamiento o competencia y recuperación en lesiones (Fennell, 2004).

Por lo tanto, es necesario definir que una ayuda ergogénica (suplemento – complemento) es toda sustancia, método o dispositivo que mejora el rendimiento físico de una persona, pudiendo ser este rendimiento aplicado a una tarea constante (trabajo) o a una actividad recreativa (deporte) (González y Palacios, 2014).

Las ayudas ergogénicas en forma de sustancia son elementos naturales o sintéticos que aumentan la capacidad de la actividad física, pudiendo actuar tanto sobre el rendimiento físico propiamente dicho como sobre el componente psíquico o psicológico que modula esa actividad física. Si la sustancia actúa directamente sobre la actividad física lo hará aumentando el tejido muscular, mejorando la resistencia física y facilitando el consumo de grasa, mientras que si la sustancia actúa sobre el sistema nervioso reducirá la percepción de cansancio y/o estrés (González y Palacios, 2014).

En este aspecto se han realizado diferentes clasificaciones de los suplementos dietarios para esta investigación se toma la clasificación del Consenso del COI de la siguiente manera (Maughan R et al, 2018):

- Suplementos empleados para la prevención o tratamiento de deficiencias nutricionales
- Suplementos que mejoran directamente el rendimiento deportivo
- Suplementos que indirectamente mejoran el rendimiento deportivo o recuperación

A continuación, se presentan algunas de las ayudas ergogénicas según la clasificación anteriormente presentada

## 5.2 Suplementos empleados para la prevención o tratamiento de deficiencias nutricionales

Tabla I. Suplementos empleados para la prevención o tratamiento de deficiencias nutricionales			
Hierro	Niveles bajos de Hierro puede resultar de una ingesta limitada de hierro, o de una inadecuada ingesta. También por aumento en el requerimiento debido a procesos de crecimiento, entrenamientos en alta altitud, pérdidas por sangrado menstrual, o exceso de pérdidas en sudor, orina o heces. Se debe tomar exámenes para conocer el grado de deficiencia mediante ferritina, hierro sérico, hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio	Mujer	18 mg / día
		Hombre	8 mg / día.
Vitamina D	Es necesaria para la transcripción de genes en la mayoría de tejidos, la deficiencia afecta varios sistemas corporales.	Mínimo	1000 UI / día
		Máximo	2000 UI / día.
Calcio	Esta deficiencia se da por bajo consumo de alimentos fuente de calcó o trastornos de la conducta alimentaria	Dosis	1500 mg/ día.

	incrementan el riesgo de deficiencia de calcio. El mejor indicador es la densitometría ósea. Se debe tener en cuenta la relación nutriente -nutriente con la vitamina D		
Fuente: Maughan R et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med 2018;52:439–455.			

### 5.3 Suplementos que mejoran directamente el rendimiento deportivo

Tabla II. Suplementos que mejoran directamente el rendimiento deportivo			
Carbohidrato	Son la principal fuente de energía para ejercicios de resistencia aeróbica y el combustible para ejercicios de corta duración, pero de alta intensidad, ya que las reservas endógenas de glucógeno son limitadas y su depleción puede suceder a los 90 minutos, provocando la aparición de la fatiga. Se ha demostrado que estos pueden mejorar el rendimiento y se aplican estrategias nutricionales de pre entrenamiento, durante el este y post entrenamiento.	Dosis diaria	Dependiendo de la estrategia de 3 a 12 g de CHO /Kg/día
		Dosis durante la Actividad física	Durante: > 1 hora 30 g CHO, > 2 horas 60 g de CHO y > 3 horas 90 g de CHO
Líquido y electrolitos	A medida que se realiza ejercicio físico se va perdido líquido y electrolitos, en donde una deshidratación mayor al 2% pone en peligro la función cardiovascular y termorreguladora. Además de esto es necesario la reposición de electrolitos	Dosis	Depende de la intensidad del ejercicio, altitud, características medio

	como Potasio, Magnesio, Calcio y Sodio siendo este último el pilar fundamental en asegurar una hidratación intracelular ya que es co-transportador del SGLT-1 (implicado en el transporte de H <sub>2</sub> O)		ambientales, composición corporal y tasa de sudoración de cada deportista.
Cafeína	El receptor antagonista de adenosina, incrementa relación endorfinas, mejora la función neuromuscular, mejora la vigilancia y alternancia y reduce la percepción de esfuerzo.	Máxima	3 - 6 mg / Kg 60 minutos antes del ejercicio
		Mínima	Dosis <3mg se pueden mezclar con CHO durante el ejercicio
Creatina	Incrementa a nivel muscular el contenido de creatina, aumentado así la re síntesis de Fosfocreatina (PCr), la cual mejora la potencia en deportes de alta intensidad	Aguda	20 g / día dividido en 4 tomas durante 7 días
		Crónica	3 - 5 mg por periodo entre 20 - 30 días
Nitrate	Ayuda que ha sido investigada por obtener algunos beneficios en ejercicios submáximos prolongados, en ejercicios de alta intensidad y en ejercicios intermitentes. El mecanismo es la reducción de NO <sub>3</sub> a NO <sub>2</sub> y de este a NO vasodilatador	Aguda	310 mg - 560 mg / 2 - 3 horas previo a la competencia
		Crónica (Atletas de alto rendimiento)	Misma suplementación, aunque dosis – efecto no está



			aún bien establecido.
Beta - Alanina	Es un precursor del sistema Buffer intracelular ya que es un precursor de la carnosina, reducción la acumulación de protones durante la contracción muscular. La suplementación crónica ha demostrado aumentar los niveles de carnosina.	Dosis	Total: 65 mg / Kg dividido cada 3 - 4 / horas 0,8 - 1,6 g Durante 12 semanas.
Bicarbonato de sodio	Sistema Buffer extracelular ya que reduce el pH por medio de la reducción de cationes	Mínima	0,2 g/ Kg Consumida de 60 - 150 minutos previos al entrenamiento
		Máxima	0,4 g/ Kg Consumida de 60 - 150 minutos previos al entrenamiento
Fosfato	Incrementa la capacidad buffering, incrementa la disociación de O2 a nivel muscular y aumenta el fosforo disponible para síntesis de ATP	dosis	3 - 5 g / día durante 3 a 6 días.
Fuente: Maughan R et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med 2018;52:439–455. Y Gonzalez M y Palacios G. Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2014.			

## 5.4 Suplementos que indirectamente mejoran el rendimiento deportivo o recuperación

Tabla III. Suplementos que indirectamente mejoran el rendimiento deportivo o recuperación			
Creatina monohidratada	Incrementa el factor de crecimiento, la expresión genética y el agua intracelular, reduce el DOMS	Aguda	20 g / día dividido en 4 tomas durante 7 días
		Crónica	3 - 5 mg por periodo entre 20 - 30 días
Beta - Hidroxi - Metilbutirato (HMB)	Reduce la vía de proteólisis e incrementa la síntesis proteica, incrementa la hormona de crecimiento y IGF-I mRNA el cual inhibe la apoptosis	Dosis	3 g / día
Omega 3	Reduce DOMS, mejora procesos cognitivos, incrementa la síntesis proteica muscular	Dosis	2 g / día
Vitamina D	Mejora adaptaciones al ejercicio,	Dosis	Depende de exposición al sol y color de la piel
Gelatina + vitamina C	Incrementa la producción de colágeno / Mejora la calidad del cartílago / Disminuye el dolor articular	Dosis	5 - 15 g Gelatina y 50mg de Vitamina C
Colágeno		Dosis	10 g / día
Cúrcuma	Son sistemas antiinflamatorios que reducen el DOMS	Dosis	5 g / día
Jugo de Cereza		Dosis	250 - 350 mL dos veces al día

			durante 4 - 5 días
Fuente: Maughan R et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med 2018;52:439–455.			

En el anexo G se presenta el mapa conceptual de las ayudas egogénicas y el zumo de remolacha.

### **5.5 Evaluación de rendimiento en deportes de resistencia (Consumo de oxígeno máximo / VO2 max).**

Las pruebas realizadas para evaluar en VO2 max, registran en realidad el valor pico logrado como expresión de la máxima capacidad de los sistemas integrados para consumir el oxígeno y producir energía que el trabajo muscular requiere (Serrato et al, 2016).

Para la medición del consumo de oxígeno se emplea la ergoespirometría: una prueba de esfuerzo en la cual se evalúa los efectos del ejercicio sobre el corazón mediante la relación del aparato cardiovascular, respiratorio y sanguíneo (Kenney, 2014). Mediante esta técnica se puede realizar la medición de gases con el fin último de calcular el consumo de oxígeno mediante la cuantificación del consumo de oxígeno que ingresa a los pulmones y el dióxido de carbono que sale de los pulmones, utilizando el principio de Fick.

En las pruebas de ergometría se utiliza el tiempo y la intensidad como dependientes y ponen en manifiesto la potencia y la capacidad aeróbica (oxidativa) y anaeróbica (glucolítica).

Dentro de las indicaciones para medición de la Ergoespirometría se encuentra (Kenney, 2014):

- Disnea de origen desconocido
- Rehabilitación
- Indicación de trasplante cardiaco
- Evaluar la efectividad del tratamiento

- Grado funcional en HT pulmonar
- Deportistas de rendimiento

Contraindicaciones absolutas

Principalmente en personas con enfermedad cardíaca previa grave como:

- Infarto Agudo de Miocardio en la fase aguda (menos de 3 días de evolución).
- Angina inestable.
- Estenosis aórtica severa, sintomática.
- Arritmia con repercusión hemodinámica, sin control.
- Pericarditis aguda.
- Miocarditis aguda.
- Insuficiencia cardíaca descompensada.
- Incapacidad física o psíquica.
- Disección aórtica (o patología del tronco aórtico).

También está contraindicada en personas con enfermedad extracardíaca previa grave como:

- Anemia severa.
- Aneurisma disecante de aorta.
- Tromboembolismo pulmonar.
- Hipertensión arterial pulmonar severa.
- Tromboflebitis aguda.
- Enfermedades crónicas debilitantes.
- Sobredosis o intoxicación por ciertas drogas cardioactivas.

Contraindicaciones relativas:

Cuando se presenta alguna de las siguientes sintomatologías:

- Fatiga, cansancio, disnea y claudicación

- Taquicardias no severas incluyendo paroxísticas supraventriculares
- Hiperventilación (aumento de la frecuencia respiratoria)
- Estenosis valvular moderada
- Anormalidades electrolíticas
- Dolor torácico
- Epilepsia
- Descenso o elevación de las cifras de tensión arterial (PAS > 200 y/o PAD 100 mmHg)
- Miocardiopatía hipertrófica
- Síncope (pérdida brusca del conocimiento)
- Alteraciones del ritmo o de la frecuencia cardíaca

Dentro de los equipos empleados para la medición de ergoespirometría se encuentra:

- Ciclo ergómetro: Es una bicicleta modificada donde se mide la resistencia al pedaleo. Existen de dos tipos:
  - De freno mecánico: donde el trabajo mecánico depende del número de revoluciones.



- o De freno electromagnético: donde el ajuste de carga es automático e independiente de las revoluciones.



- Cinta ergómetro: Son las llamadas cintas sin fin, donde son ajustables la velocidad y la pendiente. Deben alcanzar los 30Km/h y 20% de pendiente.



- Ergómetros específicos: Específicos para repetir o valorar el gesto deportivo dependiendo de la disciplina.

o Remo ergómetros



o Ergómetro de manivela



o Piscinas ergométricas



Por lo tanto la principal utilidad de la ergoespirometría es lograr medir el consumo de oxígeno para así lograr evaluar el potencial de rendimiento de resistencia de un individuo. Como el consumo de oxígeno tiene una estrecha relación con la frecuencia cardiaca este indicador permite dosificar las cargas de entrenamiento (Lopez et al, 2006).

Además la ergoespirometría aporta información acerca de las funciones ventilatoria, circulatoria y metabólica del deportista como por ejemplo:

Los parámetros medidos son:

- Ventilación Pulmonar – VE (VMR) en L/min.

- Volumen Corriente – VT
- Frecuencia Respiratoria
- Consumo de oxígeno – VO<sub>2</sub> – es el volumen de oxígeno consumido en la unidad de tiempo, en L/min.
- Fracción Espirada de Oxígeno – FEO<sub>2</sub>
- Presión de oxígeno al final de una espiración – PETO<sub>2</sub>
- Producción de Anhídrido Carbónico – VCO<sub>2</sub> o volumen de CO<sub>2</sub> eliminado en la unidad de tiempo, en L/min.
- Fracción espirada de CO<sub>2</sub> - FECO<sub>2</sub>
- Presión de CO<sub>2</sub> al final de cada espiración.

A partir de esos parámetros se permiten obtener los siguientes índices que reflejan la eficacia ventilatoria y los sustratos metabólicos empleados durante la actividad deportiva.

- Si RQ = Cociente Respiratorio o relación entre la eliminación de CO<sub>2</sub> y el consumo de O<sub>2</sub> por unidad de tiempo = VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>. Cuando se utilizan carbohidratos corresponde a 1. Si son lípidos o proteínas será inferior a 1
- Equivalente Ventilatorio de Oxígeno - Eq.O<sub>2</sub> = VE/VO<sub>2</sub> – son los litros de aire necesarios para consumir un litro de oxígeno.
- Equivalente Ventilatorio de CO<sub>2</sub> - Eq.CO<sub>2</sub>= VE/VCO<sub>2</sub> – son los litros de aire necesarios para eliminar un litro de anhídrido carbónico.

### 5.6 Variables fisiológicas medibles en ergóspirometría.

<b>Tablas III a. Variables fisiológicas de medición</b>	
Consumo de oxígeno	Mediante el intercambio de gases se mide el volumen de oxígeno y de dióxido de carbono que entra y sale de los pulmones durante un periodo de tiempo por lo general con intervalos



	<p>de un minuto. Por lo tanto el O<sub>2</sub> se toma del aire inspirado por los alveolos y se suma el CO<sub>2</sub> al aire alveolar, el oxígeno inspirado es menor que el espirado. Mientras que la contracción de dióxido de carbono es mayor en el espirado. Por lo tanto la diferencia entre la cantidad del aire inspirado y el espirado nos dice la cantidad de oxígeno que se toma del aire y la cantidad de CO<sub>2</sub> producida.</p>
Volumen de dióxido de carbono	<p>Mediante el intercambio de gases se mide el volumen de oxígeno y de dióxido de carbono que entra y sale de los pulmones durante un periodo de tiempo por lo general con intervalos de un minuto. Por lo tanto el O<sub>2</sub> se toma del aire inspirado por los alveolos y se suma el CO<sub>2</sub> al aire alveolar, el oxígeno inspirado es menor que el espirado. Mientras que la contracción de dióxido de carbono es mayor en el espirado. Por lo tanto la diferencia entre la cantidad del aire inspirado y el espirado nos dice la cantidad de oxígeno que se toma del aire y la cantidad de CO<sub>2</sub> producida.</p>
Equivalente ventilatorio para el oxígeno	<p>Es la relación entre volumen de aire espirado o ventilado (VE) y el oxígeno consumido (VO<sub>2</sub>) por los tejidos en un determinado periodo de tiempo. En reposo el VE/VO<sub>2</sub> es de 23/28 litros de aire inspirado por litro de oxígeno consumido, mientras que actividades física intensas puede ser 30 a 1.</p>
Equivalente ventilatorio para el CO <sub>2</sub>	<p>Es el volumen de aire respirado versus la cantidad de CO<sub>2</sub> de carbono producida, suele mantenerse constante de 22 litros de aire por un litro de CO<sub>2</sub> producido.</p>
Umbral Ventilatorio Aeróbico	<p>Umbral Aeróbico es en el que el músculo empieza a recurrir al sistema del ácido láctico para suplementar el sistema aeróbico con algo más de energía. Pero sigue predominando el sistema aeróbico, por lo que si se mantiene esta intensidad, el músculo puede trabajar durante periodos de tiempo prolongados. Esto</p>

	<p>se debe a las reservas de combustible (sobre todo ácidos grasos) son enormes y la cantidad de oxígeno que llega al músculo es suficiente. Las concentraciones bajas de láctico que se forman son eliminadas por la respiración. De hecho cuando empieza a producirse ácido láctico, la respiración se hace algo más profunda y más rápida. Esto lo podemos medir en el laboratorio y por eso al Umbral Aeróbico también se le conoce como Umbral Ventilatorio 1 (o VT1 si usamos las siglas en inglés).</p>
Umbral Ventilatorio Anaeróbico	<p>Se define el umbral ventilatorio anaeróbico como la intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre, a la vez que la ventilación se intensifica también de una manera desproporcionada con respecto al oxígeno consumido (Wasserman, 1967).</p>
<p>Fuente:  Lopez JC, Fernandez AV. Fisiología del ejercicio. Ed medica panamericana. 2006. Pag 987  Chicharro JL, López LM. Fisiología clínica del ejercicio. Ed medica panamericana, 2008. Pag 205</p>	

### 5.7 Variables de medición metabólica (lactato)

<b>Tablas III b. Variables de medición metabólica (lactato)</b>	
OBLA	<p>Se define como el inicio de la acumulación sanguínea de lactato, lo que permite interferir la carga a la cual se tiene el máximo estado tolerable</p>
Umbral láctico	<p>Se refiere al punto o zona de transición entre el metabolismo aeróbico y el metabolismo anaeróbico. Es decir la zona entre la transición entre una intensidad en la que la</p>

	<p>obtención de energía es preponderadamente aeróbica y otra intensidad del ejercicio más alta en la que la obtención de energía necesita del metabolismo anaeróbico láctico. Se estima que en umbral anaeróbico la concentración de lactato es de 2 mmol/L y el paso al umbral anaeróbico es cuando sobrepasa las 4mmol de lactato/L. Este umbral se puede alcanzar cuando se superan intensidades del 60%</p>
<p>Máximo Estado estable del Lactato.</p>	<p>Se define como la máxima intensidad a la cual la concentración de lactato se mantiene estable a lo largo del tiempo (Beneke, 2003). Esta representa la máxima carga de trabajo que puede llevarse a cabo por medio del metabolismo oxidativo, además de corresponder al máximo equilibrio sostenible entre la producción de lactato y su aclaración durante un ejercicio constante (chicharro et al, 1999). Esta herramienta sirve como herramienta útil para la evaluación de la capacidad aeróbica de un deportista, así como para la prescripción de entrenamiento o predicción de marcas. (Billat, 2003).</p>
<p>Fuente:  Subieta J. Aspectos fundamentales del Umbral Anaeróbico. Rev VITAE. 2007. No 30  Escuela Nacional de entrenadores. Fisiología del ejercicio. Consultada el 20 de octubre de 2019 disponible en:  <a href="http://www.deposoft.com.ar/repo/bloque%20comun/FisiologiaDelEsfuerzo.pdf">http://www.deposoft.com.ar/repo/bloque%20comun/FisiologiaDelEsfuerzo.pdf</a></p>	

# 6 Objetivos

## 6.1 Objetivo General:

Establecer el efecto de la suplementación de nitratos en dos dosis a partir del zumo de remolacha sobre el consumo de oxígeno submáximo según la condición aeróbica en ciclistas entrenados en altura.

## 6.2 Objetivos Específicos:

Establecer cuál de las dosis utilizadas, si la dosis de 5,5 mmol o de 11 mmol es la más eficiente en disminuir el  $\text{VO}_2$ submax en ciclistas entrenados en altura.

Determinar si la suplementación de nitratos tiene un efecto metabólico en ciclistas.

Establecer si debido al efecto vasodilatador del zumo de remolacha, la frecuencia cardiaca durante el ejercicio disminuye en ciclistas entrenados en altura.

## 7. Materiales y métodos

### 7.1 Tipo y diseño de estudio

Este fue un estudio analítico con intervención de tipo ensayo clínico (EC) cruzado en Fase II, el cual buscó establecer el efecto de la suplementación de dos dosis de nitratos a partir de zumo de remolacha, en ciclistas juveniles. El presente estudio fue de tipo ciego simple puesto que los sujetos no conocieron la dosis de nitratos suministrada.

A partir de los valores obtenidos de potencia aeróbica ( $VO_{2max}$ ), Los sujetos fueron divididos en dos grupos según la clasificación propuesta por Rowell (1993), a nivel del mar. Los valores de clasificación fueron ajustados a moderada altitud en un 12 % de acuerdo a Fulco (1998), como se muestra en la tabla 4.

Grupos según la potencia aeróbica (Rowell, 1993)	$VO_{2max}$ a nivel del mar ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (Rowell, 1993)	$VO_{2max}$ ajustado en 12% para altitud moderada (Fulco, 1998) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
Grupo A: Potencia aeróbica moderada (GM)	45,5–57,1	40 – 50,3
Grupo B: Potencia aeróbica alta (GA)	63,9 – 81,7	57,2 – 71,9

Tabla 4: Distribución de la dosis  $NO_3^-$  de acuerdo la potencia aeróbica

### 7.2 Voluntarios

Los participantes fueron Ciclistas de ruta hombres entrenados y residentes en altura moderada (2000-3000 msnm), con rango de edad de 16 a 18 años, que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión propuestos para el estudio.

Criterios de inclusión

- Ciclistas de ruta pertenecientes a un club de la liga de ciclismo de Cundinamarca o Bogotá
- Con edades entre los 16 y 18 años.
- Con concepto de aptitud médica por parte del médico del deporte
- Con diagnóstico nutricional de eutrófico (Percentil 15 a 85 en talla / edad)
- Que tuvieran un consumo máximo de oxígeno entre 40 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> a 50,3 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (GM) o 57,2 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> a 71,9 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (GA)

#### Criterios de exclusión

- Haber presentado alguna lesión deportiva en los últimos seis meses o durante el desarrollo del protocolo de investigación.
- Que hubieran tenido recientemente enfermedades virales o gastrointestinales (Contando una semana antes al desarrollo de la prueba).
- Que tuvieran historial de dopaje
- Que estuvieran utilizando algún suplemento o complemento nutricional durante el desarrollo de la investigación
- Que hubieran empleado enjuagues bucales durante los días de la suplementación.

### 7.3 Tamaño muestral

El número de sujetos necesarios para el estudio se ha calculado de acuerdo a la siguiente ecuación según Steel & Torrie (2006).

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q^2}{d^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Dónde:

N = Total de la población =9.

Z<sub>α</sub> = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%).

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05).

q = 1 - p (en este caso 1 - 0.05 = 0.95).

d = precisión (usualmente 5%).

El valor de N=9 se origina del estudio previo de Breese et al (2013). Aproximando al entero superior y calculando un retiro voluntario del 5%, el cálculo de n da como resultado 6 sujetos por grupo.

#### 7.4 Variables de medición

A continuación, se presentan las variables de análisis empleadas en la investigación:

- **Independiente:** mmol de nitratos suministradas a partir del zumo de remolacha (5,5 mmol y 11 mmol)
- **Dependientes:** Costo de oxígeno (VO<sub>2</sub> submax) y Eficiencia mecánica (PO/VO<sub>2</sub> y mlO<sub>2</sub>/min/W)
- **Intervinientes:** Lactato, Frecuencia Cardiaca, Volumen Tidual, Cociente Respiratorio y Frecuencia Respiratoria.
- **Intermedia:** Composición Corporal (peso, % grasa, sumatoria de pliegues e Índice Musculo Óseo).

En el anexo D se muestra el cuadro de definición operacional y de descripción de variables.

#### 7.5 Consideraciones éticas.

El presente trabajo fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, según Acta 04-2019. El ministerio de salud y protección social mediante la resolución 8430 de 1993 establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. La presente propuesta de investigación tuvo un riesgo mínimo según el artículo 11 del título II (Investigación en seres humanos). Según el capítulo II se encuentra lo contemplado en el artículo 54 de la citada resolución. Cumple con lo establecido en el artículo 55 ya que se han realizado investigaciones previas y también cumple con el artículo 56 debido a que las dosis a suministrar no presentan riesgo para la salud de los sujetos de investigación.

**7.5.1 Consentimiento informado.** Según el artículo 25 de esta resolución, se obtuvo el consentimiento informado (anexo 1), de quienes ejercían la patria potestad o representación legal del menor. Así mismo se obtuvo el asentimiento informado por parte de los participantes. Este estudio se desarrolló según la Legislación Colombiana de Buenas Prácticas Clínicas (Resolución No. 002378 de 2008) y la Declaración de Helsinki, en los cuales se regula la

confidencialidad de la identidad de los sujetos, los consentimientos informados, los métodos, aval ético y bienestar de los individuos.

**7.5.2 Dispositivos de seguridad y confidencialidad.** La información obtenida y difundida en el desarrollo del presente estudio fue considerada y manejada en todo momento como confidencial.

**7.5.3 Bioseguridad.** La presente investigación se acogió a lo dispuesto en la resolución ya mencionada, Título IV Bioseguridad de las Investigaciones, capítulo 1 Investigación con microorganismos patológicos o material biológico que pueda contenerlos; artículo 63.



## **7.6 Procedimientos del estudio**

A continuación, se presenta la descripción de los procedimientos del estudio para la consecución de los objetivos propuestos:

### **7.6.1 Presentación del proyecto y convocatoria:**

Se realizó una convocaría a ciclistas entrenados en la ciudad de Bogotá y en el departamento de Cundinamarca de la siguiente forma:

- a. Presentación del proyecto a entrenadores de clubes de la liga de Bogotá y Cundinamarca.
- b. Presentación del proyecto a los ciclistas de los clubes convocados y a sus padres de familia. Se les explico los objetivos y metodología de la investigación, los riesgos y beneficios de su participación. Se confirmó que los participantes cumplieran con los criterios de inclusión a través de una encuesta (Anexo A).

### **7.6.2 Firma del consentimiento informado y asentimiento informado: (Anexo B)**

Antes de iniciar el estudio, los participantes y sus padres recibieron información oral y escrita sobre aspectos específicos del proyecto como: justificación y objetivos, procedimiento a ser utilizados, molestias o riesgo esperados, beneficios de su participación, garantías de ser informados de cualquier asunto relacionado con la investigación y los procedimientos aplicados, la libertad para retirar su consentimiento y dejar de participar en el estudio, confidencialidad sobre la publicación de los resultados y la utilización de los mismos para publicaciones futuras. Los participantes que dieron su asentimiento y cuyos padres firmaron el consentimiento informado fueron enrolados como voluntarios del estudio.

A los ciclistas que cumplieron con los criterios iniciales de inclusión fueron citados a las siguientes valoraciones:

### 7.6.3 Valoración médica (Anexo B)

Se indagó sobre la información de carácter personal del deportista, antecedentes médicos, personales y familiares. Se realizó revisión médica por sistemas, un examen físico para establecer que los sujetos fueran saludables y un electrocardiograma de 12 derivaciones en reposo. Se estableció la edad sexual utilizando los estadios de Tanner (1962), en los cuales se evalúa en los hombres el desarrollo de los genitales (tamaño del pene y volumen testicular) y distribución del vello puberal. La valoración médica fue realizada por un médico del deporte. (anexo tabla de tanner)

### 7.6.4 Valoración nutricional (Anexo C)

En la valoración nutricional se realizó determinación de composición corporal siguiendo los lineamientos de la Sociedad Internacional para la Cineantropometría (ISAK, nivel II). A través del modelo de fraccionamiento de masas corporales por 5 componentes de Ross y Ker (1991), se midieron las variables de peso y talla (Báscula Tanita TB 300 A, Japón), pliegues cutáneos (Tríceps, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Muslo y Pantorrilla) (Harpenden CE, Inglaterra), perímetros corporales (cabeza, tórax, cintura, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muslo superior, muslo medio y pantorrilla) (cinta métrica Rosscraft ORC, USA) y diámetros óseos (bi-acromial, bi-ilíocrestal, tórax transverso, tórax antero posterior, humeral y femoral) (Rosscraf, Campbell caliper, USA).

A partir de este modelo se fraccionó la composición corporal en 5 masas (ósea, residual, adiposa, muscular y piel) con el objetivo de establecer el desarrollo muscular de los deportistas a partir del indicador Índice Musculo Óseo (IMO). Este indicador es la relación entre la masa muscular (Kg) y la masa ósea (Kg) (masa muscular/masa ósea). También se realizó la sumatoria de pliegues cutáneos como indicador de adiposidad, a través de la medición de 6 pliegues. A partir de esta sumatoria se calculó el porcentaje de grasa corporal, utilizando la fórmula de Yuhazs (1974):

<b>% Grasa Yuhasz</b>	<b>Sumatoria de pliegues x 1,1051 + 2,58</b>
-----------------------	--

La evaluación dietaría se realizó a través del recordatorio de 24 horas y frecuencia de consumo (ver anexos), con el objetivo de cuantificar y cualificar el aporte nutricional de la ingesta de los ciclistas en relación a macronutrientes, hierro, calcio, alimentos fuente de nitratos y utilización de ayudas ergogénicas.

Una vez realizada las evaluaciones médica y nutricional y confirmados el cumplimiento de los criterios de inclusión, los deportistas seleccionados iniciaron su participación en el protocolo de investigación el cual se dividió en dos fases, como se describe a continuación

#### **7.6.5 FASE I: Determinación de potencia aeróbica (VO<sub>2</sub>max)**

Se definió como fase I la evaluación de la potencia aeróbica mediante la realización de una prueba incremental para la determinación del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max = 100% de potencia aeróbica) en cicloergómetro (Velotron, USA). Se registró en forma continua el intercambio de gases respiratorios a través de un analizador de gases (Cosmed, Italia), y se controló la producción de lactato en cada una de las fases de la prueba.

Previo a la evaluación de la potencia aeróbica los deportistas fueron informados sobre las siguientes recomendaciones:

- 1) no realizar actividad física vigorosa 36 horas antes a la prueba,
- 2) haber dormido mínimo 8 horas,
- 3) haber desayunado y/o consumido alimentos fuentes de carbohidrato dos horas antes para evitar depleción de glucógeno hepático y muscular que interfiriera con el rendimiento óptimo de la prueba.

El protocolo de evaluación consistió en: 1) un calentamiento de 3 minutos a 50 vatios, 2) La primera fase de la prueba inició con una intensidad de 100 vatios, durante 3 minutos, 3) Posteriormente se realizaron incrementos en la intensidad de 40 vatios, cada 3 minutos, 4) La intensidad se incrementó hasta llegar a la fatiga volitiva, 5) Se realizó medición del lactato a los 2 minutos y medio de cada una de las fases, tomando aproximadamente 10 µl de sangre

del pulpejo del dedo y se analizó con el equipo Lactate Scout+ EKF (Serrato et al, 2015).  
Ver figura 1



Figura 1. Prueba de potencia aeróbica (VO<sub>2</sub> max)

Los resultados de estas pruebas fueron utilizados para clasificar a los deportistas en los dos grupos de investigación de acuerdo al VO<sub>2</sub>max obtenido: grupo de alta potencia aeróbica (GA) y grupo de moderada potencia aeróbica (GM) (ver tabla 4). Además, a partir de las mediciones de lactato, se definió la intensidad de la carga en el umbral de lactato a 4 mmol y este valor se correlacionó con el obtenido en el umbral ventilatorio VT1. Posteriormente, se calculó el 80% de la intensidad obtenida en el umbral de lactato y VT1, para determinar la intensidad submáxima a ser utilizada en la FASE II, la cual inició dos semanas después.

#### 7.6.6 FASE II: Prueba de costo de oxígeno pre y post suplementación

El objetivo de esta fase fue determinar el costo de oxígeno pre-suplementación y post-suplementación, durante la realización de una prueba de 6 minutos con las intensidades

submáximas establecidas para cada deportista en la FASE I. Para el desarrollo de la FASE II, los deportistas debían cumplir con unos requerimientos específicos dietarios y de entrenamiento, los cuales les fueron informados con previa anticipación.

#### **7.6.6.1 Requerimientos dietarios y de entrenamiento pre- prueba 6 minutos.**

Los deportistas fueron informados sobre las siguientes recomendaciones:

- 1) No utilizar enjuagues bucales durante el periodo de suplementación. Se ha comprobado que estos productos reducen la biodisponibilidad del nitrato por muerte de las bacterias facultativas que residen en la boca y que están encargadas de la reducción de nitratos a nitritos (Govoni et al, 2008).
- 2) No consumir alimentos fuente de nitratos. Para tal fin, se les entregó a los deportistas un infograma con alimentos restringidos.
- 3) No consumir suplementos nutricionales como cafeína, proteínas, beta- alanina, creatina, entre otros, durante el estudio.

Una semana antes al inicio de la Fase II, los deportistas consumieron una dieta habitual normocalórica con aporte abundante de carbohidratos  $6 - 8 \text{ g / Kg / día}$ , con el objetivo de garantizar una reserva adecuada de glucógeno hepático y muscular que no limitara el desempeño durante la prueba física. Para realizar el control de ingesta alimentaria, se empleó un recordatorio de 36 horas en el cual se cualificó el consumo de alimentos previo al test. Así mismo se registraron las características del entrenamiento realizado durante 2 días previos a cada uno de los test, precisando el volumen y la intensidad aproximada de cada sesión.

#### **7.6.6.2 Desarrollo de la prueba de costo de oxígeno pre y post suplementación**

Una vez cumplidos con los requerimientos necesarios, los deportistas fueron citados en cuatro ocasiones diferentes al laboratorio. Los 12 deportistas participantes fueron divididos en dos grupos ( $n=6$ ) de acuerdo al  $\text{VO}_2\text{max}$  obtenido en la FASE I: Grupo de moderada potencia aeróbica GM ( $\text{VO}_2\text{max}: 45,5-57,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) y grupo de alta potencia aeróbica GA ( $\text{VO}_2\text{max}: 63,9 - 81,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) (Ver tabla 4). Los deportistas no tuvieron conocimiento del grupo al cual fueron asignados durante el desarrollo del estudio.

A cada grupo se le administraron dos dosis diferentes de  $\text{NO}_3^-$  en zumo de remolacha: 5.5 mmol y 11 mmol. Esta última dosis fue establecida a partir del estudio de Wilkerson et al (2013), en el que se reportó que una dosis de 6,2 mmol/día no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la reducción del consumo de oxígeno en ciclistas de rendimiento, razón por la cual se suministró una concentración mayor (11.0 mM). La tabla 4 ilustra la asignación de la dosis de  $\text{NO}_3^-$  de acuerdo a la clasificación de la potencia aeróbica de los deportistas.

El protocolo de administración de las dosis de nitratos fue el siguiente:

1. Cada grupo se dividió en dos subgrupos ( $n=3$ ), GM en GMn1 y GMn2 y GA en GAn1 y GAn2. Lo anterior para garantizar una distribución equitativa de las diferentes dosis de suplementación. Ver figura 3
2. En la primera semana de suplementación, 3 deportistas de GM (GMn1) recibieron una dosis de 5,5 mmol de nitratos y los otros 3 sujetos (GMn2) una de 11 mmol. Una vez realizado la prueba post suplementación y el período de lavado se intercambiaron entre los subgrupos las dosis suministradas y GMn2 recibió 5.5 mmol y GMn1, 11 mmol.
3. De la misma forma, en la primera semana de suplementación, 3 deportistas de GA (GAn1) recibieron una dosis de 5,5 mmol de nitratos y los otros 3 sujetos (GAn2) una de 11 mmol. Una vez realizado la prueba post suplementación y el período de lavado se intercambiaron entre los subgrupos las dosis suministradas y GAn2 recibió 5.5 mmol y GAn1, 11 mmol

A continuación, se describen los procedimientos realizados durante la fase de pre y post suplementación:

1. Todos los deportistas realizaron en 4 ocasiones diferentes (2 pre suplementación y 2 post- suplementación) una prueba de costo de oxígeno ( $\text{PVO}_{2\text{submax}}$ ) que consistió en un calentamiento a una intensidad de 40 vatios durante 2 minutos. Posteriormente, se incrementó la intensidad al 80% del valor umbral obtenido en la FASE I para cada deportista y se les solicitó pedalear durante 6 minutos. Finalmente, se realizó una

vuelta a la calma de 3 minutos de duración con una intensidad de 40 vatios (Domínguez et al.2017). Durante el desarrollo de este protocolo se registraron cada 20 segundos las siguientes variables: Frecuencia Cardiaca (FC), Volumen pulmonar (VE), frecuencia respiratoria (Rf), volumen tidal (VT), consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), producción de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>), equivalentes ventilatorios (VE/ VCO<sub>2</sub> y VE/ VO<sub>2</sub>), cociente respiratorio (R). La producción de lactato se registró al minuto 5 de la prueba para verificar que los deportistas se encontraran a la intensidad submáxima requerida.

2. El protocolo anteriormente descrito fue aplicado en la semana 4, día 1 pre - suplementación. Posteriormente, los deportistas fueron suplementados de acuerdo con las dosis de nitratos establecidas, durante los días 2, 3 y 4 y se aplicó nuevamente el PVO<sub>2</sub>submax post-suplementación.
3. Se realizó un periodo de lavado de 4 días (días 5, 6, 7 y 8) sin consumo de alimentos fuentes de nitratos. Se intercambiaron las dosis de nitratos entre los subgrupos como se describió anteriormente (ver figura 2); se realizó nuevamente el PVO<sub>2</sub>submax sin suplementación, el día 9. Nuevamente, los deportistas fueron suplementados durante los días 10, 11 y 12 y se realizó el PVO<sub>2</sub>submax post-suplementación.

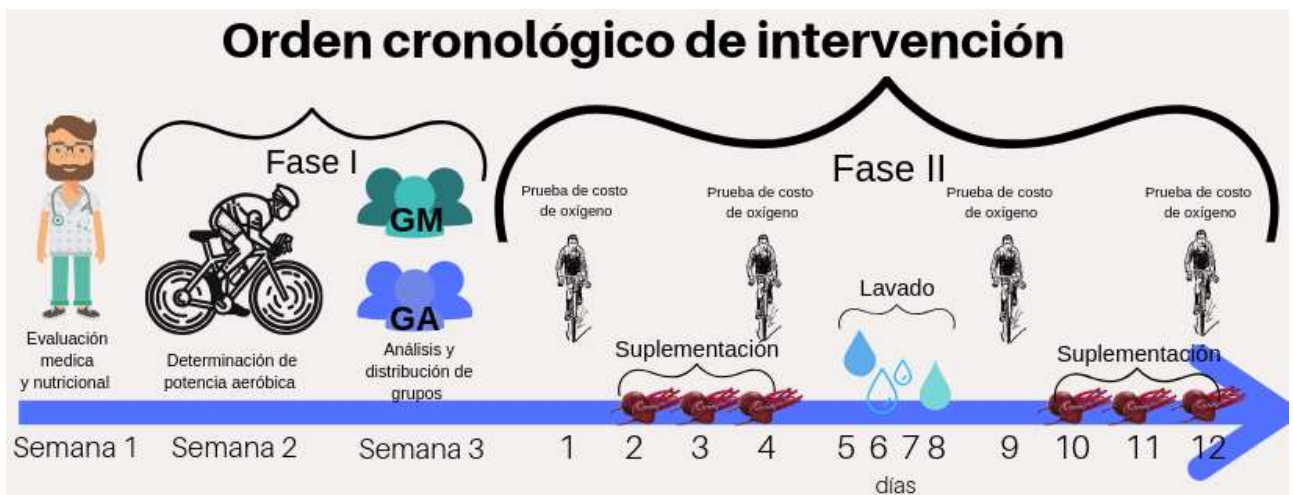


Figura 2. Orden cronológico de intervención

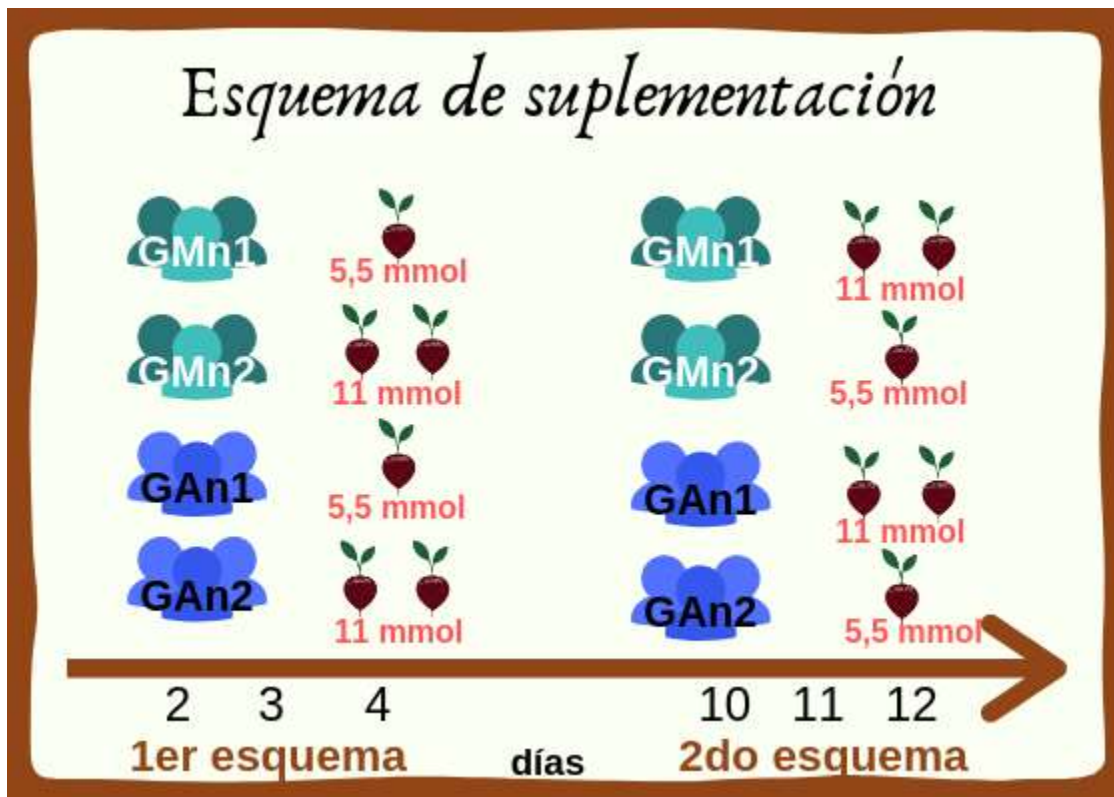


Figura 3. Esquema de suplementación

#### 7.7 Eventos adversos

No se registró ningún evento adverso durante la realización del estudio.



## 8. Análisis estadístico

El análisis de las variables se realizó mediante la estadística de medición de tendencia central utilizando el software R (R Core Team, 2019). Se realizó un análisis de varianza para evaluar la diferencia entre las dos dosis del suplemento de  $\text{NO}_3^-$  sobre el nivel del consumo de oxígeno a una intensidad del 80%. El nivel de significancia aceptado es de  $P < 0,05$

Luego, se hacen gráficos descriptivos univariados (Crawley, 2015) de cada una de las variables dependientes para todos los cruces entre dosis y grupo, en donde se muestra la curva observada en el tiempo para cada individuo, discriminada por momento (pre y post), y sus respectivas curvas promedio y bandas al 95% confianza estimadas por medio de regresiones locales (Gibbons, 2003).

También, se presentan a partir de diagramas de caja y bigote (Crawley, 2015) los promedios de las observaciones en el tiempo para cada individuo discriminada por momento.

Finalmente, para evaluar la significancia de las relaciones observadas de una medición en el tiempo sobre el mismo individuo, se implementan varios modelos lineales mixtos (Verbeke & Molenberghs, 2000).

## 9.Resultados

A continuación, se presentan los resultados generales de la fase I con características antropométricas y fisiológicas y los de la fase II en cuanto a comparación pre suplementación y post suplementación de las características fisiológicas y metabólicas medidas en las dos diferentes dosis de suplementación.

### 9.1 Selección de participantes:

En la figura 4 se presenta el flujograma de la población de estudio. Se calculó un tamaño muestral de 12 deportistas y se obtuvo una convocatoria inicial de 19. 4 deportistas no cumplieron con los criterios de inclusión y fueron excluidos al inicio del estudio. 1 deportista se retiró voluntariamente luego de haber cumplido con las evaluaciones médica y nutricional. En la fase I, con la realización de la prueba de potencia aeróbica a los 14 deportistas, 2 deportistas fueron excluidos porque no cumplieron con los criterios de clasificación. Se finalizó con un grupo de 12 deportistas que fueron asignados equitativamente a dos grupos: deportistas con potencia aeróbica moderada (GM) y deportistas con potencia aeróbica alta (GA).

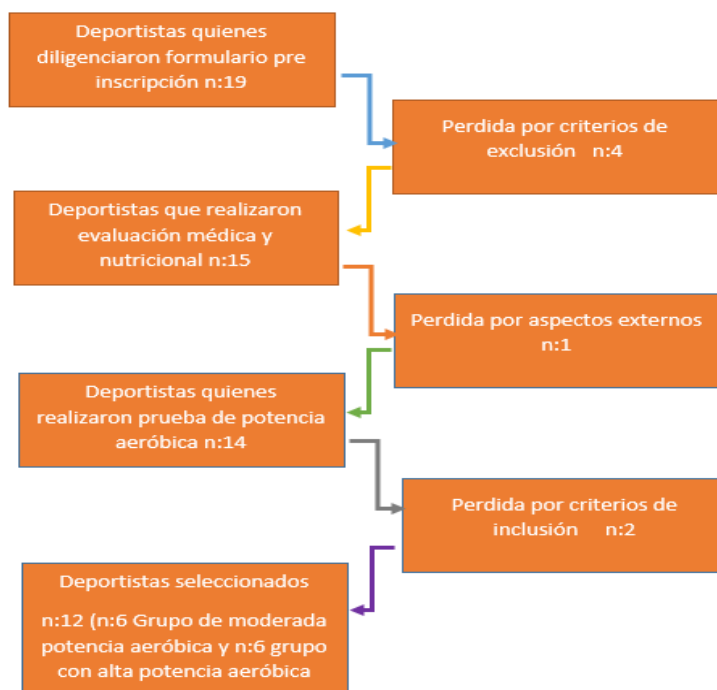


Figura 4. Selección de participantes

## 9.2 Variables antropométricas

En la tabla 5 se presentan los valores de variables antropométricas de los dos grupos de investigación: Grupo de moderada potencia aeróbica (GM) y Grupo de alta potencia aeróbica (GA). Dentro de las variables descritas se encuentran la edad, peso, talla, Índice de Masa Corporal (IMC), porcentaje de grasa (% G), sumatoria de pliegues (S pliegues) e Índice Musculo Óseo (IMO).

Los ciclistas del GA presentaron un peso, estatura, IMC y sumatoria de pliegues (55,3 Kg, 168 cm, 19,2 Kg/m<sup>2</sup> y 38,2 mm) menor en comparación del GM (61 Kg, 173 cm, 20,3 Kg/m<sup>2</sup> y 46,9 mm) pero mayor desarrollo muscular medido por el IMO (GM: 3,4 ±0,6 y GA 3,9 ±0,7). Solamente se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para las variables peso) y talla (GM: 173 m ± 3,5; GA: 168 ±4,2) (p<0.05).

**Tabla 5.** Variables antropométricas

	<b>Edad (años)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Talla (cm)</b>	<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>% G (%)</b>	<b>S pliegues (mm)</b>	<b>IMO (kg/Kg)</b>
<b>GM</b>	17.2 ± 0.8	61.0 ± 1.8*	173 ± 3.5*	20.3 ± 1.1	7,7 ± 0.9	46.9 ± 6.8	3.4 ± 0.6
<b>GA</b>	17.5 ± 1.0	55.3 ± 2.3*	168 ± 4.2*	19.2 ± 0.8	6,7 ± 0.6	38.2 ± 7.6	3.9 ± 0.7

Promedios ± desviación estándar de variables antropométricas de los grupos de investigación. Porcentaje Grasa Yuhasz (%G), Sumatoria de pliegues (**S PLIEGUES**) e Índice Musculo – Óseo (**IMO**). \* Diferencias significativas con p <0.05.

### 9.3 Variables fisiológicas FASE I.

En la tabla 6 se presentan los resultados de las variables relacionadas con la potencia aeróbica de GM y GA: Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max), Potencia máxima (PM), Potencia al umbral de lactato (PL), potencia en VT1 (PVT1), Potencia al 80% del umbral de lactato (P80%L).

GA tuvo un valor superior de VO<sub>2</sub>max comparado con GM en 9,2 ml/Kg/min (p<0.001). Los valores registrados para cada grupo se correspondieron con los propuestos para la clasificación de la potencia aeróbica y la distribución de los grupos (ver tabla 4). Para las demás variables no hubo diferencias significativas entre los grupos (p>0.05).

A partir de la evaluación de la potencia aeróbica se definió la potencia máxima en vatios y posteriormente según el umbral de lactato se determinó la intensidad de la carga a 4 mmol para cada deportista. Se estableció una intensidad de la carga al 80% del umbral y se confirmó con los valores de VT1 (Ver tabla 6).

**Tabla 6.** Variables fisiológicas FASE I

	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	PM (Vatios)	PL (Vatios)	PVT1 (Vatios)	P80%L (Vatios)
<b>GM</b>	57.1 ± 2.9**	326 ± 31.1	217.7 ± 24.1	200 ± 33.1	173.7 ± 20.8
<b>GA</b>	66.3 ± 1.9	320 ± 22.0	213.5 ± 17.5	196.7 ± 32.5	170.6 ± 14.0

Promedios ± desviación estándar de variables fisiológicas de los ciclistas. \*\* Diferencias significativas con p <0.001. Consumo de oxígeno máximo (VO<sub>2</sub> mx), Potencia Máxima (PM), Potencia al umbral de Lactato (PL), Potencia al VT1 (PVT1) y potencia al 80% del umbral de lactato (P80%L).

#### 9.4 Variables fisiológicas FASE II.

En las tablas 7 y 8 se presentan las medias  $\pm$  DE de las variables: Lactato, Frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), ventilación (VE) y cociente respiratorio (R) para GM y GA pre suplementación y post suplementación de las dos diferentes dosis de nitratos.

No hubo cambios estadísticamente significativos en las variables Lactato, FC, FR y VE post suplementación tanto para la dosis de 5,5 mmol como la de 11 mmol de NO<sub>3</sub>, en los dos grupos. En la variable R, se evidenció un incremento post suplementación en ambas dosis en GA y GM ( $p < 0,05$ ). En GM aumentó 0,08 para la dosis de 5,5 mmol y 0,04 para la de 11 mmol. En GA se evidenció un incremento de R de 0,1 para la dosis de 5,5 mmol y 0,5 para la dosis de 11 mmol (Ver tabla 4 y 5)

**Tabla 7.** Comparación pre suplementación y post suplementación de las variables fisiológicas y metabólicas promedio del GM.

GRUPO DE MODERADA POTENCIA AERÓBICA								
	5,5 mmol de NO <sub>3</sub>				11 mmol de NO <sub>3</sub>			
	PRE		POST		PRE		POST	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>Lactato</b>	3,1	1,3	3,2	1,5	2,1	0,5	2,3	0,5
<b>FC</b>	146	14	150	21	148	13	151	13
<b>RF</b>	34,5	6,4	33,7	6,1	35,9	7,3	34,7	6,1
<b>VE</b>	65,7	10,1	64,3	11,2	68,4	5,0	63,7	4,2
<b>R*</b>	0,89	0,07	0,97	0,05	0,89	0,04	0,93	0,07

FC (Frecuencia Cardiaca), RF (Frecuencia Respiratoria), VE (Volumen Ventilatorio) y R Cociente Respiratorio. \* Valor de  $P < 0,05$

**Tabla 8.** Comparación pre suplementación y post suplementación de las variables fisiológicas y metabólicas promedio del GA

GRUPO DE ALTA POTENCIA AERÓBICA								
	5,5 mmol de NO <sub>3</sub>				11 mmol de NO <sub>3</sub>			
	PRE		POST		PRE		POST	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>Lactato</b>	3,2	1	2,3	1,2	2,9	0,5	2,5	1
<b>FC</b>	145	10	144	12	147	7,9	143	7,1
<b>RF</b>	32,4	7,5	35,3	8,6	35,1	7,8	33,8	5,9
<b>VE</b>	61,3	9,9	61,5	10,9	60,6	12,7	60,7	8,0
<b>R*</b>	0,95	0,04	0,96	0,03	0,91	0,07	0,96	0,05

FC (Frecuencia Cardiaca), RF (Frecuencia Respiratoria), VE (Volumen Ventilatorio) y R Cociente Respiratorio. \* Valor de  $P < 0,05$

En las tablas 9 y 10 se muestran los resultados de las variables de costo de oxígeno (ml O<sub>2</sub>/Kg/min) y eficiencia mecánica. La eficiencia mecánica fue evaluada a través del consumo de oxígeno requerido para desplazar un vatio (mLO<sub>2</sub>/min/W) y la relación entre la potencia generada y el consumo de oxígeno (PO/VO<sub>2</sub>). Estas variables presentaron un incremento postsuplementación en ambas dosis tanto en GA como en GM. Los cambios evidenciados fueron mayores en la suplementación de 11 mmol en ambos grupos. GM requiere 0,9 ml de oxígeno menos para mover 1 vatio comparado con la pre suplementación y el GA requiere 0,4 ml de oxígeno menos para mover 1 vatio comparado con la pre suplementación. Así mismo, se evidenció en relación al PO/VO<sub>2</sub> que el GM generó 3 vatios más con el mismo VO<sub>2</sub> y GA 2,8 vatios. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas como se describe en las tablas 9 y 10; sin embargo, más adelante se discutirá su relevancia fisiológica.

**Tabla 9.** Comparación pre suplementación y post suplementación costo de oxígeno y eficiencia mecánica del GM

<b>GRUPO DE MODERADA POTENCIA AERÓBICA valor del VO<sub>2</sub></b>								
	<i>5,5 mmol de NO<sub>3</sub></i>				<i>11 mmol de NO<sub>3</sub></i>			
	<i>PRE</i>		<i>POST</i>		<i>PRE</i>		<i>POST</i>	
	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>
<b>VO<sub>2</sub>/KG (ml/min/Kg)</b>	36,3	4,0	35,8	2,6	38,0	1,7	35,6	1,5
<b>Economía (mLO<sub>2</sub>/min/W)</b>	12,9	1,6	12,9	1,7	13,9	1,5	13,0	0,9
<b>PO/VO<sub>2</sub></b>	83,70	12,10	85,00	6,20	77,00	6,50	80,00	9,20

**VO<sub>2</sub>/Kg** (Consumo de oxígeno relativo /costo de oxígeno), **mLO<sub>2</sub>/min/W** (mililitros de oxígeno empleados para desplazar por minuto 1 vatio), **PO/VO<sub>2</sub>** (Potencia desplazada con relación a 1 litro de oxígeno) y **R** Cociente Respiratorio.

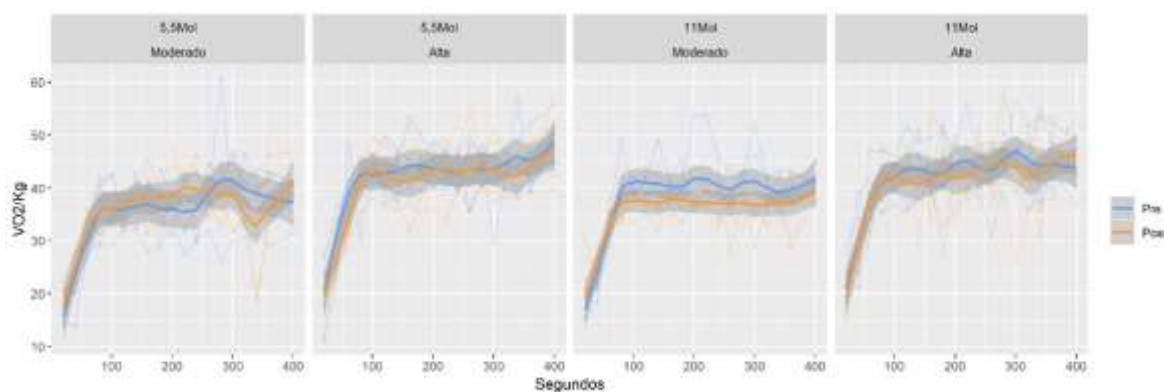
**Tabla 10.** Comparación pre suplementación y post suplementación costo de oxígeno y eficiencia mecánica del GA

GRUPO DE ALTA POTENCIA AERÓBICA								
	5,5 mmol de NO <sub>3</sub>				11 mmol de NO <sub>3</sub>			
	PRE		POST		PRE		POST	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
<b>VO<sub>2</sub>/KG (ml/min/Kg)</b>	41,0	2,1	40,7	3,4	40,9	4,3	40,6	2,8
<b>Economía (mLO<sub>2</sub>/min/W)</b>	13,2	1,5	13,1	1,0	13,5	1,1	13,1	1,1
<b>PO/VO<sub>2</sub></b>	80,50	12,10	82,10	6	79,90	7,40	82,70	7,80

**VO<sub>2</sub>/Kg** (Consumo de oxígeno relativo /costo de oxígeno), **mLO<sub>2</sub>/min/W** (mililitros de oxígeno empleados para desplazar por minuto 1 vatio), **PO/VO<sub>2</sub>** (Potencia desplazada con relación a 1 litro de oxígeno) y **R** Cociente Respiratorio.

En la figura 4 se presenta la gráfica del costo de oxígeno durante el desarrollo de la prueba de 6 minutos medido cada 20 segundos. Al analizar la prueba completa, no se encontraron diferencias significativas entre las dosis y los grupos. Sin embargo, se evidenció una disminución del costo de oxígeno post suplementación de 11 mmol en el GM durante el desarrollo de la prueba, cuya importancia fisiológica se discutirá más adelante.

**Figura 5.** Comparación por grupos pre suplementación y post suplementación medición promedio de consumo de oxígeno máximo relativo durante el desarrollo de la prueba



**VO<sub>2</sub>/Kg** (Consumo de oxígeno relativo /costo de oxígeno), **Mol** (mmoles suplementadas), **Pre** (Pre suplementación) y **Post** (Post suplementación).

## **10. Discusión:**

### **10.1 Variables antropométricas:**

En un deporte heterogéneo como el ciclismo que incluye distintas modalidades y pruebas, el rendimiento deportivo puede ser influenciado por aspectos fisiológicos como el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx), pero también por características antropométricas relacionadas con la composición corporal no limitadas al peso y la talla. Las investigaciones previas evidencian que la cuantificación de la composición corporal es importante para el rendimiento de los ciclistas en las diferentes fases de la periodización del entrenamiento, ya que los datos que suministra son la base de la planificación del entrenamiento, y también son los indicadores para la clasificación en alguna modalidad (Coutinho y cols, 2011; Jeukendrup y cols., 2000; Peinado y cols., 2011).

Mediciones antropométricas determinadas, como el porcentaje graso y muscular relacionados con la composición corporal, la talla, el área de superficie frontal y el índice de masa corporal (IMC) (Lucía A y Chicharro JL, 2001), se han utilizado como índices determinantes de rendimiento en este deporte. Por tal razón, en estudios previos se ha evaluado la composición corporal de ciclistas ya que se reconoce la importancia de estas variables como uno de los componentes fundamentales de la caracterización deportiva; además es un parámetro a tener en cuenta al momento de la planificación del entrenamiento y también en el manejo nutricional.

Peinado y cols. (2011) evaluaron las características antropométricas en un grupo de ciclistas, midieron el peso, la talla, el IMC y el porcentaje graso por 6 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, abdominal, suprailíaco, muslo y pantorrilla), 3 diámetros (bicondíleo de fémur y húmero y biestiloideo de muñeca) y 3 circunferencias (brazo contraído, muslo y pantorrilla), con estos datos lograron clasificar en un 100 % la especialidad que debe desempeñar el deportista para maximizar el entrenamiento y por tanto, el rendimiento deportivo.

En nuestro grupo poblacional siguiendo los lineamientos ISAK, nivel II para el modelo de fraccionamiento de masas corporales por 5 componentes de Ross y Ker (ósea, residual, adiposa, muscular y piel), el peso y talla, 6 pliegues cutáneos (Tríceps, Subescapular,



Suprailíaco, Abdominal, Muslo y Pantorrilla), 9 perímetros corporales (cabeza, tórax, cintura, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muslo superior, muslo medio y pantorrilla) y 6 diámetros óseos (bi-acromial, bi-iliocrestal, tórax transverso, tórax antero posterior, humeral y femoral), se encontró que los deportistas del GA tenían menor IMC, porcentaje de grasa y sumatoria de pliegues, además de tener mejor desarrollo muscular a partir del IMO en comparación al GM.

Además, encontramos que el GM tiene un IMC de 20,3 kg/m<sup>2</sup> siendo más alto que el de GA (19,3 kg/m<sup>2</sup>). Estos valores son más bajos que los reportados por Quinchia et al (2015) en ciclistas adultos antioqueños (22 kg/m<sup>2</sup>). León et al (2014), reportó IMC de 21,9 kg/m<sup>2</sup> en ciclistas sub 23 (19 años) de Boyacá. Rauter (2017) y González et al (2013) describieron IMC de 21,1 kg/m<sup>2</sup> y 20,8 kg/m<sup>2</sup> respectivamente en ciclistas españoles adultos. No se encontraron datos de IMC en ciclistas juveniles entre 16 y 18 años en población colombiana reportados en la literatura. Los valores de IMC más bajos se podría explicar en relación al crecimiento determinado por la edad de los evaluados (Edad media grupo GM 17.0±0.8; GA 17.5 ±1.0), la madurez fisiológica y ósea en la que se encuentra una correlación entre la actividad endocrina y el sistema óseo. La Hormona de Crecimiento, tiroxina, insulina y corticoides a las edades de los evaluados todavía influyen en el aumento de la talla y la velocidad de crecimiento, además, la maduración ósea parece depender de las hormonas tiroideas, los andrógenos adrenales y esteroides gonadales sexuales. (Iglesias JL., 2013).

En un estudio de ciclistas de competencia realizado por el Centro de Medicina del Deporte de Albacete, España, observaron una mayor ectomorfia en los ciclistas juveniles con respecto a los cadetes y seniors de mayor edad (Martinez Riaza y cols., 1993) concluyendo que a menor edad el peso corporal es menor y por tanto, menor IMC, resultados que van en concordancia a los encontrados en nuestro estudio, debido a que nuestros deportista tienen menor IMC en comparación con los reportados en los estudios anteriormente mencionados en ciclistas colombianos.

En cuanto al porcentaje de grasa y sumatoria de pliegues, el GA tiene menor porcentaje de grasa y sumatoria de pliegues comparado con el GM (6,7% – 38,2 mm y 7,7% - 46,9 mm respectivamente). Quinchia y Quiroz et al, (2015) reportaron un porcentaje de 6,1 con sumatoria de pliegues de 41 mm en ciclistas antioqueños y en selecciones Colombia reportan

porcentaje de 7,9 y sumatoria de pliegues de 51 mm. Leon et al, 2014 reportaron una sumatoria de pliegues de 36 mm, con promedio de edad de 19 años en ciclistas de Boyacá, resultados similares a los encontrados en nuestro estudio.

En conclusión, se evidencia que en un grupo de deportistas colombianos juveniles el IMC es menor, y que dependiendo de la potencia aeróbica se establecen unas características en la composición corporal. Por lo tanto, es fundamental cuantificar la relación desarrollo muscular y % graso o sumatoria de pliegues, como objetivos de la periodización del entrenamiento y periodización nutricional, buscando como fin último mejoría en la eficiencia mecánica y metabólica que permita potenciar el rendimiento a partir de cambios en la estructura de la composición corporal.

## 10.2 Variables fisiológicas fase I

Una de las capacidades fundamentales en los ciclistas de ruta es la potencia aeróbica medida mediante el VO<sub>2</sub>máx, el cual es considerado el mejor indicador de la capacidad cardiorrespiratoria en deportistas. Dentro de los resultados de la investigación se determinó que GA tenía un VO<sub>2</sub>máx promedio de 66.3 mL/Kg/min  $\pm$  1.9 y el GM 57.1 mL/min/Kg  $\pm$  2.9 con diferencia estadísticamente significativa.

Al correlacionar las características antropométricas con VO<sub>2</sub>máx se puede establecer que los deportistas con mejor potencia aeróbica tienen menor sumatoria de pliegues, % de grasa y además tienen mejor desarrollo muscular. El VO<sub>2</sub>máx absoluto (ml / min) está fuertemente relacionado con la masa libre de grasa (MLG), debido a que el consumo de oxígeno durante el ejercicio depende de la demanda de oxígeno de los músculos activos. Por el contrario, el VO<sub>2</sub> máx relativo expresado por kg de masa corporal se relaciona con el tiempo de resistencia dado que una persona transporta su propio cuerpo, en este sentido, la masa corporal es un determinante importante de la carga de trabajo y es así como el exceso de masa grasa aumenta la carga de trabajo durante el ejercicio y no contribuye al trabajo realizado. Tenemos entonces que las diferencias en el tamaño corporal y la composición corporal influyen en parámetros como el consumo de oxígeno máximo absoluto y relativo que, a su vez, determinan el acondicionamiento cardiorrespiratorio.

Estos hallazgos confirman o se relacionan con lo reportado por Rump y cols (2001) en un estudio en cual los niños (promedio de 8,6 años) con una mayor fracción de grasa corporal tienen una resistencia inferior, mientras que los niños con mayor masa libre de grasa (MLG) alcanzan valores más altos para trabajo total y potencia máxima, siendo los indicadores más usados para determinar acondicionamiento cardiorrespiratorio. Además, observaron que el VO<sub>2</sub> máx relativo estaba relacionado negativamente con el porcentaje de grasa corporal (Spearman  $r = -0.76$ ,  $p = 0,0025$ ), pero no con la MLG ( $p=0,28$ ), mientras el VO<sub>2</sub> máx absoluto se relaciona positivamente con la MLG (Spearman  $r = 0,55$ ,  $p = 0,027$ ), pero no con el porcentaje de grasa corporal ( $p = 0,41$ ) o la masa grasa ( $p = 0,56$ ).

Las relaciones encontradas entre el VO<sub>2</sub> máx medido y la composición corporal en nuestro estudio están en consonancia con los resultados publicados de Goran y cols. (2000) en sujetos

de mayor edad (17,8 años), los cuales demuestra que cuando se estudian dos personas con la misma MLG y VO<sub>2</sub> máx (ml / min), aquellos con masa grasa superior tienen una potencia aeróbica menor cuando el VO<sub>2</sub> máx se expresa por kg de peso corporal.

Gualteros y cols. (2015) evaluaron niños y adolescentes en edad escolar entre 9 y 17 años (921 en total: niñas 420, niños 421), residentes del área metropolitana de Bogotá, encontraron que la condición física respiratoria se relaciona inversa y significativamente con las medidas relacionadas al riesgo de obesidad, como el IMC ( $r = -0,107$ ), el porcentaje de grasa corporal ( $r = -0,197$ ), la masa grasa ( $r = -0,159$ ), el pliegue de triceps ( $r = -0,251$ ), el pliegue subescapular ( $r = -0,212$ ), la sumatoria de pliegues ( $r = -0,246$ ), y la circunferencia de cintura ( $r = -0,169$ ). En este mismo modelo de análisis, los autores encontraron que la masa magra y la masa muscular presentan una relación lineal y significativa con los niveles de condición física respiratoria,  $r = 0,157$  y  $r = 0,139$ , respectivamente.

Por lo tanto, la composición corporal es un factor determinante de los resultados de las pruebas de potencia aeróbica que a menudo se pasa por alto pero que debe replantearse porque el porcentaje de masa grasa (%MG) se asocia negativamente con la resistencia y el consumo de oxígeno relativo (ml / min / kg), y la masa libre de grasa o desarrollo muscular se relaciona positivamente con el trabajo total, la potencia máxima y el consumo absoluto de oxígeno (ml / min).

### **10.3 Variables fisiológicas fase II**

En el campo de la nutrición deportiva es bien conocido el uso de suplementos como ayudas o medios para lograr los diferentes objetivos, sin embargo, la oferta de suplementos es bastante heterogénea. Según el Concenso del COI sobre suplementos dietarios en atletas de alto rendimiento, un suplemento puede ser un alimento, un componente alimentario, un nutriente o un componente no alimentario que, ingerido a propósito como extra de la dieta habitual, logra un objetivo específico en salud y / o beneficio en el desempeño específico (Maughan RJ y cols, 2018). En este sentido, el nitrato dietario (NO<sup>-</sup>) es un suplemento popular que se ha investigado comúnmente en la suplementación deportiva debido a sus beneficios en los ejercicios submáximos prolongados y esfuerzos de alta intensidad, intermitentes, de corta duración. Este componente se ha relacionado con la modulación de la función del músculo esquelético mediante una función mejorada de las fibras musculares tipo II, resultando en una mejora del 3-5% en ejercicios de alta intensidad e intermitencia (Bailey SJ y cols., 2015; McMahon NF y cols., 2017), un costo reducido de ATP en la producción de fuerza muscular; una mayor eficiencia de la respiración mitocondrial, reflejada en mejoras del 4 al 25% en el tiempo hasta la fatiga y del 1 al 3% en deportes específicos (Bailey SJ y cols., 2015; McMahon NF y cols., 2017); un aumento del flujo sanguíneo al músculo; y una disminución del flujo sanguíneo a las heterogeneidades del VO<sub>2</sub> (Thompson, 2014)

Los primeros estudios en atletas recreativos indicaron que la ingesta de nitrato reduce significativamente el costo de O<sub>2</sub> en ejercicio submáximo y mejora el rendimiento durante el ejercicio de resistencia de alta intensidad. Los estudios posteriores han abordado los mecanismos fisiológicos que sustentan los beneficios en rendimiento y las condiciones de ejercicio (alta vs. baja intensidad, larga vs. corta duración, continua vs. intermitente, normóxica vs. hipóxica) bajo las cuales, la suplementación con NO<sub>3</sub> puede ser beneficiosa. Además, se ha explorado el régimen óptimo de carga de nitrato en términos de dosis de nitrato y duración de la suplementación. (Jones AM, 2014)

En esta investigación realizada en Bogotá DC, a una altura moderada (2600 msnm), en 2 grupos de deportistas de moderada (GM) y alta potencia aeróbica (GA), el factor determinante del efecto ergogénico de los nitratos es la potencia aeróbica más que el factor altitud, sin embargo, no hay que olvidar que la altitud es importante debido a la adaptación

neurovegetativa de los individuos que viven en altura moderada (2000 a 3000 msnm), quienes inicialmente presentan hipertonia simpática que puede durar hasta 18 meses según algunos autores (Dhar et al 2014), y esto es relevante ya que la respuesta ventilatoria tanto en reposo como en ejercicio además del Gasto Cardíaco se aumenta produciendo un efecto reductor en el VO<sub>2</sub> max debido a un incremento temporal de las catecolaminas plasmáticas (Povea, 2006). En general, es importante saber que después de 2200 msnm por cada 100 m que se aumente la altitud, normalmente se disminuyen algunas variables fisiológicas, se aumenta la FC que aumenta el GC, y disminuye el VO<sub>2</sub> max, porque el SN Autónomo empieza a presentar hipertónicas. Por lo tanto, estas adaptaciones fisiológicas generan una mayor producción de la Óxido Nítrico Sintetasa, produciendo mayor secreción de NO para vasodilatación.

Como principal resultado de esta investigación, se encontró que no hubo una diferencia estadísticamente significativa en el costo de oxígeno durante la prueba submaximal al 80% de la potencia al Umbral de lactato, tanto en deportistas del GM y GA en las dosis de 5,5 mmol y 11 mmol.

Se encontraron 2 estudios que van en concordancia con los resultados del nuestro, como el de Macleod et al, (2014) de costo de oxígeno en ciclistas con potencia aeróbica de 67 ml/Kg/min en el que se administró una dosis de 6,5 mmol, sin encontrar significancia estadística post suplementación ( $p > 0,05$ ); resultados similares a los de Boorsma et al, (2014) en atletas con potencia aeróbica de 80 mL/Kg/min en pruebas contra reloj en altura moderada de 2500 msnm sin encontrar diferencias estadísticamente significativas. Por lo que se podría pensar que la incidencia de la altura influye sobre el efecto de la suplementación de NO<sub>3</sub> por la NO síntesis.

Sin embargo, en contraste en el estudio realizado Kelly y Cols, 2014 en corredores (potencia aeróbica: 58,3 ml/Kg/min) residentes en altura moderada (2500msnm) encontró que en post suplementación de 8,2 mmol durante tres días logró disminuir el costo de oxígeno al 45% del VT1. Por lo tanto, estos resultados y los de nuestro estudio parecen establecer que existen tres factores determinantes al momento de prescribir los nitratos: La altitud, la potencia aeróbica y la intensidad del ejercicio. (Muggeridge y cols, 2014, Zafeiridis A, 2014, Lansley, 2011 y Baily, 2009).

En las tablas 9 y 10 se observan los resultados de las variables de costo de oxígeno medido con consumo de oxígeno relativo ( $\text{mLO}_2/\text{Kg}/\text{min}$ ) (GM a 5,5 mmol Pre 36,3 – Post 35,8 y a 11 mmol Pre 38 - Post 35,8; GA a 5,5 mmol Pre 41,0 – Post 40,7 y a 11 mmol Pre 40,9 - Post 40,6) y la eficiencia mecánica mediante mililitros de oxígeno utilizados para desplazar un vatio ( $\text{mLO}_2/\text{min}/\text{W}$ ) (GM a 5,5 mmol Pre 12,9 – Post 12,9 y a 11 mmol Pre 13,9 - Post 13; GA a 5,5 mmol Pre 13,2 – Post 13,1 y a 11 mmol Pre 13,5 - Post 13,1) y potencia en relación con consumo de oxígeno ( $\text{PO}/\text{VO}_2$ ) (GM a 5,5 mmol Pre 83,7 – Post 85 y a 11 mmol Pre 77 - Post 80; GA a 5,5 mmol Pre 80,5 – Post 82,1 y a 11 mmol Pre 79,9 - Post 82,7), no presentan diferencias estadísticamente significativas, sin embargo al momento de medir la eficiencia mecánica, el estudio encontró una mejoría en el parámetro de  $\text{PO}/\text{VO}_2$  el cual estableció que los deportistas del GM podían desplazar 3 vatios más con el mismo consumo de oxígeno post suplementación de 11 mmol y los deportistas del GA podían desplazar 2,8 vatios más post suplementación de 11 mmol.

En contraste con nuestro estudio, la eficiencia mecánica ( $\text{PO}/\text{VO}_2$ ) mejorada de los deportistas del GM (desplazamiento de 3 vatios más vs 2,8 post suplementación de 11 mmol de los deportistas del GA) respalda los beneficios de una función mejorada de las fibras musculares tipo II; un costo reducido de ATP en la producción de fuerza muscular, una mayor eficiencia de la respiración mitocondrial; y un aumento del flujo sanguíneo al músculo; ya que nuestros resultados muestran que se necesita menos consumo de oxígeno por vatio por minuto, por lo tanto, existe un menor gasto cardíaco para un esfuerzo igual o similar. La diferencia es más marcada en los ciclistas menos entrenados porque los cambios o adaptaciones fisiológicas y biomecánicas relativamente son mayores en un mismo periodo de tiempo que los cambios observados en los atletas entrenados, porque hay mayores posibilidades de adaptación del gasto energético por minuto por vatio, por lo tanto, una mayor economía en el esfuerzo.

En estudios previos se ha encontrado resultados similares en la relación  $\text{PO}/\text{VO}_2$  post suplementación, por ejemplo, en el estudio de Wilkerson et al (2012) demostró una mejoría en este parámetro de un 3% post suplementación de 6,2 mmol de nitratos. Los posibles mecanismos que explican esta respuesta a partir de mejoría en la eficiencia contráctil muscular debido a la mayor producción de NO. (Larsen et al. 2011). Por otra parte, se han

empleado métodos de espectroscopia de resonancia magnética con el fin de determinar la tasa de ATP empleada durante la extensión de rodilla encontrando que post suplementación con nitratos se requiere menor tasa de ATP, además de reducción de fosfocreatina (PCr), adenosindiposfato(ADP) y fosforo inorgánico (Bailey et al. 2010). Por lo que estos cambios fisiológicos explicarían una reducción en los estímulos de la respiración mitocondrial en donde podría explicar un menor VO<sub>2</sub> observado a la misma potencia sub máxima.

Por otra parte, en las tablas 6 y 7 se puede observar que tanto en el GM como en el GA post suplementación independientemente de la dosis suministrada hubo un aumento del cociente respiratorio (R) con significancia estadística (GM a 5,5 mmol Pre 0,89 – Post 0,97 y a 11 mmol Pre 0,89 - Post 0,93; GA a 5,5 mmol Pre 0,95 – Post 0,96 y a 11 mmol Pre 0,91 - Post 0,96), resultado similar al encontrado en el estudio de Merry y McConell (2012), en donde podría sugerir un cambio sutil en la utilización del sustrato hacia un aumento del metabolismo de los carbohidratos. La causa del aumento del R no está definida aún, pero podría estar relacionado con un aumento de captación muscular de glucosa (Merry y McConell, 2012). Sin embargo, la magnitud del cambio en R es demasiado pequeña para hacer una diferencia significativa al VO<sub>2</sub>.

Según nuestros hallazgos parece que el factor más condicionante al momento de la prescripción de suplementación con nitratos a partir del zumo de remolacha es el nivel de entrenamiento del atleta medido a través de la potencia aeróbica, en nuestro estudio encontramos que la dosis para una altura moderada en deportistas del GM debe ser de 11 mmol para encontrar diferencia fisiológicas y quizás en los deportistas con GA, se necesiten dosis más elevadas que las implementadas en este estudio para poder tener los beneficios ergogénicos (Zaferides, 2014).

Al correlacionar estos resultados se evidencia que para modalidades deportivas de predominio del sistema energético oxidativo la suplementación con de NO<sub>3</sub> a partir del zumo de remolacha puede incidir en mejorar la eficiencia del metabolismo de los carbohidratos en fases o periodos de etapas críticos en donde la principal fuente energética sean los carbohidratos y no las grasa.



Además, un deportista que realice esta suplementación podría tener una recuperación más rápida debido a la eficiencia mecánica que observamos en los resultados de esta investigación. Debido a que en una etapa de ciclismo 3 a 5 horas a una intensidad similar a la de nuestro estudio, el gasto energético medido por el intercambio de gases puede llegar a ser menor, permitiendo tener mejores reservas energéticas en comparación con un deportista que no realice esta suplementación.

Por otra parte, la oxidación máxima de carbohidratos es de 1,5 g por minuto por lo que en una hora se pueden oxidar 90 g equivalentes a 360 Kcal / hora (Jeukendrup, 2000), post suplementación según los resultados y como hipótesis se evidencia una eficiencia en el metabolismo de los carbohidratos del 5 %, oxidando de esta manera por hora 4,5 g de carbohidrato de más. Además, si se estima que a una velocidad promedio de 30 Km/ hora en una prueba de ciclismo el gasto energético es de 600 Kcal/hora equivalente a un requerimiento de 150 g de carbohidrato. Por lo tanto, post suplementación de nitratos con zumo de remolacha se podrían metabolizar más gramos de carbohidratos asegurando que con el consumo y las reservas de glucógeno a nivel hepático y muscular el ciclista pueda utilizar este sustrato energético sin genera déficit como se evidencia en la figura 6.



Figura 6. Suplementación y eficiencia en el metabolismo de los carbohidratos

En cuanto a la hipótesis de eficiencia metabólica de la suplementación con zumo de remolacha se evidencia que post suplementación en el GM hay una disminución en el costo de oxígeno de  $-2,4 \text{ mL} / \text{min} / \text{Kg}$  y del GA  $-0,3 \text{ mL} / \text{min} / \text{Kg}$  equivalentes a  $-0,8 \text{ L} / \text{min}$  y  $0,5 \text{ L} / \text{min}$  respectivamente. Por lo tanto, al calcular el costo energético por consumo de oxígeno con la relación del equivalente metabólico de  $5 \text{ Kcal}$  por litro de  $\text{O}_2$  se evidencia que post suplementación la eficiencia metabólica en el costo de oxígeno del GM en una etapa de ciclismo promedio de 3 horas es de  $79 \text{ Kcal}$  y en el GA es de  $44 \text{ Kcal}$  como se evidencia en la figura 7.

Por lo tanto, estas dos hipótesis establecen que post suplementación de nitratos a partir del zumo de remolacha puede mejorar la eficiencia en el metabolismo de los carbohidratos en competencia o en el ejercicio físico y además esto se traduce en mejoría de eficiencia mecánica y metabólica



Figura 7. Suplementación, eficiencia metabólica y mecánica

## 11. Conclusiones

La dosis de suplementación que demostró un efecto fisiológico (aún sin significancia estadística) sobre el costo de oxígeno y eficiencia mecánica fue la de 11 mmol en los dos grupos de investigación, a una intensidad del 80% del umbral de lactato en una altura moderada.

A pesar de no encontrar significancia estadística sobre las variables medidas se encontró que post suplementación el GM tuvo cambios más representativos en comparación con el GA, resultados similares a los encontrados en la literatura.

En deportes oxidativos con incidencia del metabolismo glucolítico como el ciclismo la suplementación con NO<sub>3</sub> puede ser una estrategia nutricional que permita potenciar el rendimiento a partir de la reducción del costo de oxígeno y eficiencia del metabolismo de los carbohidratos.

La suplementación con NO<sub>3</sub> a partir del zumo de remolacha puede ser una posible estrategia para mejorar la eficiencia del metabolismo de los carbohidratos pre competencia, como se observó en este estudio con la mejoría post suplementación en el parámetro de Cociente Respiratorio.

Al momento de realizar la prescripción de la dosis de nitratos a partir del zumo de remolacha se deben tener en cuenta la potencia aeróbica, la intensidad del ejercicio y altitud esto con el objetivo de determinar costo – beneficio.

## **12. Consideraciones:**

Para futuras investigaciones se puede tomar como base este protocolo de suplementación y aplicarlo en otras modalidades de deportistas y en otras alturas, para así poder observar posibles cambios con significancia estadística.

Se puede establecer dosis más altas de 11 mmol en deportistas con alta potencia aeróbica con el objetivo de establecer si la dosis de suplementación en este nicho debe ser más alta.

Se puede establecer un estudio entre la masa libre de grasa o masa muscular, potencia aeróbica y suplementación de nitratos, esto con el objetivo de establecer un parámetro de medición sencillo y de bajo costo como la antropometría para lograr una prescripción individualizada.

## 13. Bibliografía.

Arnold, J.; James, L.; Jones, T.; Wylie, L.; Macdonald, J. Beetroot juice does not enhance altitude running performance in well-trained athletes. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2015, 40, 590–595.

Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, Dimenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2009 Oct; 4:1144 - 1155.

Bailey SJ, Fulford J, Vanhatalo A, Winyard PG, Blackwell, JR, DiMenna FJ, et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2010; 109: 135 - 148.

Breese B.C., McNarry M.A., Marwood S., Blackwell Jamie R., y col. Beetroot juice supplementation speeds O<sub>2</sub> uptake kinetics and improves exercise tolerance during severe-intensity exercise initiated from an elevated metabolic rate. *J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2013; 305: 1441 – 1450.

Bond V, Jr., Curry BH, Adams RG, Asadi MS, Millis RM, Haddad GE. Effects of dietary nitrates on systemic and cerebrovascular hemodynamics. *Cardiol Res Pract.* 2013; 2013: 1 - 9.

Boorsma, R.K.; Whitfield, S.L. Beetroot Juice Supplementation Does Not Improve Performance of Elite 1500-m Runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2014, 46, 2326–2334.

Bond V, Jr., Curry BH, Adams RG, Millis RM, Haddad GE. Cardiorespiratory function associated with dietary nitrate supplementation. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014; 39:168-172.

Cermak NM, Res P, Stinkens R, Lundberg JO, Gibala MJ, van Loon LJ. No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012; 22: 470 - 478.

Chicharro JL, López LM. Fisiología clínica del ejercicio. Ed medica panamericana, 2008.  
Pag 205

Crawley, M. J. 2015. Statistics: An Introduction Using R. Wiley & Sons, Chichester.

Coutinho, H., Trigueiro, J., da Silva, W., dos Santos, C., y Soares, A. (2011). Análise antropométrica comparativa entre a elite de ciclistas de estrada pernambucanos e a elite de ciclistas australianos. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 3(13), 63-68

Doel J.J, Bejamin N, Rogers M, Allaker RP: Evaluation of bacterial nitrate reduction in the human oral cavity. *Eur J Oral Sci.* 2005; 113: 14 – 21

Dominguez R, Cuenca E, Maté JL, Garcia PH, Serra N, Lozano MC, Velga P y Camacho V. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients* 2017, 9, 43.

Farney R., Trepanowski J.F., Cameron G, McCarthy and Canale R. Effect of betaine supplementation on plasma nitrate/nitrite in exercise-trained men. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011; 8: 1 – 7.

Fulco CS, Rock PB, Cymerman A. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat Space Environ* 1998; 69:793-801

Gibbons, Jean Dickinson, and Subhabrata Chakraborti. 2003. Nonparametric statistical inference. New York: Marcel Dekker.

González Cross G, Palacios G. Ayudas Ergogénicas y ejercicio físico. En: Benito Peinado PJ, Calvo Bruzos SC. Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte. 1ra Ed. 2013. Madrid. UNED.

Goran M, Fields DA, Hunter GR, Herd SL, Weisner RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes* 2000; 24: 841–848.

Govoni M, Jansson EA, Weitzberg E, Lundberg JO. The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load is markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. *Nitric Oxide*. 2008; 19(4):333–7.

Hoon M, Johnson NA, Chapman PG, Burke LM. The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2013; 5: 522-32.

Hoon MW, Jones AM, Johnson NA, Blackwell JR, Broad EM, Lundy B, et al. The Effect of Variable Doses of Inorganic Nitrate-Rich Beetroot Juice on Simulated 2,000-m Rowing Performance in Trained Athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014; 9: 615-20.

Iglesias Diz, JL. Desarrollo del adolescente: aspectos físicos, psicológicos y sociales. *Pediatr Integral* 2013; XVII(2): 88-93.

Jeukendrup, A., Craig, N., & Hawley, J. (2000). The bioenergetics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3(4), 414-433

Jones AM. Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance. *J Sports Med*. 2013; 1: 35-45

Jones AM. Dietary nitrate: the new magic bullet? *J Sports Science Exchange* 2014 ; 26 :1 – 5

Kelly, J.; Vanhatalo, A.; Bailey, S.J.;Wylie, L.J.; Tucker, C.; List, S.; Winyard, P.G.; Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation: Effects on plasma nitrite and pulmonary O<sub>2</sub> uptake dynamics during exercise in hypoxia and normoxia. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*. 2014, 307, 920–930.

Kenney, W. Larry, Wilmore, Jack, Costill, David. *Physiology of Sport and Exercise-5th Edition-Spanish*. Human Kinetics, 2014. Pag 640

Lansley K.E., Winyard P.G, Fulford J., Vanhatalo A., Bailey S., Blackwell J., DiMenna M. and et.al. Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of walking and running: a placebo-controlled study. *J Physiol*. 2011; 110: 591 – 600

Larsen FJ, Weitzberg E, Lundberg JO, Ekblom B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiol (oxf)*. 2007; 1: 59 – 66

Lopez JC, Fernandez AV. *Fisiología del ejercicio*. Ed medica panamericana. 2006. Pag 987

Lucía, A., Hoyos, J., y Chicharro, J.L. (2001). *Physiology of professional road cycling*. *Sports medicine*, 31(5), 325-337

MacLeod, K.E.; Nugent, S.F.; Barr, S.; Khoele, M.S.; Sporer, B.C.; MacInnis, M.J. Acute Beetroot Juice Supplementation Does Not Improve Cycling Performance in Normoxia or Moderate Hypoxia. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*. 2015, 25, 359–366.

Masschelein, E.; Van Thienen, R.; Wang, X.; Van Schepdael, A.; Thomis, M.; Hespel, P. Dietary nitrate improves muscle but not cerebral oxygenation status during exercise in hypoxia. *J. Appl. Physiol*. 2012, 113, 736–745.

Martinez Riza L, Fideau Hoyos, María Dolores, Ferrer López, Vicente. Estudio cineantropométrico en 58 ciclistas de competición. *Archivos de medicina del deporte*. Volumen X. No. 38. 1993 Págs 121-125.

Maughan R, Burke L, Dvorak, Larson E, Peeling, Phillips S, Rawson et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med* 2018;52:439–455.



Mendoza PN. Farmacología médica. Ed Panamericana, 2008. Pag 134 – 135.

Merry, T., McConell, G., 2012. Do reactive oxygen species regulate skeletal muscle glucose uptake during contraction? *Exerc. Sport Sci. Rev.* 40, 102–105.

McMahon FN, Leveritt M y Pavey T. The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016. Pp 1 – 22

Muggeridge, D.J.; Howe, C.; Spendiff, O.; Pedlar, C.; James, P.; Easton, C. A Single Dose of Beetroot Juice Enhances Cycling Performance in Simulated Altitude. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2014, 46, 143–150.

Murphy M, Eliot K, Heuertz RM, Weiss E. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. *J Acad Nutr Diet.* 2012;112: 548 - 552.

Omar S, Artime E, Webb A. A comparison of organic and inorganic nitrate / nitrites. *Nitric Oxide* 26 (2012) 229–240

Peinado, A., Benito, P., Díaz, V., González, C., Zapico, A., Álvarez, M., Maffulli, N., & Calderón, F. (2011). Discriminant analysis of the specialty of elite cyclist. *Journal of Human Sport And Exercise*, 6(3), 480-489)

Porcelli S, Ramaglia M, Bellistri G, Pavei G, Pugliese L, Montorsi M et al. Aerobic fitness affects the exercise performances responses to nitrate supplementation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2015; 47: 1643 – 1651.

Quinchia A, Gonzalez B, Diaz C, Quiroz O Mora M, et al. Lineamientos de política pública en Ciencias del Deporte en Nutrición. Departamento Administrativo del Deporte, la

Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre CODEPORTES. 2015

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Ross, W. D., & Kerr, D. A. (1991). Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Apunts*, 18, 175-187

Rowell AL. Central circulatory adjustment to dynamic exercise. In: Rowell AL, editor. *Human Cardiovascular Control*. New York, NY: Oxford University Press; 1993. pp.162–201.

Rump P, Verstappen F, Gerver WJM, Hornstra G. Body Composition and Cardiorespiratory Fitness Indicators in Prepubescent Boys and Girls. *Int J Sports Med* 2002;23: 50–54.

Steel R, and J. H. Torrie. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw – Hill, 2. Ed. 1985.

Serrato RM, Galeano EE, Sanchez ML, Cohen DD, Quiceno JC, Albarracín TJ. Lineamientos de política pública en Ciencias del Deporte en Medicina. Departamento Administrativo del Deporte, la Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre CODEPORTES. 2015

Subieta J. Aspectos fundamentales del Umbral Anaeróbico. *Rev VITAE*. 2007. No 30

Thompson KG, Turner L, Prichard J, Dodd F, Kennedy DO, Haskell C, et al. Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. *Respir Physiol Neurobiol*. 2014; 193:11-20.

Vanhatalo A, Fulford J, Bailey S, Blackwell J, Winyard P, and Jones A. Dietary nitrate reduces muscle metabolic perturbation and improves exercise tolerance in hypoxia. *J Physiol*. 2011. 13: 5517–5528.

Verbeke, G. and Molenberghs, G. (2000), *Linear Mixed Models for Longitudinal Data*, New York: Springer.

Wilkerson, D.P., G.M. Hayward, S.J. Bailey, A. Vanhatalo, J.R. Blackwell, and A.M. Jones. Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 2012; 112: 4127-4134.

Wilmore JH, Costill D. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Ed. Paidotribo, 2007. Pag 744

Zafeiridis A. The effects of dietary nitrate (beetroot juice) supplementation on exercise performance: A review. *American Journal of Sport Science*. 2014; 4: 99 – 110.

## 13. Anexos

### Anexo A



#### **DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LOS PADRES DE ADOLESCENTE PARTICIPANTES EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**“EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NITRATOS A PARTIR DEL ZUMO DE REMOLACHA EN EL CONSUMO DE OXIGENO SUBMÁXIMO EN UN GRUPO DE CICLISTAS ENTRENADOS EN ALTURA”**

**Investigadores Principales: Edgar Cristancho, Erica Mabel Mancera y Daniel Villarreal**

Grupo de Investigación en Adaptaciones a la Hipoxia y al Ejercicio. Universidad Nacional de Colombia

Este documento de consentimiento informado tiene dos partes: I. Información y II. Formulario de consentimiento. Se le enviará una copia escaneada de este documento completo firmado a su correo electrónico.

#### **PARTE I. Información**

Éste es un documento llamado Consentimiento y Asentimiento Informado, en el que ustedes aceptan participar en el estudio y nosotros como Grupo de Investigación, conformado por profesionales de las áreas de fisioterapia, nutrición, fisiología nos comprometemos a garantizar las condiciones descritas en detalle a continuación.

**OBJETIVO:** Establecer los efectos de la suplementación de nitratos en dos dosis a partir del zumo de remolacha en el consumo de oxígeno submáximo según la condición aeróbica de un grupo de ciclistas entrenados en altura.

#### **Justificación**

La importancia de este trabajo radica en la escasa información relacionada con las variables de la sangre y en especial tres muy importantes para la salud y el rendimiento de su hijo, consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca y presión arterial, cómo estas se encuentran determinadas por el sexo, los cambios inherentes a la pubertad y la altitud a la cual se entrena.

## **DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO:**

En el estudio participaran niños adolescentes de los cuales exista la aprobación por parte del representante legal o padre de familia, que cumplan con las condiciones requeridas para la segura participación de su hijo en esta investigación. Se realizarán una serie de evaluaciones a partir de la toma de muestras de sangre y pruebas físicas relacionadas con la aptitud deportiva y la salud de su hijo.

Estas evaluaciones se realizaran en las instalaciones del Instituto de Recreación y Deporte, el Centro de Ciencias del Deporte de Coldeportes y el laboratorio de Fisiología del Grupo de Investigación en adaptaciones a la hipoxia y al ejercicio de la Universidad Nacional, dependiendo de las mediciones a realizar se informará las condiciones y hora específica. Los niños(as) y adolescentes asistirán entre seis a seis sesiones en las que se les realizarán los procedimientos que a continuación se describen:

**Procedimientos del estudio.** Todos los procedimientos descritos a continuación serán realizados en presencia del padre y/o representante legal del niño.

1. Historia clínica y valoración médica: antecedentes médicos personales y familiares, revisión por sistemas y examen físico por médico deportólogo.
2. Se aplicarán unas encuestas sencillas para recolectar datos personales (tratados de acuerdo a la normativa nacional) y para determinar el nivel de actividad física y hábitos alimentarios de su hijo.
3. Se realizará medidas de peso, talla, pliegues cutáneos, circunferencias y diámetros corporales.
4. Se obtendrá una muestra pequeña de sangre en el lóbulo de la oreja para medir el umbral de lactato
5. Se realizará prueba de consumo de oxígeno mediante un cicloergómetro.
6. Entrega de perfil individual de salud y rendimiento: Resultados, análisis y recomendaciones a padres e hijos.

**BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN:** A través de las diferentes evaluaciones mencionadas, usted, su hijo(a) o representado legal y los investigadores tendrán conocimiento acerca de su condición en relación a las variables de la sangre a partir de los resultados obtenidos, que podrán ser utilizadas para la detección de talentos deportivo, control, seguimiento y optimización del rendimiento deportivo.

## **MOLESTIAS Y RIESGOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN**

Esta es una investigación de riesgo mínimo. No obstante, se garantizarán todas las precauciones para minimizar la incidencia de molestias. Se contará con personal entrenado disponible para hacer frente a eventualidades en el caso de que se produzcan.

**PARTICIPACIÓN / RETIRO VOLUNTARIO DEL ESTUDIO** La participación de su hijos o representado legal es voluntaria y en el caso de que se decida suspender, no va a

suponer ningún tipo de penalización. Así mismo, los voluntarios podrán ser retirados del estudio, sin su consentimiento, si el investigador lo considera y su causa será consignada detalladamente.

## **PREGUNTAS E INFORMACIÓN**

Cualquier nueva información referente a las pruebas realizadas, que se descubra mientras dure la participación, será debidamente explicada. En caso de dudas sobre el estudio o los derechos de su hijo(a) o representado legal, podrá contactar con las investigadoras Edgar Cristancho, [ecritsancho@unal.edu.co](mailto:ecritsancho@unal.edu.co). Teléfono celular: 3103373577, Erica Mancera, [emmanceras@unal.edu.co](mailto:emmanceras@unal.edu.co) Telefono 3105703280 u Oscar Daniel Villarreal [odvillarrealn@unal.edu.co](mailto:odvillarrealn@unal.edu.co) Teléfono celular: 3187950891.

## **CONFIDENCIALIDAD Y PRIVACIDAD**

Los resultados de las mediciones se manejarán con la más estricta garantía de confidencialidad, y se dedicarán exclusivamente al estudio de los parámetros establecidos. La información, los datos y resultados obtenidos del estudio, así como también plasma o suero que se almacenen serán utilizados para la presente investigación y así mismo, si usted lo autoriza, para proyectos futuros de investigación en la población adolescente. En todo momento se protegerá la identidad de los participantes. Así mismo a estos datos tendrán acceso exclusivo los investigadores del estudio.

He leído y comprendido este documento y no tengo ninguna duda con respecto a su contenido, puesto que he tenido la oportunidad de preguntar y ser debidamente informado. Y consiento voluntariamente autorizar la investigación.

Yo \_\_\_\_\_ (nombre del padre/madre o representante legal) acepto participación de mi hijo/a \_\_\_\_\_ (nombre del niño/a o adolescente participante) en la investigación aquí mencionada y de acuerdo a las condiciones expuestas anteriormente.  
Firma: \_\_\_\_\_ Correo Electrónico: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

### **Testigo**

Nombre: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_

### **Investigador**

Nombre: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_

## **ASENTIMIENTO INFORMADO**

Formulario de asentimiento del participante: \_\_\_\_\_

Nombre del acudiente o adulto responsable: \_\_\_\_\_

Relación o Parentesco: \_\_\_\_\_

Si quieres y decides participar en este estudio, te pedimos el favor de contestar una serie de preguntas que te formularemos los investigadores.

### **¿Estoy obligado(a) a participar en este estudio?**

No, es una decisión tuya. Si no quieres participar no habrá ningún problema con tu entrenador, profesor(a), ni con el colegio, ni con tus amigos, ni con tus padres. Acuérdate que tú eres el único que decide si quieres participar y nadie se enojará contigo si no quieres o más adelante cambias de opinión y no quieres seguir, esto me lo puedes decir y finalizará el cuestionario. En este momento puedes hacer cualquier pregunta que tengas acerca del estudio. Si se te olvida preguntar algo o te acuerdas de algo después, me puedes preguntar la siguiente vez que me veas o me puedes llamar al 3103373577 o al 3187950891. La firma de este formulario significa que estás de acuerdo con participar en el estudio. Tú y tus padres o responsables, recibirán una copia al correo de este formulario después de que lo hayas firmado. Recuerda que en cualquier momento puedes decidir no llenarla más.

**Tu nombre:** \_\_\_\_\_

**Tu Firma** \_\_\_\_\_ **Fecha de hoy:** \_\_\_\_\_

## Anexo B

### EXAMEN MÉDICO DE PRE – PARTICIPACIÓN - HISTORIAL MÉDICO

<b>DEMOGRÁFICO</b>			
<b>1. Información Personal</b>			
Nombres y Apellidos			
Dirección		Ciudad	
Departamento		País	
Fecha de nacimiento (A/M/D)		D.I.	
Teléfono Casa		Celular	
Contacto de Emergencia 1			
Relación		Teléfono	
Entidad Promotora de salud			
Nombre padre/madre o tutor			
		Teléfono	
		Dirección	
Nombre madre/Padre		Tel.	
Deporte/modalidad			
Nivel/marca			



Horas entrenamiento semana/			
Dominancia			
Edad deportiva		Nivel escolar	
Estrato de la residencia			
Tiempo residencia en altura			
EPS			
Entrenador			
Medico a cargo			
<b>2. ANTECEDENTES</b>			
<b>Las siguientes preguntas son para obtener información sobre sus antecedentes personales</b>			
¿Cuál es su deporte principal? (Deportes, eventos / posición): _____			
¿Ha participado en otros deportes en el pasado (incluyendo los deportes en donde haya competido)? Cual: _____			
¿Cuál es su Raza? : _____			
¿Tiene alguna convicción religiosa que podría afectar a su tratamiento médico?	No	Si	
Cuándo fue la última vez que tuvo un examen físico completo: _____			

¿Alguna vez se le ha dicho que no puede participar en algún deporte, o su médico le ha indicado no participar por alguna razón?	No	Si
En total, ¿cuántos días usted perdió de entrenamiento o competición en los últimos seis (6) meses debido a una lesión o enfermedad? _____		
<b>2.1 CORAZÓN</b>		
<b>¿Alguna vez ha tenido alguno de los siguientes problemas cardíacos o circulatorios?</b>	No	Si
¿Dolor, opresión y/o malestar en el pecho con el ejercicio?		
¿Desvanecimiento o desmayo inexplicable sin razón DURANTE o DESPUÉS de hacer ejercicio?		
¿Excesiva dificultad para respirar o falta inexplicable de aliento, mareo o fatiga con el ejercicio?		
¿Se cansa más rápido o se le dificulta respirar más que sus compañeros, durante el ejercicio?		
¿Su corazón se acelera o se salta latidos (latidos irregulares) durante el ejercicio?		
¿Alguna vez ha tenido una convulsión inexplicable?		
¿Ha presentado soplos cardíacos, presión arterial alta, colesterol alto, infección o inflamación del corazón, fiebre reumática, problemas en las válvulas cardíacas o cualquier otro problema relacionado con el corazón?		

¿Le han realizado alguna prueba para el corazón (por ejemplo, electrocardiograma o ecocardiograma)?		
<b>2.2 RESPIRACIÓN</b>		
<b>¿Alguna vez ha tenido alguno de los siguientes problemas respiratorios?:</b>	No	Si
Asma		
Otro síntoma de las vías respiratorias (pulmón) incluyendo, sibilancias, tos, goteo nasal, fiebre del heno, estados gripales a repetición?		
¿Tose, tiene sibilancias o dificultad para respirar más de lo que debería, durante o después del ejercicio?		
¿Alguna vez ha usado medicamentos para el asma (como un inhalador)?		
¿Alguna vez ha tenido bronquitis, neumonía, tuberculosis, fibrosis quística o algún otro problema respiratorio?		
<b>2.3 CALOR</b>		
<b>Las siguientes preguntas se refieren a la realización de ejercicio en el calor:</b>	No	Si
¿Alguna vez se ha enfermado durante la realización de ejercicio en el calor?		
¿Alguna vez le han diagnosticado, golpe de calor o hipertermia?		
¿Le dan calambres musculares frecuentes durante el ejercicio?		

<b>2.4 ANTECEDENTES MEDICOS</b>		
<b>Tiene o ha tenido alguna vez algún síntoma de problemas médicos tales como:</b>	No	Si
¿Mononucleosis infecciosa, síntomas de gripe o enfermedad viral durante el último mes?		
¿Enfermedades de los <b>oídos</b> (infecciones, pérdida de audición, dolor), <b>nariz</b> (estornudos, picazón en la nariz, sinusitis, congestión nasal) o la <b>garganta</b> (dolor de garganta, voz ronca, ganglios en el cuello)?		
¿ <b>Trastornos de la sangre</b> como anemia, bajas reservas de hierro, presencia de células falciformes o la enfermedad de células falciformes, sangrado anormal o trastorno de la coagulación, coágulos en la sangre (émbolos), u otro trastorno sanguíneo?		
¿ <b>Sistema inmunológico</b> incluyendo infecciones actuales, infecciones recurrentes, VIH / SIDA, leucemia, o está usando algún medicamento inmunosupresor?		
¿ <b>Problemas de la piel</b> tales como erupciones, infecciones (hongos, herpes) u otros problemas de la piel?		
¿ <b>Enfermedad renal o vesical</b> , sangre en la orina, dolor lumbar, cálculos en los riñones, micción frecuente o ardor al orinar?		
¿ <b>Enfermedades gastrointestinales</b> , como acides, náuseas, vómitos, dolor abdominal, pérdida de peso o ganancia (> 5kg), cambios en los hábitos intestinales, diarrea crónica, sangre en las		

heces o antecedentes de enfermedad del hígado, del páncreas o de la vesícula biliar?		
¿ <b>Sistema nervioso</b> , incluyendo antecedentes de ictus o accidente isquémico transitorio (AIT), dolores de cabeza frecuente o grave, mareos, desmayos, epilepsia, depresión, ataques de ansiedad, hormigueos, debilidad muscular, pérdida de la sensibilidad muscular, calambres o fatiga crónica?		
¿Enfermedades <b>metabólicas u hormonales</b> como diabetes mellitus, trastornos de la glándula tiroides, o hipoglucemia (azúcar bajo en la sangre)?		
¿ <b>Infecciones</b> como meningitis, hepatitis (ictericia), o varicela?		
¿ <b>Artritis</b> o dolor en las articulaciones, hinchazón y enrojecimiento no relacionados con lesiones?		
¿Nació sin riñones o le <b>falta</b> un riñón, un ojo o cualquier otro órgano?		
¿Lesión en los órganos internos, como el hígado, bazo, riñones o pulmón?		
¿Alguna vez le han realizado un procedimiento quirúrgico? (Explicar)		
¿Presenta mareos o náuseas ocasionados por el movimiento (carro, avión o barco)		
¿Tiene algún otro problema médico?		
<b>2.5 FAMILIA</b>		

<b>Alguno de los miembros de su familia tiene antecedentes de alguna de las siguientes condiciones (en familiares hombres &lt;55 años, mujeres &lt;65 años):</b>	No	Si
¿Muerte súbita sin razón aparente (incluyendo ahogamiento, accidente automovilístico sin explicación, o síndrome de muerte súbita del lactante)?		
¿Desmayo inexplicable o convulsiones?		
¿Murió antes de los 50 años debido a una enfermedad del corazón?		
¿Síntomas de enfermedad cardíaca antes de los 50 años?		
¿Otros problemas del corazón, incluyendo arritmias cardíacas, aumento del tamaño del corazón, cardiomiopatía, cirugía cardíaca, marcapasos o desfibrilador?		
¿Presión arterial alta o colesterol alto?		
¿Síndrome de Marfan?		
¿Alteraciones en la coagulación, rasgo de células falciformes o la enfermedad de células falciformes?		
¿Tuberculosis o hepatitis?		
¿Reacciones adversas a los anestésicos?		
¿Otra condición, como accidentes cerebrovasculares, diabetes, cáncer, artritis (describir)?		
¿Desconoce su historia familiar?		
<b>2.6 MEDICAMENTOS</b>		

<b>Las siguientes preguntas son acerca de los medicamentos y suplementos que usted está tomando, o ha tomado en el último mes:</b>	No	Si
¿ <b>Medicamentos</b> que hayan sido prescritos por un médico (incluyen insulina, pastillas o inyecciones para alergias, pastillas para dormir, anti-inflamatorios, etc.)?		
<b>Medicamentos sin prescripción médica</b> (como analgésicos, antiinflamatorios, etc.)		
¿Vitaminas o <b>suplementos</b> de minerales o medicinas herbales?		
¿ <b>Otras sustancias</b> para mejorar su rendimiento deportivo (incluye sustancias como la creatina, productos de aumento de peso, aminoácidos, etc.)?		
¿Alguna vez le han ofrecido o animado a usar <b>drogas prohibidas para mejorar el rendimiento</b> ?		
<b>2.7 ALERGIAS</b>		
<b>Tiene alguna alergia a:</b>	No	Si
¿Medicamentos?		
¿Cualquier otra cosa, como a los alimentos, polen, insectos, cualquier material de plantas o cualquier otro material animal?		
<b>3. INMUNIZACIÓN</b>		
<b>Indique cuales vacunas ha recibido:</b>	No	Si
¿Tétanos / Difteria? _____ ¿Última dosis? _____		

¿Sarampión / paperas / rubéola?_____		
¿Varicela?		
¿Meningitis?		
¿Hepatitis A (2 inyecciones)?		
¿Hepatitis B (3 inyecciones)?		
¿Malaria?		
¿Ha tenido una prueba de tuberculosis (PPD)?_____		
¿resultado?_____		
¿Ha tenido otras vacunas?_____		
explique:_____		
<b>4. FEMENINO</b>		
<b>Estas preguntas son sólo para mujeres:</b>	No	Si
A qué edad tuvo su primer período menstrual:_____		
¿Tiene ciclos menstruales regulares? _____		
¿Cada cuánto? _____		
¿Cuándo fue su período menstrual más reciente? _____		
¿Ha tenido una fractura por carga de entrenamiento en el pasado?		
Alguna vez le ha sido identificado un problema a nivel óseo, como densidad ósea baja (osteopenia u osteoporosis)?		



¿Está usted tomando hormonas femeninas (estrógenos, progesterona, píldoras anticonceptivas)? Cuál:		
¿Alguna vez ha tenido una enfermedad de transmisión sexual como gonorrea, sífilis, verrugas venéreas, clamidia u otra infección?		
<b>5. MASCULINO</b>		
<b>Estas preguntas son sólo para hombres:</b>	No	Si
¿Tiene dos testículos normales?		
¿Alguna vez ha tenido una hernia o hinchazón alrededor de los testículos (varicocele, hidrocele)?		
¿Alguna vez ha tenido una lesión en un testículo?		
¿Alguna vez ha sido operado de un testículo no descendido, lesión u otro problema testicular?		
¿Alguna vez ha tenido una enfermedad de transmisión sexual como gonorrea, sífilis, verrugas venéreas, clamidia u otra infección?		
<b>6. CABEZA Y CUELLO</b>		
<b>¿Alguna vez ha tenido alguno de los siguientes problemas relacionados con su cabeza o cuello?</b>	No	Si
¿Lesión en los ojos u otros problemas con su visión?		
¿Dolores de cabeza con el ejercicio?		
¿Alguna vez ha tenido entumecimiento, hormigueo o debilidad en los brazos y las piernas o ha sido incapaz de mover los brazos o las piernas después de golpearse o caerse?		

¿Tiene, o le han realizado una radiografía por inestabilidad del cuello? (atlantoaxial)		
¿Ha tenido una lesión en los dientes?		
¿Tiene algún diente cariado, perdido o suelto?		
¿Tiene una prótesis dental o aparato?		
¿Le han retirado sus cordales?		
<b>7. LESIONES</b>		
¿Alguna vez ha tenido una lesión en cara, cabeza, cráneo o cerebro (incluyendo una conmoción cerebral, confusión, pérdida de memoria o dolor de cabeza debido a un golpe en la cabeza?)	No	Si
Ha tenido un problema o una lesión como un esguince, desgarro muscular o ligamentario, tendinitis, hueso fracturado, fractura por estrés o lesión de las articulaciones (que le hizo perder una práctica o competencia) en cualquiera de las siguientes áreas de su cuerpo?		
Cuello o columna vertebral (incluyendo "latigazo cervical")		
Espalda superior (columna torácica)		
Espalda baja (columna lumbar)		
Tórax y/o costillas		
Área del hombro		
Brazo		
Codo		

Antebrazo		
Muñeca		
Mano o los dedos		
Pelvis, cadera o ingle (incluyendo hernia deportiva)		
Muslo (incluyendo isquiotibiales y cuádriceps)		
Rodilla		
Pierna (pantorrilla o espinilla)		
Tobillo		
Pie, talón o dedos del pie		
<b>8. OTROS</b>		
Pruebas - Si no se ha mencionado anteriormente, ¿ha tenido alguna otra prueba o examen por cualquier lesión o enfermedad, que incluyan análisis de sangre, rayos X, resonancia magnética, tomografía computarizada, gammagrafía ósea, ultrasonido, electroencefalograma (EEG), electromiografía (EMG), estudios de conducción nerviosa (NCS), electrocardiograma (ECG / EKG), ecocardiograma (eco), prueba de esfuerzo u otras pruebas?	No	Si
<b>Tratamiento</b> - Si no se ha mencionado anteriormente, ¿alguna vez ha recibido alguno de los siguientes tratamientos para cualquier enfermedad? :		
¿Cirugía?		

¿Le han prescrito un corsé, yeso, bota para caminar, órtesis, muletas u otro aparato?		
Inyección de cortisona?		
¿Le han prescrito otro tipo de rehabilitación o terapia?		
¿Alguna vez ha pasado la noche en un hospital o ha sido internado en un hospital como paciente?		
¿Ha sido remitido a un médico especialista (cardiólogo, neurólogo u otro médico) para cualquier condición mencionada antes?		
<b>9. EQUIPO</b>		
¿Usa anteojos o lentes de contacto?	No	Si
¿Utiliza <b>actualmente</b> alguno de los siguientes equipos de protección?:		
¿Gafas de protección?		
¿ <b>Equipo especial</b> (almohadillas, abrazaderas, etc.)?		
¿ <b>Protector bucal</b> para deportes?		
<b>10. NUTRICIÓN</b>		
<b>Las siguientes preguntas son acerca de la nutrición:</b>	No	Si
¿Le preocupa su peso o composición corporal?		
¿Está satisfecho con su patrón de alimentación?		
¿Es usted vegetariano?		

¿Pierde peso para cumplir con los requisitos de peso para su deporte?		
¿Su peso afecta la forma en que se siente sobre Ud. mismo?		
¿Le preocupa que haya perdido el control sobre la cantidad que come?		
¿Se produce vomito cuando está incómodamente lleno?		
¿Ha comido alguna vez a escondidas?		
¿Actualmente sufre o ha sufrido en el pasado de trastornos en la alimentación?		
<b>11. DISCUSIÓN</b>		
¿Tiene alguna otra preocupación que le gustaría discutir con un médico?	No	Si
<b>Explique su respuestas "Sí" aquí:</b>		

**Por la presente declaro que las respuestas a las preguntas anteriores son completas y correctas.**

Nombre y Firma del participante: \_\_\_\_\_

Firma de los padres o del representante legal (si es necesario):

\_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

## EXAMEN FÍSICO

Fecha del examen: \_\_\_\_\_

<b>Examen médico general</b>	<i><b>NORMAL</b></i>	<i><b>ANORMAL</b></i> <i>(especificar)</i>
Apariencia		
Ojos / oídos / nariz / garganta		
Audición		
Nódulos linfáticos		
Corazón		
Ritmo		
Sonidos del corazón supino/de pie		
Edema periférico		
Estigmas físicos de Sind Marfan		
Vasos sanguíneos		
Pulsos periféricos		
Retardo en pulsos femorales		
Soplos vasculares (femoral)		
Varices		

Presión arterial en posición sentada (después de 5 minutos de descanso)		
Brazo derecho		
Brazo izquierdo		
Frecuencia cardiaca		
Pulmones		
Abdomen		
Genitourinario		
Piel		
Ojos		
Agudeza visual (corregida o no)		
Pupilas isométricas		
Dental		

Índice de DMF = Número de dientes cariados, perdidos u obturados: \_\_\_\_\_

Evaluación higiene oral: Buena  Regular  Mala

Infección oral Visible: No  Sí

Presencia de dientes desgastados, rotos o flojos / móvil: No

Si

Aparatos dentales (puentes, aparatos ortopédicos o de ortodoncia): No

Si

<b>Trastornos musculo esqueléticos</b>	<b><i>NORMAL</i></b>	<b><i>ANORMAL (especificar)</i></b>
Cuello		
Espalda		
Hombro / brazo		
Codo / antebrazo		
Muñeca / mano / dedos		
Cadera / muslo		
Rodilla		
Pierna / tobillo		
Pie / dedos de los pies		



**Tamizajes** Detalles

*EKG de 12 derivaciones*

- Normal sin
  - Cambios con relación al
  - Cambios sin relación al
- 

**EXÁMENES DE SANGRE**

Hemoglobina	
Hematocrito	
Eritrocitos	
Plaquetas	
Leucocitos	
Ferritina	
Sodio	
Potasio	

Creatinina	
Colesterol (total)	
Colesterol LDL	
Colesterol HDL	
Triglicéridos	
Glucosa	
Proteína C-reactiva	

<b>MADURACIÓN BIOLOGICA</b>	
<b>TANNER</b> (Estadío)	

Antropométrica	
----------------	--

### Resultado Evaluación Clínica

1. El participante **ES APTO** para participar en el estudio (No presenta contraindicaciones absolutas o relativas para la realización de pruebas maximales de consumo máximo de oxígeno o las otras pruebas contempladas en el estudio):

- SI es apto**
- SI pero con recomendaciones**
  
- NO es Apto para participar en el estudio**

2. Si marcó SI pero con recomendaciones. Por favor Especifique los motivos y las recomendaciones:

---

---

---

---

---

3. Si en la pregunta marcó NO ES APTO Por favor especifique los motivos:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

|

**Medico examinador**

Nombre: \_\_\_\_\_ Registro medico No:

\_\_\_\_\_


Teléfono: \_\_\_\_\_ Dirección:

\_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

## Anexo C. Formatos de valoración nutricional

### B.1 Formato de registro de cineantropometria

INFORME DE EVALUACION ANTROPOMETRICA Y NUTRICIONAL				
N.D. A.QUINCHIA. ISAK II				
	<b>NOMBRE:</b>			
	<b>DEPORTE:</b>			
	<b>CATEGORIA</b>			
	<b>CORREO ELECTRONIC</b>			
<b>FECHA DE NACIMIENTO (D/M/A)</b>		13/02/2002		
<b>EVALUACIÓN No.</b>		1		
<b>FECHA DE EVALUACIÓN (D/M/A)</b>		26/11/2018		
<b>EDAD DECIMAL</b>		16,8		
<b>GENERO (Marciano-M / Femenino-F)</b>		M		
VALORACION ANTROPOMETRICA				
<b>MEDIDAS BÁSICAS</b>	<b>TALLA (cm)</b>	168,7	<b>TALLA SENTADO (cm)</b>	85,1
	<b>PESO (Kg)</b>	55,6	<b>ENVERGADURA (cm)</b>	
<b>PLIEGUES CUTANEOS (mm)</b>	<b>TRICEPS (mm)</b>	9	<b>BICEPS (mm)</b>	3,0
	<b>SUBESCAPULAR (mm)</b>	8,3	<b>SUPRAILIACO(mm)</b>	9,5
	<b>SUPRAESPINAL(mm)</b>	7,6	<b>ABDOMINAL (mm)</b>	10,9
	<b>MUSLO (mm)</b>	7,4	<b>PIERNA(mm)</b>	5,8
<b>PERIMETROS (cm)</b>	<b>CABEZA (cm)</b>	53,7		
	<b>TORAZ (cm)</b>	84,8	<b>CINTURA (cm)</b>	67,0
	<b>CADERA (cm)</b>	84,5	<b>BRAZO RELAJADO (C)</b>	24,7
	<b>BRAZO CONTRAIDO (C)</b>	26,1	<b>ANTEBRAZO (cm)</b>	24,0
	<b>MUÑECA (cm)</b>	15,1	<b>MUSLO SUPERIOR (cm)</b>	50,2
	<b>MUSLO MEDIO (cm)</b>	48,7	<b>PIERNA (cm)</b>	32,8
<b>DIAMETROS (cm)</b>	<b>DIAMETRO HÓMERO (C)</b>	6,4	<b>DIAMETRO MUÑECA(cm)</b>	
	<b>DIAMETRO FEMUR (cm)</b>	9	<b>DIAMETRO BIACROMI</b>	38,7
	<b>DIAMETRO BICRESTA</b>	26,1	<b>DIAMETRO TORAZ TR</b>	26,9
	<b>DIAMETRO A-P TORAZ</b>	18,8		

Formato elaborado por Quinchia Astrid , 2012.

## C.2 Anexo de Frecuencia de consumo

TIPO DE COMIDA, PREPARACIÓN E INGREDIENTES <i>PORCIONES EN COCINA</i>	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Ocasión al Modificado	Nunca	Total	CALORIAS (cal)	PROTEÍNAS (g)	GRASAS (g)	CARBOHIDRATOS (g)	CALCIO (mg)	FOSFORO (mg)	HIERRO (mg)	VITAMINA A (ER)	TIAMINA (mg)	RIBOFLAVINA (mg)	NIACINA (mg)	SODIO (mg)	POTASIO (mg)	ACIDO ASCORBICO (mg)	
Leche con adición 209g		4					0,6	79	4,0	4,0	6,7	143	118	0,5	112,0	0,1	0,2	0,2	59,5	6,0	1	
Yogurt - kumis 200g			2				0,1	11	0,4	0,4	1,7	13	10	0,0	7,9	0,0	0,0	0,1	5,9	15,5	0	
Queso 30g		4					0,6	48	3,5	3,6	0,4	81	44	0,1	29,0	0,0	0,0	0,0	92,9	15,3	0	
Huevo de gallina 50g	3						3,0	225	18,9	16,2	1,1	80	248	2,6	265,5	0,3	0,2	6,0	180,0	159,0	0	
Pescado 100 g			1				0,0	7	1,2	0,2	0,0	1	13	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0	
Carne de pollo 100 g	1						1,0	204	21,0	13,1	0,7	56	157	1,0	16,3	0,0	0,0	2,2	51,6	119,3	0	
Carne roja 100g	1						1,0	240	22,2	16,0	1,9	10	245	2,4	0,8	0,3	0,2	3,2	26,0	180,0	0	
Jugo de fruta (60g)	3						3,0	91	1,2	0,4	20,6	31	38	1,1	80,7	0,1	0,1	0,8	5,7	464,4	58	
Energetico 30g		1					0,1	12	0,3	0,1	2,3	2	4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	9,4	3,3	0	
Adición dulce (5g de CHO)	1						1,0	18	0,0	0,0	4,5	3	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	26,4	0	
Fruta porción 100g	1						1,0	53	0,8	0,2	12,1	13	17	0,5	46,2	0,1	0,0	0,4	2,0	118,7	20	
Cereal 90g	3						3,0	475	12,4	0,5	105,1	23	130	1,2	0,0	0,2	0,0	1,4	11,7	35,4	0	
Farinaceo 80g	2						2,0	194	2,1	0,2	45,8	29	51	0,8	49,1	0,1	0,1	1,5	20,8	591,7	20	
Verdura - Ensalada 70g	1						1,0	18	1,2	0,1	3,0	58	36	0,7	63,8	0,0	0,1	0,4	7,5	53,6	14	
Visceras 100g		1					0,1	21	3,2	0,8	0,2	2	46	3,3	444,5	0,0	0,3	1,0	0,0	10,1	2	
Leguminosas 70g		2					0,3	33	2,2	0,2	5,6	10	34	0,7	0,6	0,1	0,0	0,2	2,4	0,0	0	
Fritura 7g		4					0,6	29	0,0	3,2	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
Salsas 10g						1	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
Dulces - Chocolates 15g		4					0,6	35	0,3	0,9	6,4	3	8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	1,1	4,3	0	
Comida rápida			2				0,1	28	0,9	1,3	3,0	6	11	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	55,8	9,8	0	
Cerveza, 4% de alcohol 240 mL 1 vaso						1	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
Gaseosa 240 ml vaso		8					1,1	121	0,0	0,0	29,9	0	0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	
<b>Aporte total de nutrientes</b>								1941	95,8	61,6	251,0	566	1212	16,0	1116,6	1,3	1,3	17,6	532,8	1813,1	115	
<b>Requerimientos nutricionales</b>								2000				1200		12								

Elaborado por Daniel Villarreal a partir de la Tabla de composición de alimentos ICBF 2015

## **Anexo D. Encuesta sobre historia deportiva**

**Encuesta de Historia Deportiva**

**Nombre Participante:**

Deporte Actual	Días/semana		Horas/día	Intensidad	Cuanto lleva practicándolo	Pruebas en las que compite	Marca
	Cuántos	Cuáles					
Logros Deportivos							
Próxima Competencia				Última Competencia			
Metas deportivas							
Describe una sesión de entrenamiento							
Otros deportes competitivos en el pasado	¿Cuál?	Horas/día	Días/semana	Intensidad	Cuánto tiempo lo practicó	Cuándo dejó de practicarlo	Razón

Otras actividades físicas practicadas (Ej. Gimnasio, Caminar, Ciclovía, etc.)	Cuál		Horas/día	Días/semana	Intensidad	Hace cuanto l a práctica
Educación Física	Horas/día	Días/semana	Intensidad	Qué actividades realiza en la clase		
		Si/No	Cuál?	Cuánto tiempo lo practicó		Nombre
Su padre realiza o realizó algún deporte						
Su Madre realiza o realizó algún deporte						
<b>Historia de residencia en altura</b>						
	Participante	Padre	Madre	Abuelos Paternos	Abu Materno	
Lugar de Nacimiento de...						



¿Ha residido en algún lugar diferente al de nacimiento por más de 6 meses? ¿Cuál?

--	--	--	--	--

## ANEXO E

### VARIABLES DE MEDICIÓN

<i>Tipo de variable</i>	<i>Variable a estudiar.</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Clase de variable.</i>	<i>Indicador</i>	<i>Unidades de medición.</i>	<i>Patrones de referencia.</i>
Independiente	mmol de nitrato	Dependiendo del aporte de nitrato a partir del zumo de remolacha se espera aumentar la biodisponibilidad de óxido nítrico en sangre lo que conlleva a una disminución en el consumo de oxígeno.	El contenido de Beer de 240 mL con contenido de 3000 mg de nitratos se obtiene las 5,5 mmol de nitrato y las 11 mmol de nitrato, posterior se diluye en el volumen necesario.	Cuantitativa Discreta	Dosis suministrada de nitrato a partir del contenido del zumo.  5,5 mmol,  11 mmol	mmol/L	El contenido se determina mediante la cromatografía de la remolacha ó se emplean zumos comerciales como Beer <sup>r</sup> de 70 mL que contiene 6 mmol.
Dependiente	Consumo de oxígeno submáximo.	Cantidad de oxígeno que es capaz el organismo de absorber, transportar y consumir por una	Valoración del VO <sub>2</sub> máximo por cinta ergométrica mediante la prueba yo –yo.	Cuantitativa Continua	Consumo de oxígeno inicial al 80% de la intensidad, después de la suplementación se espera	ml.kg <sup>1</sup> .mi <sup>-1</sup>	Depende del consumo máximo de cada deportista. ciclistas está dentro de 50 ml.kg <sup>1</sup> .mi <sup>-1</sup> a 75 ml.kg <sup>1</sup> .mi <sup>-1</sup>

		unidad de tiempo a una potencia del 85% del OBLA			que este se reduzca.		Por cicloergómetro
Intermedia	Concentración de Lactato	Medida indirecta que mide la obtención de energía por vía anaeróbica o aeróbica.	Medición mediante al curva de disociación mediante espirometría	Cuantitativa Continua	<i>Umbral aeróbico 2 mmol/L y umbral anaeróbico 4 mmol/L</i>	mmol/L	<i>Anaerobico: 4 mmol/l Aerobico 2 mmol/L</i>
Intermedia	Frecuencia cardiaca (FC)	La frecuencia cardiaca tiene una relación directa con el consumo de oxígeno. Se espera observar que cambios ocurren con la suplementación y FC	Se realiza la medición mediante el polar T31  Cardiofrecuencio metro.	Cuantitativa Continua	<i>Relación directa entre la FC y en VO2. Por eso se espera observar una disminución en la FC a una intensidad del 80%</i>	latidos por minuto (lpm)	Mide los latidos por minuto durante el transcurso de la prueba.
Intermedia	Volumen Minuto (VE)	Útil para determinar la ventilación alveolar a partir de la Rf o/y VT cada minuto	Se realizara durante la prueba mediante un espirómetro	Cuantitativa Continua	<i>Determinar posibles cambios en la ventilación alveolar previo y después de la suplementación</i>	Mililitro / minuto	No hay un patrón de referencia

Intermedia	Frecuencia Respiratoria (Rf)	Es el número de respiraciones que efectúa un ser vivo en un lapso específico de tiempo (Minuto)	Se realizara durante la prueba mediante un espirómetro	Cuantitativa Continua	<i>Determinar posibles cambios en la ventilación alveolar previo y después de la suplementación</i>	Respiros/ minuto	12 respiraciones /minuto
Intermedia	Volumen Tidal (VT)	Determina volumen de aire que circula durante la inspiración y expiración normal sin realizar esfuerzo adicional.	Se realizara previo a la prueba mediante un espirómetro	Cuantitativa Continua	<i>Determinar posibles cambios durante el ciclo de inspiración y expiración previo y después de la suplementación</i>	Mililitro / kilogramo ó volumen total	7 ml/Kg o 500 mL en personas activas.
Dependiente	Eficiencia mecánica ml de oxígeno para mover 1 vatio	Este indicador mide los mililitros de oxígeno necesarios para desplazar 1 vatio por minuto.	A partir del costo de oxígeno reportado por el analizador de gases y la potencia por el cicloergometro durante la prueba de 6 minutos se	Cuantitativa Continua	<i>Parámetro pre suplementación y post suplementación</i>	mLO <sub>2</sub> /min/W	NA

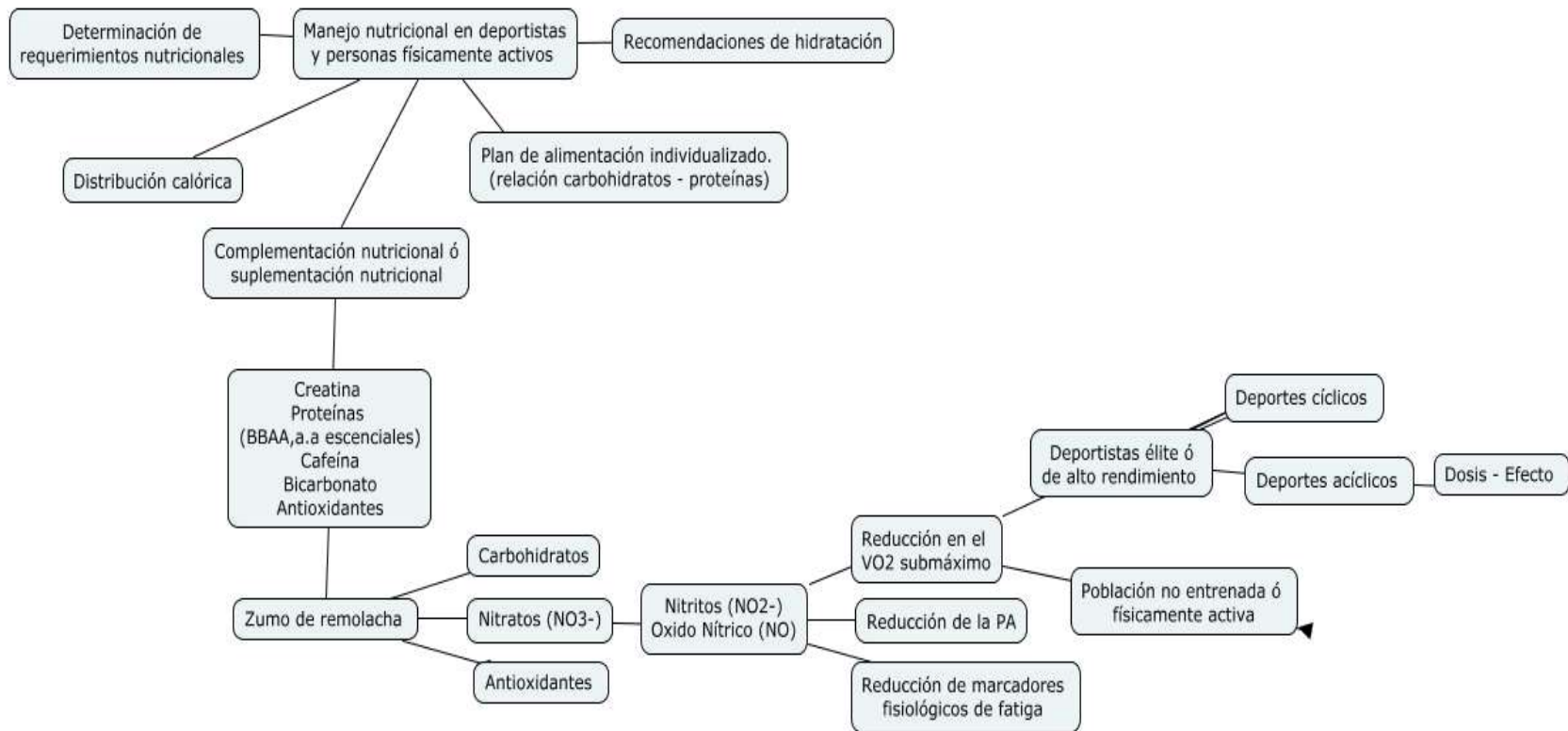
			puede obtener este indicador				
Dependiente	Eficiencia mecánica Potencia	Indicador que mide la cantidad de vatios que puede desplazar por 1 litro de oxígeno.	A partir del costo de oxígeno reportado por el analizador de gases y la potencia por el cicloergómetro durante la prueba de 6 minutos se puede obtener este indicador	Cuantitativa Continua	<i>Parámetro pre suplementación y post suplementación</i>	Potencia W / L VO2	NA
Interviniente	Peso corporal	El cual mide la totalidad de los componentes del cuerpo corporal	El sujeto se pesa con la menor cantidad de ropa posible (balanzita)	Cuantitativa Continua	Peso corporal total.	kilogramos	NA
Interviniente	Sumatoria de pliegues  % Grasa Yuhasz	El cual mide a partir de la sumatoria de 6 pliegues el componente corporal de grasa	Con el adipómetro se toma los 6 pliegues cutáneos según protocolo ISAK (Tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pierna).	Cuantitativa Continua	Valor absoluto en sumatoria de pliegues y porcentaje de grasa para deportistas según Yuhasz	Milímetros y porcentaje	En ciclistas entrenados sumatorias por debajo de 50 mm y porcentaje de grasa de 8,5%
Interviniente	Índice Musculo Óseo <b>IMO</b>	Mide el desarrollo muscular como la relación entre masa muscular y	Se tienen que realizar las 43 medidas según protocolo ISAK	Cuantitativa Continua	Estudios han reportado mejor desarrollo	Kg M muscular / Kg M ósea	No reportado

		masa ósea. Como indicador de cuanta masa muscular logra tolerar la estructura ósea.	nivel 2, a partir de esta y según el modelo de Ross y Ker se obtiene el fraccionamiento de masa por 5 componentes (M. adiposa, M de piel, M residual, M muscular y M ósea).		muscular en deportistas mejor entrenados.		
--	--	---	---	--	---	--	--

Tabla IV: Descripción de variables, definición conceptual de variables, definición operativa de variables.

## ANEXO F

### Mapa conceptual



## ANEXO G

### PRESUPUESTO

<i>Rubro</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>Asumido por:</i>		<i>Valor total</i>
			<i>Investigador</i>	<i>Universidad Nacional</i>	
<b>Personal</b>					
Investigador principal	5.000.000	11.000.000	16.000.000		16.000.000
Director de tesis	4.500.000	7.200.000		11.700.000	11.700.000
Estadístico		1.000.000	1.000.000		1.000.000
<b>Equipos</b>					
Cicloergómetro		600.000		600.000	600.000
Lactate scout		100.000		180.000	180.000
Balanza		260.000	260.000		260.000
Kit Adipométrico		1.200.000	1.200.000		1.200.000
<b>Materiales</b>					
Zumos de remolacha		1.430.000	1.430.000		1.430.000
Botellas		150.000	150.000		150.000
Implementos de laboratorio		250.000		250.000	250.000
Tirillas de lactato		1.110.000	550.000	550.000	1.110.000
Papelería	20.000	60.000	80.000		80.000
Subtotal	9.520.000	24.076.000	20.670.000	13.280.000	33.950.000
<u>Imprevistos</u>	950.200	2.407.600	2.067.000	1.328.000	3.395.000
<b>TOTAL</b>					<b>37.345.000</b>